

MORTERO DE YESO REFORZADO CON FIBRA RECICLADA
DE BOTTAS PET PARA SU APLICACIÓN COMO JUNTA
EN MAMPOSTERÍA DE LADRILLO

Sofía Alcón Calla
Franlit Salcedo Quispe
Verónica Gallardo Tapia
Jorge Echazú Cortez

RESUMEN.-

En el presente estudio, se optimizaron mezclas de morteros de yeso, arena y fibra reciclada de botellas PET para junta de mampostería de ladrillo, desde el punto de vista de la resistencia a compresión, manteniendo una trabajabilidad constante. Se ensayaron dos tipos de yesos: COBOCE y HUANCAPAMPA. Además de la optimización indicada, se determinó también la resistencia a compresión en prismas de ladrillo y mortero optimizado, se evaluó la adherencia del mortero optimizado a ladrillos de 6 huecos, la variación del tiempo de trabajabilidad adicionando bórax y se realizó una comparación de costos entre el mortero optimizado y un mortero tradicional de cemento.

1. INTRODUCCIÓN

Entre las líneas de investigación desarrolladas en el Instituto de Ensayo de Materiales, se encuentra una dedicada a morteros de manera general. Se han realizado ya varias investigaciones en morteros de junta y en morteros de revestimiento.

El presente estudio pretende continuar esta línea de investigación, utilizando yeso como material alternativo al cemento en la elaboración de morteros de junta para tabiquería interior. Investigaciones previas realizadas en el I.E.M. han mostrado la conveniencia de utilizar fibras recicladas de botellas PET como refuerzo en pastas de yeso. Otras justificaciones para la presente investigación son las siguientes:

Bajo valor comercial del yeso con relación al cemento.

Gran difusión del uso del yeso en la construcción.

Necesidad de aprovechamiento del desecho (fibras) del reciclaje industrial de botellas PET.

De manera general, los morteros tradicionales de cemento tienen resistencias mayores a las requeridas

para tabiquería, lo que justifica la búsqueda de alternativas más económicas.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Optimizar morteros de yeso reforzados con fibra reciclada de botellas PET para su aplicación en juntas de tabiquería.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar las proporciones óptimas de arena y fibra reciclada de botellas PET en morteros de yeso, con relación a la resistencia a compresión.

Determinar la resistencia a compresión en 3 prismas de ladrillo y mortero optimizado.

Evaluar la adherencia del mortero optimizado a ladrillos cerámicos de 6 huecos.

Evaluar la variación del tiempo de trabajabilidad utilizando adición de bórax en el mortero optimizado.

Realizar un análisis de costos para el mortero de yeso optimizado y comparar con un mortero tradicional de cemento.

3. ALCANCE Y LIMITACIONES

Se trabajará con 2 tipos yesos: HUANCAPAMPA y COBOCE.

La arena será procedente de Mallasilla.

La fibra reciclada será otorgada por industrias Lara Bisch.

La optimización se efectuará para aplicación en morteros de junta para tabiques divisorios no portantes con resistencia de referencia de 5 MPa.

Los ensayos de resistencia a compresión axial para la optimización se realizarán en probetas cúbicas de 2" de lado de acuerdo a la Norma NB – 122008 (Yesos y Escayolas – Ensayos Físico Mecánicos), con modificaciones en el proceso de secado.

Con las dosificaciones óptimas se elaborarán prismas de ladrillo de 6 huecos y mortero optimizado en los cuales se realizarán ensayos a compresión.

Las proporciones arena - yeso a estudiar se establecieron en base a un estudio anterior realizado por el Ing. Hugo Pabón⁽¹⁾ en su tesis de pregrado y en base a pruebas realizadas en los laboratorios del Instituto.

Las proporciones fibra - yeso a estudiar se establecieron en base a un estudio anterior realizado por los Ingenieros Alejandro Duran y Corina Condori⁽²⁾ como tesis de pregrado y en base a pruebas realizadas en los laboratorios del Instituto.

Los ladrillos para la elaboración de prismas y para los ensayos de adherencia fueron procedentes de la fábrica EL DORADO.

Todos los ensayos se realizarán en laboratorios del I.E.M. con equipos disponibles en el mismo.

Para la retardación de fraguado se utilizará **bórax procedente del laboratorio GEMICAL**, en proporciones establecidas en base a un estudio anterior realizado por la Ing. Andrea López⁽³⁾ como tesis de pregrado.

Para la comparación de costos se utilizó como referencia un mortero convencional de cemento estudiado en una investigación anterior realizada por el Ing. Peter Zambrana⁽⁴⁾ como tesis de pregrado.

4. MARCO TEÓRICO

Unidades de albañilería.-

Las unidades de albañilería son elementos prismáticos de pesos que permiten ser manejados por los trabajadores, generalmente se trata de unidades de cerámica (ladrillos), bloques de concreto, adobes, etc. Unidas con algún tipo de aglomerante conforman muros y paredes.

Tabiquería.-

Se denomina tabique al conjunto, sin función **estructural**, empleado prioritariamente para separaciones fijas de interiores en las edificaciones, y su construcción se puede llevar a cabo con distintos materiales: ladrillos, placas de yeso, placas de hormigón, paneles prefabricados de catón-yeso, etc. El tabique debe quedar arriostrado, es decir, fijado al menos por dos de sus lados opuestos verticales (en pilares, muros u otros tabiques) y horizontales (en forjados o vigas).

Mortero de junta.-

Se denomina mortero de junta a la mezcla compuesta de aglomerantes, áridos, agua y eventualmente aditivos, que se utiliza para adherir unidades de

albañilería para la conformación de muros y paredes.

PET.-

El PET (Tereftalato de Polietileno) es un poliéster termoplástico lineal con una estructura molecular que le permite cristalizar, lo que regula sus propiedades y aplicaciones. El PET posee una resistencia química y propiedades de barrera excelentes, siendo ampliamente utilizado para la fabricación de botellas o garrafas para agua, jugos, refrescos, aceites, etc.

Fibra reciclada de botellas PET.-

Los envases de PET son 100% reciclables. Este reciclaje genera varios subproductos que sirven como materia prima para la fabricación de envases, alfombras, tejidos, etc. La fibra utilizada para el presente estudio, es el material de desecho de este reciclaje.

- o Pesos específicos y unitarios
- o Humedad, absorción, y contenido de vacíos
- o Contenido de material que pasa el tamiz N° 200
- o Granulometría

Fibras recicladas de botellas PET.-

- o Granulometría en base a la norma ASTM C 136
- o Densidad con ayuda de un picnómetro.

5. METODOLOGÍA

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES Y ENSAYOS PREVIOS

Yeso.- Se realizaron los siguientes ensayos de caracterización en los dos tipos de yesos utilizados:

- o Contenido de agua libre y agua combinada.
- o Índice de pureza
- o Contenidos de sulfato de calcio en todas sus formas
- o Peso específico
- o Finura de molido
- o Tiempo de fraguado

Los ensayos químicos se realizaron en base a las normas nacionales NB 122006 y 122007 y los ensayos físicos se efectuaron en base a la norma nacional NB 122008.

Arena Mallasilla.- Para la arena utilizada en el presente estudio se realizaron los siguientes ensayos de caracterización en base normas ASTM:

5.2 DISEÑO DEL EXPERIMENTO Y ENSAYOS PRINCIPALES.

El diseño metodológico de la presente investigación consistió en un Análisis de Varianza (ANOVA) de tipo factorial para analizar el efecto de diferentes proporciones de arena y diferentes porcentajes de fibra sobre la resistencia a compresión. Se efectuaron 3 repeticiones de cada combinación de proporciones. El siguiente cuadro muestra el diseño propuesto para cada uno de los yesos estudiados.

Tabla 1 Diseño del experimento

| partes de arena | % de Fibra | | | | | |
|-----------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| 3 | 3 rep. | 3 rep. | 3 rep. | 3 rep. | 3 rep. | 3 rep. |
| 4 | 3 rep. | 3 rep. | 3 rep. | 3 rep. | 3 rep. | 3 rep. |
| 5 | 3 rep. | 3 rep. | 3 rep. | 3 rep. | 3 rep. | 3 rep. |

Los ensayos de compresión se realizaron tomando como referencia la norma ASTM C 109, haciendo las modificaciones pertinentes como se describe a continuación:

El mortero fue mezclado con la amasadora de la norma ASTM C 305, la cantidad de agua fue la necesaria para obtener una fluidez de 100 ± 5 en la mesa de flujo. Una

vez preparado, fue colocado en los moldes cúbicos en dos capas, apisonando cada capa con ocho golpes uniformemente distribuidos. Los moldes permanecieron a temperatura ambiente durante 24 horas, luego de las cuales se procedió al desmoldado, dejando las probetas a temperatura ambiente durante 6 días. Pasado este tiempo, se colocaron las probetas en un horno de secado a una temperatura de 43 ± 2 °C (ver Foto 1). Las probetas permanecieron en el horno de secado hasta peso constante (alrededor de 7 días) y luego fueron ensayadas a compresión en la Versatester del Instituto de Ensayo de Materiales (Ver Foto 2).



Foto 1



Foto 2

5.3 ENSAYOS COMPLEMENTARIOS Y DE APLICACIÓN

Con las dosificaciones óptimas se realizaron los siguientes ensayos complementarios:

5.3.1 Resistencia a compresión en prismas de ladrillo

Para este ensayo se utilizó como referencia la norma ASTM E 447. Los prismas fueron preparados uniendo tres piezas enteras de ladrillo y luego refrentados con mortero de azufre y arena silíceo (Ver Foto 3). El espesor del mortero fue de aproximadamente 15 mm. Se ensayaron 3 prismas con la dosificación óptima. Las condiciones de secado al ambiente y al horno antes del ensayo, fueron las mismas que las indicadas para las probetas para compresión de morteros.



Foto 3

En la Foto 4 se muestra una probeta ensayada con las fisuras marcadas.



Foto 4



Foto 5

5.3.2 Adherencia por tracción a ladrillos de 6 huecos

El procedimiento para este ensayo es el indicado en la Norma Belga NBN 813-05. Se ensayó la dosificación óptima con una fluidez de 96.2 en la mesa de flujo. El espesor del mortero fue de 15 mm. Una vez colocada la mezcla sobre la cara más ancha del ladrillo, se procedió a perforarlo con un tubo de P.V.O de 2 pulgadas de diámetro para determinar la adherencia de las probetas así obtenidas. El curado se realizó de la misma manera que para los ensayos de resistencia a compresión en probetas cúbicas, es decir: se secaron al medio ambiente durante 6 días y luego al horno a 43 °C hasta peso constante. Una vez obtenido el peso constante, se procedió a pegar las pastillas metálicas del equipo de adherencia (Bond Tester) y luego se determinó la resistencia a la adherencia por tracción directa como se muestra en las Fotos 5 y 6. Se ensayaron 6 probetas: 2 en cada uno de tres ladrillos con absorción similar.

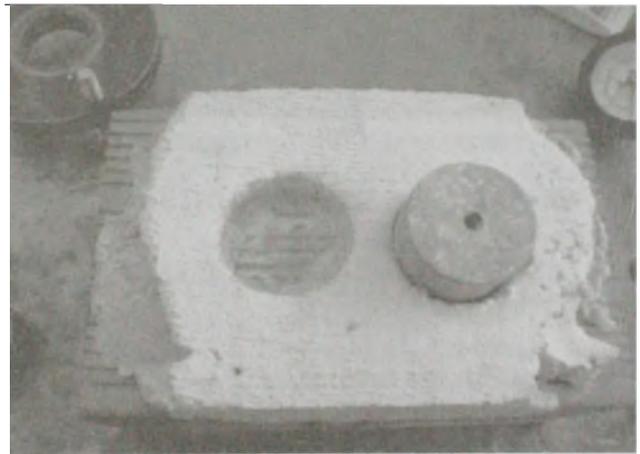


Foto 6

5.3.3 Tiempo de fraguado con y sin la adición de bórax

Con el objeto de estimar tiempos de manipulación reales en la construcción de muros de tabiquería interior, se determinó el tiempo de fraguado del mortero optimizado con y sin la adición de bórax como retardador. Se utilizó una proporción de bórax de 1.5% con relación al peso del yeso en base a la investigación mencionada en el alcance del presente estudio. Estos ensayos se realizaron en base a la norma española UNE 102-031-82 por su sencillez y facilidad de ejecución. Una vez preparado el mortero, se procedió a elaborar tres

pastillas con un espesor de aproximadamente 5 mm encima de tres placas de vidrio. Las pastillas así elaboradas fueron sometidas a cortes de cuchillo determinando el tiempo inicial de fraguado como el momento en que el mortero deja de unirse en la hendidura ocasionada por el cuchillo. El tiempo final se determinó como el momento en que una presión de 5 kg ejercida por un dedo no deja huella visible en la superficie de la pastilla. (Ver Foto 7).

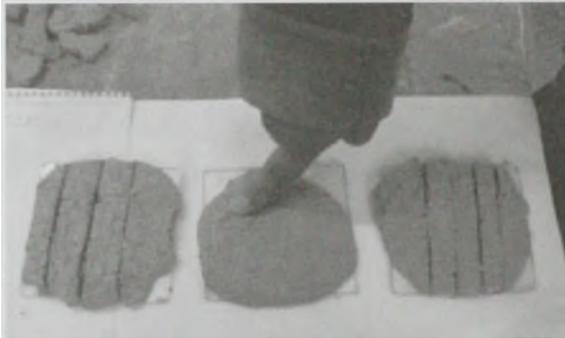


Foto 7

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

Yeso.- En las tablas 2 y 3, se muestran los resultados de los ensayos químicos y físicos de los yesos utilizados en la presente investigación:

Tabla 2 Ensayos químicos de los yesos en estudio

| Parámetro | Huancapampa | COBOCE | NB-1011 |
|---|-------------|--------|-----------------|
| Agua libre | 0,2% | 0,6% | |
| Agua Combinada | 2,7% | 5,7% | YF< 6 % |
| Índice pureza | 90,3% | 93,3% | YF> 80 % |
| Determinación del contenido de iones sulfato (SO ₄ ²⁻) | 61,9% | 61,9% | |
| Determinación del contenido en sulfato de calcio presente como anhidrita soluble (A II I) | 1,2% | 0,1/o | |
| Determinación del contenido en semihidrato (CaSO ₄ · 1/2 H ₂ O) | 53,7% | 87,5% | > 66 % YG>50 |

Tabla 3 Ensayos físicos de los yesos en estudio

| Parámetro | Huancapampa | COBOCE | Norma Boliviana YF |
|----------------------------|-------------|------------|--------------------|
| Peso específico | 2.444 | 2.300 | |
| Finura de molido | 1.33% | 4% | <15% |
| Consistencia normal | a/y = 0.57 | a/y = 0.53 | - |
| Tiempo inicial de fraguado | 9.46 | 5.63 | > 3 min |
| Tiempo final de fraguado | 11.64 | 9.54 | < 10 min |

Arena.- Los resultados de los ensayos de caracterización de la arena Mallasilla se muestran en las tablas 4 y 5 y en el gráfico 1:

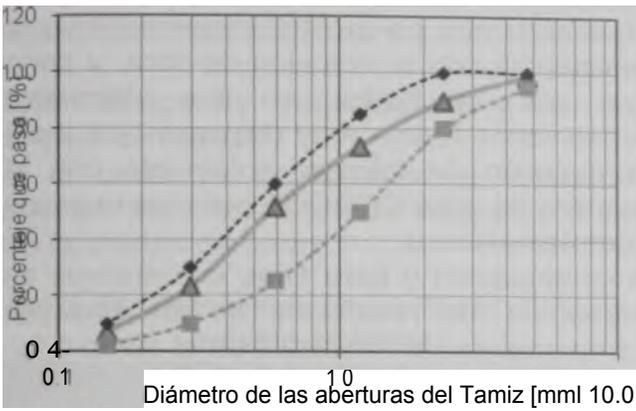
Tabla 4 Propiedades de la arena Mallasilla

| Propiedad | Valor |
|--|-----------|
| Absorción (%) | 4.98 |
| Humedad Natural (%) | 0.64 |
| Peso Especifico | 2.41 |
| Peso Unitario Suelto (gr/cm ³) | 1.46 |
| Huecos (%) | 42.81 |
| Peso Unitario Compacto (gr/cm ³) | 1.66 |
| Huecos (%) | 35.17 |
| % que Pasa el Tamiz N° 200 | 10.35 |
| Granulometría | Aceptable |
| Modulo de Finura | 3.56 |

Tabla 5 Granulometría de la arena Mallasilla

| Tamiz | Abertura [mm] | Peso retenido | % Que | Especificaciones --- | |
|---------|---------------|---------------|-------|----------------------|-----|
| | | | | MIN | MAX |
| N°4 | 4.750 | 9.4 | 98.8 | 95 | 100 |
| N°8 | 2.360 | 69.6 | 89.8 | 80 | 100 |
| N°16 | 1.190 | 125.9 | 73.4 | 50 | 85 |
| N°30 | 0.595 | 169.4 | 51.5 | 25 | 60 |
| N°60 | 0.297 | 218.8 | 23.1 | 10 | 30 |
| N°100 | 0.149 | 126.3 | 6.7 | 2 | 10 |
| Charola | | 50.2 | 0.2 | --- | |

Gráfico 1 Granulometría de la arena Mallasilla

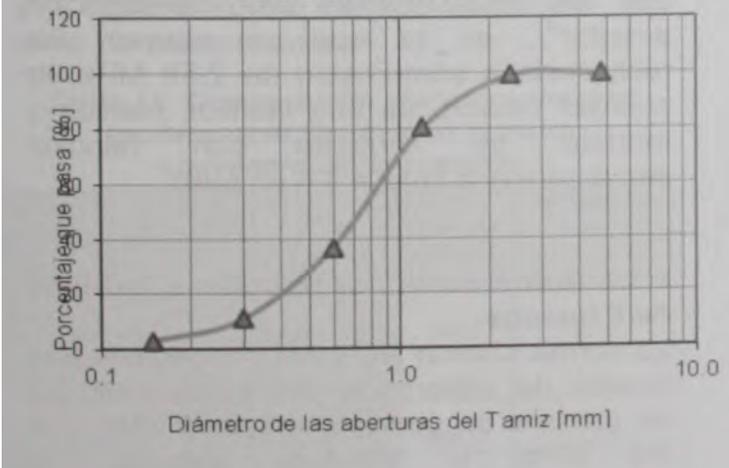


Fibras recicladas de botella PET.- El promedio de los resultados de los ensayos de granulometría para las fibras recicladas de botellas PET se muestra en la tabla 6 y el gráfico 2:

Tabla 6 Granulometría de la fibra reciclada de botella PET
Módulo de finura: 3.69

| ARENA | Resistencia a compresión de mortero de yeso Huancapampa reforzado con fibra reciclada de botellas PET [MPa] | | | | | | |
|-------|---|------|------|------|------|------|------|
| | FIBRA | | | | | | |
| | 0 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.25 | 0.3 | 0.35 |
| 3 | 9.47 | 7.71 | 7.05 | 6.98 | 6.81 | 7.33 | 6.33 |
| 4 | 6.33 | 5.83 | 4.66 | 5.17 | 5.01 | 4.79 | 4.90 |
| 5 | 4.84 | 3.77 | 3.54 | 4.15 | 3.81 | 3.26 | 3.23 |

Gráfico 2 Granulometría de la fibra reciclada de botellas PET



La densidad promedio de las fibras recicladas de botellas PET es de 1.29 gr/cm³

6.2 ENSAYOS PRINCIPALES

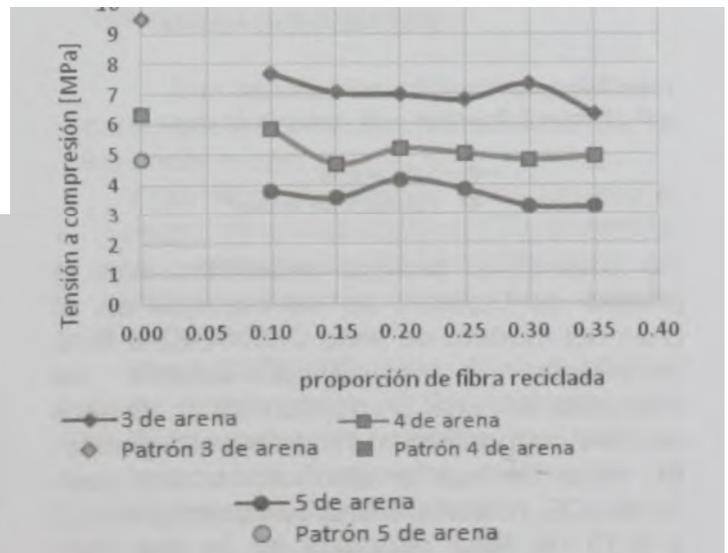
A continuación se muestran los resultados de las resistencias obtenidas para las diferentes dosificaciones con cada uno de los yesos estudiados:

Tabla 7: Resistencia a compresión Mortero con yeso HUANCAPAMPA

| Tamiz | Abertura [mm] | Peso retenido [g] | % Que pasa |
|---------|---------------|-------------------|------------|
| Nº4 | 4.750 | 0.9 | 99.7 |
| Nº8 | 2.360 | 1.4 | 99.2 |
| Nº16 | 1.190 | 53.3 | 80.3 |
| Nº30 | 0.595 | 122.1 | 37.2 |
| Nº50 | 0.297 | 73.9 | 11.0 |
| Nº100 | 0.149 | 22.4 | 3.1 |
| Charola | | 8.6 | 0.1 |

Gráfico 3: Resistencia a compresión Mortero con yeso HUANCAPAMPA

Resistencia vs proporción de fibra

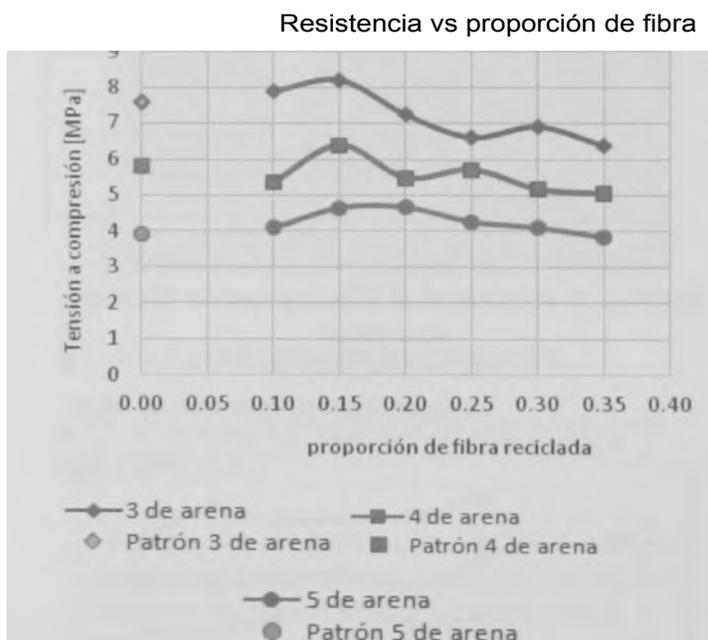


Como se puede ver en el gráfico mostrado, la inclusión de fibra no aporta resistencia al mortero elaborado con yeso Huancapampa. Por otra parte, se evidenció que existía mucha dispersión en los resultados de las diferentes repeticiones.

Tabla 8: Resistencia a compresión Mortero con yeso COBOCE

| ARENA | Resistencia a compresión de mortero de yeso COBOCE reforzado con fibra reciclada de botellas PET [MPa] | | | | | | |
|-------|--|------|------|------|------|------|------|
| | FIBRA | | | | | | |
| | 0 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.25 | 0.3 | 0.35 |
| 3 | 7.59 | 7.89 | 8.19 | 7.25 | 6.62 | 6.91 | 6.39 |
| 4 | 5.80 | 5.36 | 6.38 | 5.48 | 5.71 | 5.17 | 5.05 |
| 5 | 3.93 | 4.09 | 4.65 | 4.66 | 4.27 | 4.11 | 3.85 |

Gráfico 4: Resistencia a compresión Mortero con yeso COBOCE



De acuerdo al análisis estadístico con la prueba de Duncan, se verifica que en el caso del mortero de yeso COBOCE, la fibra incrementa la resistencia cuando se incorpora en una proporción de 0.15 para las tres proporciones de arena estudiadas. En vista de que la dosificación con yeso COBOCE, relación arena/cemento igual a 3 y 0.15 de fibra reciclada es la que más resistencia alcanzó, será considerada como la dosificación óptima. Esta resistencia (8.19 MPa) es similar a la de un mortero de cemento convencional ⁽⁴⁾ con proporciones 1:5.4 (7.91 MPa).

6.3 ENSAYOS COMPLEMENTARIOS

Debido a que el mortero de yeso Huancapampa no mostró incremento en la resistencia con la inclusión de fibra, y dado que los resultados en las diferentes repeticiones fueron muy dispersos, se tomó la decisión de trabajar solamente con el mortero de yeso COBOCE para los ensayos complementarios.

A continuación y para fines informativos se presentan los resultados de los ensayos complementarios indicados en el punto 5.3.

6.3.1 Resistencia a compresión en prismas de ladrillo

En la tabla 9 se presentan los resultados obtenidos para la resistencia a compresión de los prismas.

Tabla 9: Resistencia a compresión de los prismas de ladrillo

| Nº de Probeta | Dimensiones medias [mm] | | | Tensión de rotura [MPa] | Tensión promedio [MPa] |
|---------------|-------------------------|-----------|----------|-------------------------|------------------------|
| | largo (L) | ancho (a) | alto (h) | | |
| 1 | 231,0 | 96,5 | 490,5 | 2,38 | 2,31 |
| 2 | 230,7 | 96,5 | 491,3 | 2,30 | |
| 3 | 230,5 | 95,8 | 489,8 | 2,24 | |

Estos resultados pueden ser comparados con los resultados de una investigación anterior⁽⁴⁾, en la que se obtuvo una resistencia a compresión de 2.59 MPa en prismas elaborados con ladrillos huecos y mortero de cemento con relación cemento/arena igual a 5.4 en peso.

6.3.2 Adherencia por tracción a ladrillos de 6 huecos

La norma chilena NCh 2471 especifica una tensión de adherencia por tracción directa en mortero de cemento mayor o igual que 0.2 MPa, el resultado obtenido en laboratorio para la tensión de adherencia

del mortero de yeso y fibra al ladrillo es 0.53 MPa, por tanto este tipo de mortero ofrece una adherencia que cumple con holgura la especificación de dicha norma.

6.3.3 Tiempo de fraguado sin y con la adición de bórax.

En la tabla 10 se muestra el resultado obtenido para el tiempo de fraguado sin y con la adición de bórax.

Tabla 10: Tiempos de fraguado sin y con la adición de bórax

| | Sin borax | Con borax |
|----------------|-----------------|-----------------|
| Tiempo inicial | 3 min. | 5 min. 30 seg. |
| Tiempo final | 11 min. 40 seg. | 29 min. 50 seg. |

De acuerdo a los resultados de la tabla anterior, el tiempo en que el mortero mantiene la trabajabilidad se ve modificado favorablemente con la adición de bórax.

7. ANÁLISIS DE COSTOS

Como estaba establecido en los objetivos del presente estudio, se realizó una comparación entre el costo del mortero optimizado con adición de bórax (1 de yeso COBOCE: 0.15 de fibra: 3 de arena: 0.015 de bórax) y un mortero de cemento convencional mencionado en el alcance del presente estudio (1 de cemento: 5.4 de arena), ambas dosificaciones están indicadas en peso. En esta comparación, se tomó en cuenta la resistencia a compresión y el costo tanto del mortero solo como del muro de mampostería.

Tabla 11: Comparación de costos entre el mortero optimizado y un mortero convencional de cemento

| | | Costo (Bs) | Resistencia a Compresión (MPa) |
|---------------------------------|---------------------------|------------|--------------------------------|
| Mortero Optimizado de yeso | Mortero (m ³) | 338.7 | 8.19 |
| | Muro (m ²) | 64.4 | 2.31 |
| Mortero Convencional de cemento | Mortero (m ³) | 364.0 | 7.91 |
| | Muro (m ²) | 83.0 | 2.59 |

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

Como era de esperar, un aumento del contenido de arena ocasiona una disminución **de la resistencia a compresión del mortero.**

La adición de fibra reciclada de botellas PET al mortero de yeso Huancapampa, no contribuye a un aumento de la **Resistencia a Compresión**, en comparación con un mortero de yeso convencional.

La adición de fibra reciclada de botellas PET al mortero de yeso COBOCE, sí contribuye al aumento de **Resistencia a Compresión**, en los siguientes casos identificados en base a un análisis estadístico:

10% y 15% de fibra con relación yeso/arena = 3

5% de fibra con relación yeso/arena = 4

15% y 20% de fibra con relación yeso/arena = 5

Se adoptó como dosificación óptima para el yeso COBOCE la mezcla con proporciones 1 :0.1 5:3 (yeso, fibra, arena) y una relación de agua/yeso de 0.95, ya que ésta es significativamente diferente a las demás en relación a la resistencia a compresión.

Los resultados obtenidos permiten caracterizar los yesos estudiados de la siguiente manera:

Yeso Huancapampa: Yeso Grueso o negro de construcción (YG), presenta un comportamiento inestable tanto en estado fresco como en estado endurecido.

Yeso COBOCE: Yeso Fino o blanco de construcción (YF), presenta un comportamiento uniforme en cuanto al tiempo de fraguado, resistencia a compresión y plasticidad.

El mortero de yeso y fibra optimizado alcanza una resistencia de 8.19 MPa, similar a la resistencia de un mortero convencional **de cemento con proporciones 1:5.4** misma que llega a 7.91 MPa.

Los resultados de los ensayos de resistencia a compresión en prismas de mortero optimizado y ladrillos de 6 huecos, muestran que se tiene una resistencia promedio de 2.31 MPa, lo que es comparable a la resistencia de primas elaborados con mortero de cemento convencional **obtenida en una** investigación anterior (2.59 MPa).

Los ensayos de adherencia efectuados en el mortero optimizado dieron una resistencia de 0.53 MPa, valor que está bastante por encima del indicado en la norma chilena de referencia (NCH 2471): 0.2 MPa para morteros de junta.

En cuanto al tiempo de fraguado, se nota un importante incremento, tanto del tiempo inicial como del tiempo final con la adición de bórax en una proporción de 1.5 % en relación al peso del cemento.

Finalmente, haciendo una comparación entre el mortero optimizado y el mortero convencional de cemento en cuanto a costo se refiere, se puede apreciar que el mortero optimizado es un 22.45 % más económico que el convencional en términos de metro cuadrado de muro construido.

8.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso del mortero de yeso **optimizado como junta de mampostería** de ladrillo en tabiquerías de cerramiento en interiores, ya que la diferencia de costos con referencia al mortero convencional de cemento es notable, **garantizando además la** funcionalidad de estos elementos. El uso de este mortero permite reciclar un material de desecho que de otra manera contribuiría a la contaminación ambiental.

Si bien se han obtenido resultados satisfactorios en lo referente a la retardación del fraguado con la utilización de bórax, se recomienda continuar la investigación **utilizando otros** retardadores.

Para la elaboración del mortero optimizado en obra, se recomienda el

uso de la siguiente tabla de proporciones en volumen:

Materiales para la dosificación óptima
(balde de albañilería)

Yeso COBOCE : $\frac{1}{5}$ parte

Fibra : $\frac{1}{10}$ parte

Arena fina : $\frac{1}{2}$ parte

Agua : $\frac{1}{5}$ parte

Bórax : 2 Cucharas

Se recomienda también aplicar el siguiente **procedimiento para el** mezclado:

Mezclar hasta homogeneizar yeso, fibra y bórax en seco.

Echar agua en el recipiente adecuado para preparar el mortero, una parte de la cantidad necesaria.

Añadir al recipiente los componentes secos previamente mezclados (yeso, fibra y bórax).

Mezclar con un badilejo este conjunto de materiales a una velocidad lenta de 2 rev/seg. aproximadamente.

Seguidamente adicionar la arena durante el proceso de mezcla.

Finalmente mezclar a una velocidad media de 4 rev/seg. aproximadamente, y echar el agua restante durante este proceso.

Es necesario limpiar y humedecer las unidades de albañilería y las herramientas.

BIBLIOGRAFÍA

Proyectos de Grado

- (1) "Mortero de yeso para su aplicación como junta en mampostería de ladrillo", Ing. Hugo Pabón Chura, 2008.
- (2) "Estudio de la influencia de la fibra reciclada de botellas PET en la pasta de yeso para elaboración de paneles de uso interior", Ing. Corina Condori Guarachi e Ing. Jaime Alejandro Duran Grájeda, 2009.
- (3) "Estudio de la retardación de fraguado del yeso para revestimientos

interiores en muros de ladrillo, con adiciones de bórax y cal apagada", Ing. Andrea López Valle, 2007.

(4) "Comportamiento estructural de mampostería de ladrillo", Ing. Peter Zambrana, 2009.

(5) "Estudio de las características físico-mecánicas y químicas del yeso", Ing. Marcelo Gonzales Bueno, 1993.

(6) "Estudio de muros portantes en albañilería de ladrillo", Ing. Angel Román Castañedo, 1995.

(7) "Dosificación de morteros de cemento, cal y arena para revestimiento de muros de ladrillo", Ing. Alex Calle, 2008.

Normas

ASTM C 472, Métodos de ensayo físico del yeso, yeso de enlucido y hormigón de yeso.

ASTM C 109, Método de ensayo para la resistencia a compresión de mortero de cemento hidráulico.

UNE 102-031-82 Norma española, yesos y escayolas de construcción, métodos de ensayo físico-mecánicos.

NB-122004 Yesos y escayolas. Especificaciones, requisitos y clasificación.

NB-122008 Yesos y escayolas. Ensayos físico-mecánicos.