

Comparación de propiedades físicas y mecánicas entre morteros tradicionales para pega de bloques de concreto y el mortero industrializado Pegablok Tipo M Estructural, de INTACO



Abstract

The project involves a comparison of physical and mechanical properties between the masonry mortar mix prepared in different projects of GAM and industrialized mortar, Pegablok Type M Structural from INTACO.

For the development of this project an extended search was made in the metropolitan area for several construction sites, in which they used as a masonry construction system, likewise the use of techniques and specialized laboratory equipment with which the different tests were performed for determine the properties of both mixtures of mortar. As the field research was undertaken by analysis and accurate information the real situation for the mortar preparation practices in G.A.M. construction was shown.

This research concludes with the advantages, cost control and analysis involving the use of mortar Pegablok Type M Structural with a quality certificate for the traditional preparation mortar.

Keywords: mortar, mortar preparation cost, granulometry, compress strength

Resumen

El proyecto consiste en realizar una comparación de propiedades físicas y mecánicas entre los morteros de pega de mampostería preparados en diferentes proyectos del G.A.M. y el mortero industrializado Pegablok Tipo M Estructural de INTACO.

Para el desarrollo de éste proyecto se realizó una extensiva búsqueda en el área metropolitana de diferentes construcciones en las que utilizaron la mampostería como sistema de construcción, así mismo se investigó la utilización de técnicas y equipo especializado de laboratorio, con el que se realizaron los diferentes ensayos para determinar las propiedades de ambas mezclas de mortero. De la misma forma, se realizó una investigación de campo con la cual se llevaron a cabo los análisis y de la cual se obtuvo información veraz y se mostró la situación real en las construcciones del G.A.M, en lo relacionado a las prácticas de preparación del mortero.

Ésta investigación concluye con las ventajas, controles y análisis de costos que involucra la utilización del mortero Pegablok Tipo M Estructural con certificado de calidad, respecto al mortero de preparación tradicional.

Palabras clave: mortero, costos de preparar mortero, granulometría, esfuerzo de compresión

Comparación de propiedades físicas y mecánicas entre morteros tradicionales para pega de bloques de concreto y el mortero industrializado Pegablok Tipo M Estructural, de INTACO

Comparación de propiedades físicas y mecánicas entre morteros tradicionales para pega de bloques de concreto y el mortero industrializado Pegablok Tipo M Estructural, de INTACO

JONATHAN GAMBOA MARÍN

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Junio del 2010

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio	1
Resumen Ejecutivo	2
Introducción	3
Metodología	7
Marco Teórico	9
Resultados	16
Análisis de Resultados	23
Conclusiones	33
Recomendaciones	35
Apéndices	36
Anexos	67
Referencias	71

Prefacio

La idea de realizar una comparación de las propiedades físicas y mecánicas entre los morteros tradicionales para pega de bloques de concreto y el mortero industrializado Pegablok tipo M Estructural, surge de la necesidad de una empresa de poseer un documento técnico que compruebe las ventajas que existen en utilizar un producto de fabricación industrializada con certificación de calidad, sobre un producto realizado en obra en el que los controles de calidad son en la mayoría del tiempo casi nulos.

Ésta confirmación de las ventajas que existen entre el mortero Pegablok Tipo M Estructural y el mortero tradicional, permiten que el constructor tenga la opción de contar con un producto de calidad superior el cual reduce el costo, así como el personal y agilice las tareas en el proyecto, logrando con esto mayor rentabilidad una vez concluida la obra.

El más sincero agradecimiento a todas las personas y empresas que me facilitaron información para lograr el desarrollo de ésta investigación, información que en algunas oportunidades es de carácter confidencial y de la cual se obtuvo la autorización para ser presentada manteniendo siempre la discreción a los proveedores.

A mi profesor, Ing. Mauricio Araya Rodríguez que fue el guía durante la investigación, a la empresa INTACO C.R. que me brindo la oportunidad para ejecutar dicho proyecto de graduación, a mi jefe el Sr. Osvaldo Ramírez, que con su ayuda e ideas desempeñé con éxito la tarea asignada.

Finalmente a mi familia por el apoyo incondicional a lo largo de la carrera y mi novia Mariela Coto durante el desarrollo del proyecto de graduación, con la ayuda de todos logré cumplir las metas propuestas y con esto llegar a ser un profesional.

Resumen ejecutivo

Este proyecto de investigación consistió en realizar una comparación de propiedades físicas y mecánicas entre los morteros de pega que se fabrican de manera tradicional en los proyectos de construcción y el mortero industrializado Pegablok Tipo M Estructural de la empresa INTACO.

Para la empresa, es de suma importancia contar con este documento, con el cual se demostró las ventajas que ofrece la utilización de un mortero Industrializado respecto a uno de elaboración tradicional.

La investigación inició ubicando en el área metropolitana proyectos de construcción en los que se utilizó la mampostería como sistema constructivo y de los cuales se tuviera acceso a información pertinente para desarrollar el proyecto.

Como primera etapa, se identificaron cinco construcciones distribuidas en los puntos cardinales del G.A.M. en los cuales se analizó el procedimiento, dosificación y las razones del porqué utilizan el mortero tradicional, también se evaluó por medio de ensayos de laboratorio y utilizando las normas ASTM, las arenas que conforman el mortero así como la arena del Pegablok Tipo M Estructural, con el fin de caracterizar estas y así contar con información valiosa para conocer su influencia sobre la resistencia final del mortero.

De la misma forma, se evaluó el mortero utilizado en campo, preparado de la manera tradicional mezclando arena, cemento y agua. Utilizando una misma dosificación por volumen 1:3 para morteros preparados en el laboratorio de INTACO, y los cuales fueron analizados en diferentes ensayos como la resistencia a la compresión, la retención de agua, el contenido de aire, el tiempo de fraguado, el flujo, con el fin de conocer si cumplen con los requerimientos que especifican las normas ASTM e INTECO, para

los morteros, estas vienen referidas del Código Sísmico de Costa Rica, en su versión vigente la del 2002.

Como parte del proyecto, se realizó una medición en los tiempos de preparación de ambos morteros, encontrándose que al preparar volúmenes iguales de mortero hay una diferencia aproximada de 16% (10 minutos) mayor el tiempo que se requiere para preparar el mortero tradicional respecto al Pegablok Tipo M Estructural. También se analizó los costos involucrados en la fabricación del mortero tradicional, con el que se verificó la creencia equivocada por parte de los responsables de obra, de que el mortero preparado tradicionalmente era más económico que un producto Industrializado como el Pegablok Tipo M Estructural. El resultado obtenido fue entre un 11,5% y un 18,2% más costoso, preparar el mortero hecho en sitio que utilizar el Pegablok.

El proyecto permitió dar a conocer información valiosa y tangible en un tema que está poco investigado, a pesar de ser una actividad diaria en las construcciones de nuestro país.

Introducción

En nuestro país es muy común el manejo del sistema constructivo utilizando la mampostería de bloques de concreto para edificar viviendas, cerramientos de edificios o bien muros de retención. Como mecanismo de unión en éste sistema constructivo se utiliza el mortero de pega de los bloques. El mortero es un material muy importante ya que de sus propiedades así como de su calidad va a depender el buen comportamiento y desempeño de dicho sistema.

Es muy importante que los materiales que conforman el mortero sean de buena calidad, para que garanticen el excelente desempeño de la mezcla respecto a las características y las propiedades requeridas por las especificaciones que norman en éste país.

Los ensayos evaluados en éste estudio corresponden a las especificaciones de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) y su respectiva adaptación por parte del Instituto Nacional de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), llevándose a cabo las pruebas en el Laboratorio de la Empresa INTACO así como en el Centro de Investigación de Vivienda y Construcción (C.I.V.C.O) del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Como respuesta a los problemas observados en la preparación del mortero de pega hecho en obra, tales como el uso de arenas de mala calidad en términos de su granulometría, elevado porcentaje de materias orgánicas, desperdicio, exceso de agua en la mezcla, malas prácticas constructivas, agrietamientos, mala adherencia, entre otras. La empresa INTACO CR, lanzó éste mortero industrializado en el año 2004, como una solución para los albañiles, para que tuvieran un mortero con calidad homogénea y controlada, que permitiera reducir los tiempos de preparación del mortero e instalación de bloques.

El Pegablok Tipo M Estructural se diseñó, por lo tanto, de tal forma que tuviera una excelente adherencia, baja permeabilidad y que requiriera una baja relación agua cemento para

reducir la contracción plástica que genera problemas de agrietamientos.

El Pegablok es una mezcla de cemento, arenas de granulometría controlada y aditivos. A saber existen dos tipos de Pegablok: Pegablok Tipo N y Pegablok Tipo M Estructural. Estos morteros fueron diseñados de acuerdo con la norma ASTM C270 tipos N y M respectivamente.

El Pegablok Tipo N, se utiliza para pegar bloques de concreto por encima del nivel de tierra, mientras que el Pegablok Tipo M Estructural es para unir bloques sometidos a cargas estructurales, como por ejemplo en muros de contención o retención o sistemas constructivos que así lo requieren.

Con éste producto se tienen ventajas tales como la reducción de desperdicio, eliminación del proceso de zarandeo de las arenas, rapidez en la preparación ya que solo requiere de agregar agua para mezclarlo, así como una buena combinación de trabajabilidad, resistencia y economía.

En el país se han desarrollado diferentes proyectos de investigación (Rojas, 1983; Araya, 1998; Delgado, 2007) en los que se ha analizado la influencia del mortero sobre la mampostería. Sin embargo a nivel nacional la investigación en el tema de los morteros de pega es escasa.

INTACO CR a través del departamento de Respaldo Técnico y en combinación con la Escuela de Ingeniería en Construcción del ITCR, se dio a la tarea de realizar una evaluación y comparación de los morteros de pega preparados en obra contra un producto de fabricación Industrializada, éste proyecto servirá para presentar información valiosa, análisis y recomendaciones para futuros trabajos que ayuden a ampliar más éste importante tema, que muestra poca evolución en el territorio nacional específicamente en el sector de la construcción, y con esto implementar las respectivas mejoras, si así lo amerita.

Objetivos

Al considerar el problema y sus antecedentes se plantea como objetivo general, realizar un análisis comparativo entre los morteros de pega que tradicionalmente se preparan en obra para colocar bloques de concreto y el mortero industrializado Pegablok tipo M estructural de INTACO.

Para lograr éste objetivo es necesario la definición de los siguientes objetivos específicos, mismos que se utilizan como una guía para alcanzar y desarrollar dicho análisis:

- a. Hacer muestreo y caracterización de arenas que empresas constructoras adquieren en depósitos de materiales en el área metropolitana, provenientes de distintas fuentes.
- b. Tomar muestras de ambos tipos de morteros mencionados y realizar análisis de resistencias a la compresión, utilizando la norma ASTM C 109.
- c. Determinar mediante ensayos de laboratorio valores de retención de agua, utilizando la norma ASTM C 1506, flujo del mortero ASTM C 1437, contenido de aire ASTM C 185, tiempo de fraguado ASTM C 266, con el fin de observar la influencia de estos parámetros en el mortero preparado.
- d. Medir tiempos de preparación de los morteros hechos en obra y del Pegablok Tipo M Estructural.
- e. Realizar observaciones comparativas tanto cualitativas como cuantitativas de las prácticas constructivas en el uso de ambos tipos de mortero.

Alcance del Proyecto

El estudio tiene como alcance, realizar una evaluación de los morteros de pega de bloques utilizados en obras de construcción con áreas aproximadas entre 150 y 250 m² cada una, ubicados en el área metropolitana, con el fin de evaluar el desempeño de los morteros preparados en obra, así como su respectiva reproducción en laboratorio, determinando el comportamiento de éstos a través de los ensayos que se describen a continuación:

Ensayos de laboratorio realizados al agregado:

- a. Ensayo para determinar la granulometría, según norma ASTM C 136.
- b. Ensayo para determinar el contenido de materia orgánica, según norma ASTM C 40.
- c. Ensayo para determinar la gravedad específica, según norma ASTM C 128.
- d. Ensayo para determinar el peso unitario, según norma ASTM C 29.
- e. Ensayo para determinar el contenido de humedad, según norma ASTM C 566.
- f. Ensayo para determinar el contenido de material más fino que el tamiz # 200, según norma ASTM C 117.

Ensayos de laboratorio realizados al mortero:

- a. Ensayo para determinar la resistencia a la compresión de muestras de mortero de 50 x 50 mm, según norma ASTM C 109.
- b. Ensayo para determinar el flujo del mortero, según norma ASTM C 1437.
- c. Ensayo para determinar la retención de agua, según norma ASTM C 1506.

- d. Ensayo para determinar el contenido de aire, según norma ASTM C 185.
- e. Ensayo para determinar la fragua inicial y final, según norma ASTM C 266.

La investigación presente está dirigida al mortero de pega de unidades de mampostería de concreto.

Los materiales utilizados para llevar a cabo ésta investigación, provienen de los proyectos evaluados. Con esto se procura reducir los factores asociados a la variabilidad de los datos y resultados ya que se están tomando de la fuente.

Limitaciones

No serán tomados en cuenta para el desarrollo de ésta investigación, proyectos que no estén registrados y cuenten con los debidos permisos al día, por parte del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

Así mismo, como parte de las limitaciones que se tienen para la ejecución del proyecto están las siguientes:

- a. Por facilidad, para el traslado y manipulación de las muestras recopiladas en campo hacia el laboratorio de INTACO. Es muy importante que la ubicación de los proyectos en estudio, estuvieran cerca a éste. Por ésta razón, se decidió que los proyectos a evaluar se ubicaran en el Gran Área Metropolitana (G.A.M.), limitándola a las zonas comprendidas entre: al norte hasta Heredia, Tibas, Moravia; al Este hasta Tres Ríos, Curridabat; al Oeste hasta Escazu, Santa Ana, Pavas; al Sur hasta Desamparados, Alajuelita, San Sebastián y en la parte Central lo que comprende San José, ya que ésta zona alberga un alto numero de proyectos en ejecución.
- b. Como parte de los requerimientos para evaluar los proyectos su área de construcción debe estar en un rango de 150 a 250 m², contar al menos con batidora para realizar la mezcla de mortero y que en su mayoría sean proyectos de vivienda, con el fin de representar lo que sucede en la realidad.
- c. Se decidió tomar en cuenta cinco proyectos por punto cardinal, con el fin de mantener una población representativa. Sin embargo, solo será evaluado un proyecto por punto, siendo entonces cinco los proyectos tomados en cuenta. Esto porque el tiempo y la logística que implica mayor cantidad de construcciones en cuanto a equipo, tiempo para realizar los ensayos y desplazamiento serían demasiados.
- d. La validez estadística de este proyecto se

basa un análisis estadístico básico, donde los resultados obtenidos son estudiados empleando la media aritmética, así como la desviación estándar que presentan los mismos respecto a ésta y donde mediante el coeficiente de variación se compara la correlación estadística que presentan los resultados.

Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo de ésta investigación fue la siguiente:

- a. Se fijaron las características de la investigación, referente al tipo de proyectos que iban a ser evaluados. El área mínima que deben tener éstos, la manera en que iban a ser recolectadas las muestras, así como la información que iba a ser solicitada al personal y a las empresas.
- b. Se procedió a realizar un sondeo en el Gran Área Metropolitana, específicamente en las zonas que se delimitaron para ubicar los proyectos, con el fin de evaluar los posibles proyectos a valorar, estos debían ser seleccionados al azar, siempre y cuando cumplieran los requerimientos antes descritos.
- c. Una vez seleccionados los proyectos, se procedió a recopilar las muestras de arena y cemento de cada construcción, con las cuales se prepararía el mortero en el laboratorio de INTACO, con el fin de ser evaluado mediante las Normas ASTM.
- d. Paralelamente, se elaboraron quince cubos de mortero, el tamaño de la muestra fue determinada para fallar tres especímenes en cinco edades de falla, éste mortero es el utilizado en cada una de las construcciones evaluadas. De ésta manera se analizaron 180 cubos, de los cuales se hizo una prueba de resistencia a la compresión, con la ayuda del laboratorio de INTACO, cumpliendo con los requerimientos que las Normas ASTM C 270 indican, para éste ensayo.
- e. Para la siguiente etapa, se procedió a realizar el levantamiento de información de campo referente a, tiempos de preparación del mortero, el cual consiste en realizar una toma de datos respecto a los tiempos que tardan los obreros en realizar el zarandeo de la materia prima (arena), para producir un volumen determinado de mortero.
- f. Así mismo, se pretende evaluar el rendimiento por volumen del mortero elaborado en sitio, consiste en realizar la medición de la cantidad de bloques pegados con un volumen conocido de mortero, para realizar la respectiva comparación con el producto industrializado Pegablok Tipo M Estructural.
- g. También se pretende analizar los costos involucrados en la preparación del mortero hecho en sitio, el cual consiste en analizar mediante observaciones, los costos que implica la producción de mortero hecho en sitio, contemplando tanto el factor humano así como los materiales y proceso de producción (éste proceso de producción consiste en realizar el zarandeo y mezclado de las materias primas).
- h. Se culmina procesando datos, anotaciones y toda la información recopilada para la elaboración del informe final, donde se obtendrán las respectivas conclusiones a los objetivos planteados.

Marco Teórico

El mortero de mampostería es un material de construcción que se utiliza desde hace ya muchos años, éste es una mezcla de un conglomerante (cemento), árido, agua y en algunos casos aditivos, los cuales forman una especie de mezcla blanda utilizada para fijar los bloques de concreto o ladrillo unos con otros y a partir de esto se elevan las paredes de diferentes edificaciones o bien muros de retención.

Su principal función es la de unir los bloques así como evitar el paso de agua y aire a través del espacio que queda entre ambos bloques, el mortero de pega corresponde un 7 y un 9 % del material total en un muro de mampostería (Navas, 1999, p.6), sin embargo la importancia en el comportamiento del muro o pared es mucho mayor, razón por la cual es sumamente primordial conocer las variables que lo afectan.

Componentes del mortero para mampostería

Material cementante

El cemento Pórtland, de mampostería, la cal o bien una mezcla de éstos es el conglomerante utilizado para dar la cohesión en el mortero, éstos deben cumplir con las normas y requerimientos estipulados.

Agregados

Como principal material utilizado en los morteros está la arena, éste al ser un material inerte, es incapaz de reaccionar con los otros elementos del mortero, ya que su principal cargo es dar cuerpo o volumen al mortero.

En el campo es común encontrar agregados naturales; los cuales provienen de la fuente o depósito natural, (mina o río), y son extraídos mecánicamente, y también se encuentran los agregados artificiales; los cuales son el material resultante de algún subproducto industrial o bien agregados reciclados, que como su nombre lo indica formaron parte de alguna construcción y son procesados para su posterior reutilización, sin embargo en el país el agregado extraído de manera natural es el más utilizado para la fabricación de morteros.

Propiedades físicas de los agregados

Se le conoce como granulometría de la arena a la composición de las diferentes dimensiones de partículas que forman parte del agregado. En los morteros, la granulometría de la arena es regulada por la Norma ASTM C 144,

Cuadro 1. Límites para agregado de mortero según ASTM C 144

Tamiz	Arena Natural %	Arena Manufacturada %
nº4	100	100
nº8	95-100	95-100
nº16	70-100	70-100
nº30	40-75	40-75
nº50	10-35	20-40
nº100	2-15	10-25
nº200	0-5	0-10

En el cuadro anterior se presenta el rango admitido según la norma para que la arena cumpla con la granulometría requerida en un mortero, la función de ésta es poder realizar la curva granulométrica, la cual se efectúa tamizando el agregado en las mallas indicadas, y determinando mediante porcentajes el material acumulado en cada tamiz; la curva granulométrica es una representación gráfica, en la que el eje de las ordenadas se ubican los porcentajes pasando acumulado en cada malla mientras que en el eje de las abscisas se colocan las aberturas de cada tamiz.

De la granulometría también es posible determinar el módulo de finura, éste es la suma de los porcentajes retenidos acumulados que se encuentran en la serie de tamices n°4, n°8, n°16, n°30, n°50 y n°100 especificados en la norma ASTM C 136, éste módulo permite suministrar una idea del tamaño medio del agregado, ya que módulos de finura altos corresponden a agregados gruesos y viceversa.

El cuadro 2 presenta una clasificación de las arenas en función de los módulos de finura:

Cuadro 2. Clasificación de la arena según su módulo de finura	
MF	Clasificación
<2,0	Muy fina
2,0 a 2,3	Fina
2,3 a 2,6	Medio fina
2,6 a 2,9	Media
2,9 a 3,2	Medio gruesa
3,2 a 3,5	Gruesa
>3,5	Muy gruesa

Fuente (Barquero, 1983)

En el agregado debe controlarse muy bien los finos que se componen éste, ya que el exceso de éstos provocaría en el mortero un aumento en la cantidad de agua, lo que conlleva a una reducción en la resistencia final del mortero, así como dar paso a la aparición de fisuras por el efecto de la contracción del mortero.

Otro factor que debe ser controlado en la arena es el material orgánico, ya que la presencia de impurezas orgánicas reduce las propiedades

mecánicas del mortero. Una forma rápida y fácil de evaluar la presencia de estos es cuando al frotar el material en las manos las deja manchadas de tierra. Al ocurrir esto se debe lavar el material antes de ser utilizado sin que se pierdan los finos o bien trabajar con otra arena.

Agua

Éste componente tan importante cumple dos funciones en el mortero, la primera es hidratar al cemento para que se den las reacciones químicas y la segunda es brindar la trabajabilidad del mortero, ésta debe ser preferiblemente potable para que no afecte el desempeño del mortero.

Aditivos

Existen una variedad de aditivos que pueden ser utilizados para mejorar el desempeño y las propiedades mecánicas y físicas del mortero de mampostería.

En el país a nivel artesanal se utiliza la combinación de estos materiales para formar lo que se conoce como mortero de pega tradicional, el cual consiste en la mezcla por volumen de los diferentes componentes que conforman el mortero común.

A nivel industrial existen en el mercado una variedad de morteros secos de mampostería los cuales fueron diseñados para cumplir con lo que la normativa nacional prescribe, esto según lo que el Código Sísmico de Costa Rica (CSCR-2002), el documento con el cual se rige la construcción en el país y que adapta su contenido en lo que respecta a los morteros de las normas americanas ASTM (*American Society for Testing and Materials*), así como la respectiva adaptación por parte del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), éste ente ajusta dichas normas a nuestro territorio.

Como bien está indicado en la Norma Nacional INTE 06-03-04-08, la misma es equivalente con la norma ASTM C 270, los materiales para la fabricación de morteros de pega para bloques de mampostería de concreto deben cumplir los respectivos requisitos, que ahí se indican.

Así mismo el CSCR-02 también especifica los tipos de morteros según la unidad de mampostería que se va a utilizar, quiere decir que para bloques de concreto clase A; el mortero de pega deber ser tipo A, para bloques clase B; utilizar mortero tipo A o B y para bloques clase C el mortero a utilizar serian los tipos A, B, C.

En Costa Rica el CSCR-02 especifica para los morteros de pega los requisitos que se presentan en el cuadro 3 por proporción:

Según la información obtenida de campo, en los morteros preparados en obra se utiliza por lo general de una dosificación por volumen 1:3, la cual consiste en 1 parte de cemento por 3 partes de agregado, clasificado como mortero de pega tipo A, según el CSCR-02.

De la misma forma, la norma INTE 06-03-04-08 (Especificaciones del mortero para unidades de mampostería), detalla los requisitos por propiedades de los morteros de pega preparados en laboratorio, (ver cuadro 5):

Cuadro 3. Proporción por volumen para fabricación mortero según CSCR 2002					
Combinación de materiales cementantes	Tipo de Mortero	Cemento	Cemento de mampostería	Cal hidratada	Arena en condición húmeda y suelta
Cemento-cal hidratada	A	1	0	1/4	3
Cemento-cal hidratada	B	1	0	1/2	4
Cemento-cal hidratada	C	1	0	3/4	5
Cemento-cemento de mampostería	A	1	1	0	5
Cemento-cemento de mampostería	B	1/2	1	0	4
Cemento de mampostería	C	0	1	0	3

Adaptado de ASTM C-270 y IBC-2000 tabla 2103.7A

En el cuadro 4 se presentan las proporciones por volumen más utilizadas en los proyectos de construcción costarricenses las cuales no utilizan cemento de mampostería ni cal hidratada. (Araya, 1998)

Cuadro 4. Proporciones por volúmenes utilizados comúnmente en las construcciones de Costa Rica			
Material Cementante	Tipo de mortero	Cemento	Arena en condición húmeda y suelta
Cemento	A	1	3
Cemento	B	1	4

Fuente: (Araya, 1998)

Cuadro 5. Requisitos para especificaciones por propiedades

Mortero	Tipo ^E	Resistencia a la compresión medida en cubos (MPa)	Mínima Retención de agua %	Máximo Aire Contenido %	Proporción de agregado (medido en condiciones húmedo suelto)
Cemento-cal	M (A)	17,2	75	12	No menos que 2 1/4 y no mas que 3 1/2 veces de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S (B)	12,4	75	12	
	N (C)	5,2	75	14 ^C	
	O	2,4	75	14 ^C	
Mortero	M	17,2	75	12	
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14 ^C	
	O	2,4	75	14 ^C	
Cemento de Mampostería	M (A)	17,2	75	18	
	S (B)	12,4	75	18	
	N (C)	5,2	75	20 ^D	
	O	2,4	75	20 ^D	

^A Únicamente mortero preparado en laboratorio (véase la nota 3).

^B Véase la nota 4.

^C Cuando el refuerzo estructural está embebido en un mortero de cemento-cal, contenido máximo de aire debe ser 12%.

^D Cuando el refuerzo estructural está embebido en un mortero de cemento con mampostería, el máximo contenido de aire debe ser de 18%.

^E Los valores mostrados en paréntesis representan las correspondencias de los tipos de morteros especificados en el CSCR-02.

Fuente: (Norma INTE 06-03-04-08)

Del cuadro 5, se puede extraer una descripción de los morteros según la clasificación que presenta la norma ASTM C 270, entendiéndose como mortero tipo M; aquel mortero de alta resistencia, empleado en elementos sometidos a cargas de compresión, acción severa de vientos, empuje de suelos o sismos.

El mortero tipo S, éste se utiliza en estructuras bajo cargas de compresión normales y que requiera de una buena adherencia, ya que se desempeña muy bien en ésta propiedad.

El mortero tipo N, es un mortero de mediana resistencia, empleado en edificaciones sobre el nivel de suelo o bien en cerramientos internos o divisiones.

Con el fin de determinar la validez y dispersión de los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se hace uso del coeficiente de variabilidad (CV), éste puede utilizarse cuando hay al menos tres resultados de una misma prueba, éste coeficiente se calcula de la siguiente manera:

$$\% CV = \frac{\sigma}{\bar{X}} * 100 \quad \text{ecuación 1}$$

Siendo

La desviación estándar, es una medida de la variabilidad o dispersión de los datos alrededor de la media, con ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad \text{ecuación 2}$$

La media es una medida de tendencia central, ésta localiza el centro de la distribución de los datos y tiene ecuación:

$$\bar{x} = \text{Media aritmética} = \frac{\sum X_i}{N} \quad \text{ecuación 3}$$

Propiedades a evaluar en el mortero

En estado plástico

Trabajabilidad

Ésta es, la propiedad más importante del mortero en su estado plástico, un mortero trabajable debe soportar el peso de las unidades de mampostería cuando se colocan y facilitar su alineamiento, la trabajabilidad es una combinación de varias propiedades, incluyendo plasticidad, consistencia, cohesión y adhesión, las cuales son medidas con exactitud en el laboratorio.

La trabajabilidad es determinada por la granulometría, las proporciones de materiales y el contenido de aire. Sin embargo, el ajuste final

Una vez obtenido el CV, se determina la representatividad de la media, esto según el cuadro 6 para lograr la aceptación de ésta investigación solo serán permitidos valores de CV menores a 20,0, es decir que se encuentren en "alta" y "bastante" representatividad.

Cuadro 6. Grado de representatividad de la media según el valor del coeficiente de variabilidad	
Coeficiente de variabilidad (%)	Representatividad de la media
0,0 a menos de 10,0	Alta
10,0 a menos de 20,0	Bastante
20,0 a menos de 30,0	Tiene Representatividad
30,0 a menos de 40,0	Baja o dudosa
40,0 o más	Carente o nula

Fuente: (Godoy, 2006)

depende del contenido de agua y ésta es regulada en el área de trabajo.

Un mortero de campo tiene un flujo aproximado para alcanzar la trabajabilidad requerida por el albañil es de 70 a 80%, mientras que en laboratorio el mortero se evalúa a un flujo extremo de 110% ± 5%, esto para suponer condiciones exageradas en la consistencia del mismo.

La capacidad de un mortero de mampostería para mantener satisfactoriamente la trabajabilidad bajo la influencia de la absorción de la unidad de mampostería y de la tasa de evaporación, depende de la retención de agua y de las características del fraguado. (INTE 06-03-04-08; 2008; p.15)

Fluidez

Ésta es una propiedad del mortero medida en laboratorio, que indica el aumento porcentual en el diámetro de la base de un cono truncado de

mortero, cuando éste es colocado sobre una mesa de flujo, levantándolo mecánicamente 12,7 mm y dejándolo caer 25 veces en 15 segundos, el mortero preparado en laboratorio debe cumplir un flujo de $110\% \pm 5\%$. (INTE 06-03-04-08; 2008; p.15)

Retención de agua

Se determina la retención de agua de acuerdo con la norma ASTM C 1506, y según se define “ésta es una medida de la propiedad del mortero para retener el agua de mezclado bajo la condición de absorción por parte de la mampostería. Ésta propiedad del mortero da tiempo al albañil para colocar y ajustar una unidad de mampostería sin que el mortero se endurezca. La retención de agua aumenta mediante el incremento de cal o inclusores de aire, adición de arena fina dentro de los límites de graduación permitidos” (INTE 06-03-04-08; 2008; p. 16).

Proyectos que forman parte de la investigación

Zona Oeste de la GAM

Corresponde a una Casa de habitación, ubicado en Alto de la Palomas, Escazú.

Éste proyecto consiste en 3 módulos de 4 niveles con un área aproximada de 400 m^2 , construidos con bloques de concreto de $12 \times 20 \times 40$ y $20 \times 20 \times 40$ cm clase A. Utilizan mortero tradicional, arena proveniente de tajo de la empresa Holcim, ubicado en Santa Ana. Se maneja una dosificación 1:3, quiere decir que por cada saco de cemento se utiliza 3 pies cúbicos de arena.

No hay dosificación respecto al agua utilizada, no se utiliza aditivo en la preparación de éste mortero, el cemento empleado es de la empresa Holcim UG, presenta un rendimiento promedio de 58 bloques fijados con el mortero a un espesor de 15 mm. El tiempo de mezclado es de aproximadamente 4 minutos una vez los materiales están dentro de la batidora, sin

En estado endurecido

Resistencia a la compresión

Ésta se determina según la norma INTE 06-02-20-08, de acuerdo a las proporciones usadas en obra y con el agua de mezcla que produzca un flujo de $110\% \pm 5\%$. Es usada algunas veces como el criterio principal para seleccionar el tipo de mortero, por su facilidad de medir y porque es ligado a otras propiedades mecánicas como la resistencia a la tensión y la absorción del mortero, sin embargo no debe ser el único criterio a tomar en cuenta (INTE 06-03-04-08; 2008; p.17-18)

Como es conocido, el contenido de aire y la relación agua-cemento son eslabones que determinan significativamente la resistencia a la compresión, ya que influyen directamente en el comportamiento del mortero bajo acción de cargas.

embargo el mortero permanece en la misma girando hasta que la batida acabe, éste tiempo es variable, según la velocidad con la que se pegue, en la elaboración de éste mortero se requiere de 2 obreros, los cuales requieren de aproximadamente 15 minutos para elaborar dicha mezcla.

Zona Este de la GAM

Consiste en un complejo de apartamentos en Condominio, ubicado San Juan de Tres Ríos.

Éste proyecto consta en dos edificios de 2 niveles con un área aproximada cada uno de 400 m^2 , construidos con bloques de concreto de $12 \times 20 \times 40$ cm clase A. Utilizan mortero tradicional, arena proveniente de tajo Pocora, la dosificación que manejan es 1:2,5 quiere decir que por cada saco de cemento se requiere de 5 cubetas de arena (cubeta de 5 galones). No hay dosificación de agua, el albañil lo decide, ya que ésta la determinan las condiciones meteorológicas, esto porque si el día está soleado se emplea un

mortero más húmedo mientras que si el día es nublado no lo requiere. El cemento que se utiliza es de Holcim UG y hay un rendimiento promedio de 56 bloques fijados con el mortero a un espesor de 15 mm. El tiempo de mezclado es de aproximadamente 5 minutos una vez los materiales dentro de la batidora. Para preparar éste mortero se requieren de 2 obreros, los cuales requieren de aproximadamente 20 minutos en la elaboración.

Zona Sur de la GAM

Este proyecto está ubicado en Alajuelita, consiste en 26 casas con área aproximada de 250 m² cada una, construidas con bloques de concreto de 12x20x40 cm clase A. Utilizan mortero tradicional, arena proveniente del tajo de la empresa MECO, la dosificación que manejan es 1:3, quiere decir que por cada saco de cemento lo mezclan con 6 cubetas de arena (cubeta de 5 galones), esto porque el saco de cemento equivale a 2 cubetas y 1/6 de ésta. La arena requiere de un previo zarandeo con una malla de ¼ pulgada para eliminar el excesivo grueso. El agua no es dosificada, no se utiliza algún aditivo en el mortero, el cemento utilizado es de CEMEX SANSON UG, el rendimiento promedio es de 66 bloques con un espesor de mortero de 15 mm., el tiempo de mezclado es de aproximadamente 3 a 5 minutos una vez los materiales dentro de la batidora, para preparar éste mortero se requieren de 2 obreros, los cuales requieren de aproximadamente 15 minutos en la elaboración.

Zona Central de la GAM

Edificio de Apartamentos y locales comerciales, ubicado en Guadalupe, éste proyecto consiste en un módulo de 2 niveles con un área aproximada de 300 m², construido con bloques de concreto de 12x20x40 y 15x20x40 cm clase A. Utilizan mortero tradicional, arena proveniente de tajo en Coronado, se emplea una

dosificación 1:3, quiere decir que por cada saco de cemento se utilizan 6 cubetas de arena, el cemento utilizado es Holcim UG. La arena requiere de un previo zarandeo con malla ¼ pulgada, se emplea 1200 ml por batida de aditivo maxicrete 70, no hay dosificación de agua, ésta le da el albañil, el tiempo entre mezclado y utilización del mortero es de aproximadamente 1 hora y 30 minutos una vez los materiales dentro de la batidora, el rendimiento de éste mortero es de 63 bloques con espesor de mortero de 15 mm. Para elaborar el mortero se requiere de 2 obreros, los cuales requieren de 25 minutos para elaborar dicha mezcla.

Zona Norte de la GAM

Es un Residencial, ubicado en Mercedes Sur de Heredia, éste proyecto consta de 12 casas con un área aproximada de 90 m² cada una, construidas con bloques de concreto de 12x20x40 cm. clase A, según la clasificación del CSCR-02. Utilizan mortero tradicional, arena de tajo proveniente del Grupo Orosi, la dosificación que utilizan es 1:3, lo que quiere decir que por cada saco de cemento lo mezclan con 3 pies cúbicos de arena.

El agua no es dosificada ya que la determinan mediante observaciones del albañil, él le indica al obrero que prepara el mortero la humedad que éste debe tener, esto va a depender también de la humedad con la que se encuentre la arena, ya que una arena muy mojada requiere de menos agua para lograr la consistencia requerida y viceversa.

No utilizan algún tipo de aditivo para el mortero, el cemento utilizado es de Holcim UG, por cada batida (1 saco cemento y 3 pies cúbicos de arena) de mortero preparado se obtiene un rendimiento aproximado de 60 bloques con un espesor de mortero de 15 mm. El tiempo de mezclado es de aproximadamente 4 minutos una vez los materiales dentro de la batidora, para preparar éste mortero se requieren de 2 obreros, los cuales requieren de aproximadamente 20 minutos en su elaboración.

Resultados

La primera etapa de éste proyecto consistió en realizar un sondeo en el área metropolitana a diferentes proyectos donde se estuviera trabajando con mampostería de concreto, y los cuales estuvieran de acuerdo en formar parte de la investigación.

Una vez que, se contó con la aprobación de los ingenieros encargados de los proyectos, para que estos formaran parte de la investigación, se procedió a tomar las diferentes muestras de agregado y cemento con los cuales se estaría realizando a nivel de laboratorio, los respectivos ensayos a los mismos y también a los morteros preparados a partir de dichos materiales. .

En el cuadro 18 se presenta un resumen de los resultados obtenidos a los ensayos evaluados al agregado durante el desarrollo de ésta investigación, los resultados completos pueden ser revisados en la sección apéndices de éste trabajo:

En lo que respecta a los ensayos de granulometría para los diferentes agregados, los resultados se presentan en la sección apéndices de ésta investigación, a continuación se presentan las granulometrías realizadas:

Proyecto Zona Oeste GAM.

Cuadro 7. Análisis granulométrico de agregado fino, P.Z.O según ASTM C144			
Proyecto Zona Oeste GAM			
Arena manufacturada tajo Holcim, Santa Ana			
Malla (mm)	Malla nominal	% Ret.Acumulado	% Total Pasando
9.5	3/8 pulg.	0	100
4.75	#4	0	100
2.36	#8	24	76
1.18	#16	52	48
0.6	#30	68	32
0.3	#50	79	21
0.15	#100	88	12
0.075	#200	94	6
0	Charola	100	0
	MF:		3.12

Microsoft Excel

Proyecto Zona Este GAM

Cuadro 8. Análisis granulométrico de agregado fino, P.Z.E según ASTM C144			
Proyecto Zona Este GAM			
Arena Tajo Pocora, Guápiles			
Malla (mm)	Malla nominal	% Ret.Acumulado	% Total Pasando
9.5	3/8 pulg.	0	100
4.75	#4	10	90
2.36	#8	31	69
1.18	#16	48	52
0.6	#30	61	39
0.3	#50	72	28
0.15	#100	81	19
0.075	#200	88	12
0	Charola	100	0
	MF:		3.03

Microsoft Excel

Proyecto Zona Sur GAM

Cuadro 9. Análisis granulométrico de agregado fino, P.Z.S según ASTM C144			
Proyecto Zona Sur GAM			
Arena Tajo Meco, Santa Ana			
Malla (mm)	Malla nominal	% Ret.Acumulado	% Total Pasando
9,5	3/8 pulg.	0	100
4,75	#4	11	89
2,36	#8	26	74
1,18	#16	39	61
0,6	#30	50	50
0,3	#50	62	38
0,15	#100	71	29
0,075	#200	78	22
0	Charola	100	0
	MF		2,58

Microsoft Excel

Proyecto Zona Central GAM

Cuadro 10. Análisis granulométrico de agregado fino, P.Z.C según ASTM C144			
Proyecto Zona Central GAM			
Arena Tajo CarCruz, Coronado			
Malla (mm)	Malla nominal	% Ret.Acumulado	% Total Pasando
9,5	3/8 pulg.	1	99
4,75	#4	14	86
2,36	#8	27	73
1,18	#16	37	63
0,6	#30	47	53
0,3	#50	56	44
0,15	#100	62	38
0,075	#200	69	31
0	Charola	100	0
MF		2,45	

Microsoft Excel

Proyecto Zona Norte GAM

Cuadro 11. Análisis granulométrico de agregado fino, P.Z.N según ASTM C144			
Proyecto Zona Norte GAM			
Arena Tajo Orosi siglo XXI			
Malla (mm)	Malla nominal	% Ret.Acumulado	% Total Pasando
9,5	3/8 pulg.	0	100
4,75	#4	1	99
2,36	#8	8	92
1,18	#16	22	78
0,6	#30	37	63
0,3	#50	52	48
0,15	#100	64	36
0,075	#200	75	25
0	Charola	100	0
MF		1,84	

Microsoft Excel

Pegablok Tipo M Estructural

Cuadro 12. Análisis granulométrico de agregado fino, Pegablok, según ASTM C144

Pegablok Tipo M Estructural			
Malla (mm)	Malla nominal	% Ret.Acumulado	% Total Pasando
9,5	3/8 pulg.	0	100
4,75	#4	0	100
2,36	#8	0	100
1,18	#16	23	77
0,6	#30	56	44
0,3	#50	69	31
0,15	#100	77	23
0,075	#200	85	15
0	Charola	100	0
MF		2,24	

Microsoft Excel

Resultados obtenidos del ensayo para determinar la presencia de materia orgánica en agregado fino, ASTM C 40.

Proyecto Zona Oeste GAM

Una vez realizado el ensayo, la muestra presenta un color más claro que el color N° 1 de la placa orgánica Estándar, ver anexos.

Proyecto Zona Este GAM

Al realizar el ensayo, el color que presenta la muestra está entre el color N° 1 y N° 2 de la placa orgánica Estándar, ver anexos.

Proyecto Zona Sur GAM

Habiendo realizado el ensayo, la muestra presenta un color entre N° 1 y N° 2 de la placa orgánica estándar, ver anexos.

Proyecto Zona Central GAM

Al realizar el ensayo, se determinó mediante la observación que el color del líquido flotante de la muestra es más claro que el N° 1 de la placa orgánica estándar, ver anexos.

Proyecto Zona Norte GAM

Una vez se realizó la prueba, el líquido flotante de la muestra presenta un color más claro que el color N° 1 de la placa orgánica estándar, ver anexos.

Muestra Pegablok M Estructural

Habiendo realizado el ensayo, se encontró que el líquido flotante de la muestra presenta un color más claro que el color 1 de la placa orgánica estándar, ver anexos.

Resultado de ensayo de gravedad específica, densidad y porcentaje de absorción realizados al agregado utilizado en los proyectos que se tomaron en cuenta para desarrollar esta investigación:

Cuadro 13. Gravedad específica, densidad y porcentaje de absorción de los agregados utilizados en los proyectos					
Proyecto	Gba	Gbs	Gbss	Peso Unitario (kg/m³)	% Abs
Zona Oeste GAM	2,6	2,41	2,48	1460	3,1
Zona Este GAM	2,69	2,28	2,43	1510	6,7
Zona Sur GAM	2,69	1,83	2,15	1210	17,3
Zona Central GAM	2,67	2,02	2,26	1300	12,0
Zona Norte GAM	2,62	2,03	2,26	1240	11,1
Pegablok Tipo M Estructural	2,72	2,44	2,54	2450	4,2

Microsoft Excel

Ensayos realizados al mortero:

Resultados de los ensayos realizados al mortero preparado en laboratorio, utilizando el agregado proveniente del respectivo proyecto con una relación por volumen 1:3.

Cuadro 14. Resumen de los resultados obtenidos al mortero preparado en laboratorio de los proyectos evaluados								
Identificación del Proyecto	Esfuerzo promedio 28 días. Especif. 175 (Kgf/cm²)	% Flujo Especif. (110±5 %)	Relación A/C	Contenido de aire % Especif. máximo 12%	Retención de Agua % Especif. mínimo 75%	σ	C.V.	Representatividad
Oeste	181,3	108	0,65	3	48	1,1	0,6	Alta
Este	289,4	109	0,70	3	69	4,1	1,4	Alta
Sur	188,4	110	0,75	4	40	1,0	0,5	Alta
Central	181,4	106	0,80	3	74	1,0	0,6	Alta
Norte	184,7	112	0,75	4	44	1,8	1,0	Alta
Pegablok Tipo M Estructural	181,4	108	0,80	9,5	96	4,5	2,5	Alta

Microsoft Excel

Cuadro 15. Rendimiento de mortero preparado en obra				
Proyecto	Volumen aproximado de mortero preparado. (m³)	Espesor de mortero (mm)	Cantidad de bloques colocados por batida (unidades)	Tiempo aproximado de colocación (minutos)
Zona Oeste	0,15	15	58	90
Zona Este	0,15	15	56	90
Zona Sur	0,15	15	66	90
Zona Central	0,15	15	63	90
. Zona Norte	0,15	15	60	90
Pegablok Tipo M Estructural	0,15	15	66	75

Microsoft Excel

Resultado de los costos de mortero preparado en los diferentes proyectos evaluados durante la investigación y el Pegablok.

Cuadro 16. Costo de Preparar Mortero Tradicional y Pegablok		
Proyecto	Costo/batida	% Diferencia del Pegablok Tipo M Estructural Respecto al Mortero Tradicional
Zona Oeste GAM	□12 807,73	+11,5%
Zona Este GAM	□13 392,09	+16,6%
Zona Sur GAM	□13 571,31	+18,2%
Zona Central GAM	□13 562,76	+18,1%
Zona Norte GAM	□12 806,09	+11,5%
Pegablok Tipo M Estructural	□11 483,07	
Costo de preparar 1m³ de mortero		
Mortero Tradicional	□154 733,95	+7,85%
Pegablok Tipo M Estructural	□143 468,87	

Microsoft Excel

Resultado de los tiempos de fraguado del mortero preparado en laboratorio.

Cuadro 17. Tiempo de fraguado de los morteros evaluados en la investigación		
Proyecto	Fragua Inicial Especificación ASTM C266 100 a 341 min.	Fragua Final Especificación ASTM C266 239 a 561 min.
Zona Oeste GAM	75	180
Zona Este GAM	55	125
Zona Sur GAM	60	145
Zona Central GAM	60	130
Zona Norte GAM	90	185
Pegablok Tipo M Estructural	135	435

Cuadro 18. Síntesis de resultados a los ensayos evaluados durante el desarrollo de la investigación.

Proyecto	ASTM C 270	ASTM C 144	ASTM C 1506	ASTM C 185	ASTM C 109	ASTM C 117	ASTM C 40	Codificación	
								Cumple	No Cumple
Zona Este GAM	X	X	X	✓	✓	---	✓	✓	X
Zona Oeste GAM	X	X	X	✓	✓	---	✓	✓	X
Zona Sur GAM	X	X	X	✓	✓	---	✓	✓	X
Zona Norte GAM	X	X	X	✓	✓	---	✓	✓	X
Zona Central GAM	X	X	X	✓	✓	---	✓	✓	X
Pegablok Tipo M Estructural	✓	X	✓	✓	✓	---	✓	✓	X
Proyecto Zona Este GAM	Apartamentos en Condominio Gabriela, ubicado San Juan de Tres Ríos, arena proveniente de tajo Pocora								
Proyecto Zona Oeste GAM	Casa de habitación, ubicado en Alto de la Palomas Escazú, arena proveniente de tajo Holcim, Escazú.								
Proyecto Zona Sur GAM	Condominio Tirreno, ubicado en Alajuelita, arena proveniente de tajo de la empresa Meco.								
Proyecto Zona Norte GAM	Residencial Terra Forte, ubicado en Mercedes Sur de Heredia, arena proveniente de tajo Orosi								
Proyecto Zona Central GAM	Edificio de Apartamentos, ubicado en Guadalupe, arena proveniente de tajo CarCruz Coronado								
ASTM C 270	Especificación estándar para morteros de unidades de mampostería.								
ASTM C 144	Especificación para determinar la granulometría de los agregados para morteros de mampostería.								
ASTM C 117	Ensayo estándar para determinar el material más fino que pasa el tamiz n° 200, en el agregado.								
ASTM C 40	Ensayo estándar para determinar el contenido de materia orgánica en agregados finos.								
ASTM C 1506	Ensayo estándar para determinar la retención de agua en cementos hidráulicos para morteros.								
ASTM C 185	Ensayo estándar para determinar el contenido de aire en cementos hidráulicos para morteros.								
ASTM C 109	Ensayo estándar para determinar la compresión a muestras de 50x50 mm.								

Microsoft Excel

Análisis de los resultados

En éste apartado se presentan el análisis de los ensayos realizados a los agregados provenientes de los diferentes proyectos así como al mortero preparado utilizando dicho agregado, así como también las especificaciones que deben cumplir la arena y el mortero, de tal forma que exista fundamento en las conclusiones que se lleguen a tomar en ésta investigación.

Análisis al agregado

Análisis Granulométrico

En los cuadros del 18 al 23 se presenta los resultados obtenidos de granulometría para las arenas utilizadas en los diferentes proyectos que forman parte de la investigación, así también como la especificación solicitada por la Norma ASTM C 144 que debe cumplir el agregado a utilizar en la

preparación de un mortero de pega, cabe mencionar que la norma es muy específica al indicar que si el agregado analizado no cumple con los requerimientos de ésta, será correcto utilizarla si el agregado cumple con los demás solicitudes de la norma ASTM C 270, las cuales son:

- Retención de agua.
- Contenido de aire.
- Resistencia a la Compresión.

Para aceptar los resultados seguidamente mostrados se determinó el porcentaje de error que existe al realizar el ensayo, siendo el mayor error calculado de un 0,22 %, lo que indica la confiabilidad del resultado.

Proyecto Zona Oeste GAM

Cuadro 18. Análisis granulométrico Proyecto Zona Oeste GAM y especificación según ASTM C144				
Arena Manufacturada Holcim			Especificación según ASTM C 144	
Malla (mm)	Malla nominal	% Total Pasando	% Especificación mín.	% Especificación máx.
9.5	3/8 pulg.	100		
4.75	#4	100		100
2.36	#8	76	95	100
1.18	#16	48	70	100
0.6	#30	32	40	75
0.3	#50	21	20	40
0.15	#100	12	10	25
0.075	#200	6	0	10
0	Charola	0		
	MF:	3.12		

Microsoft Excel

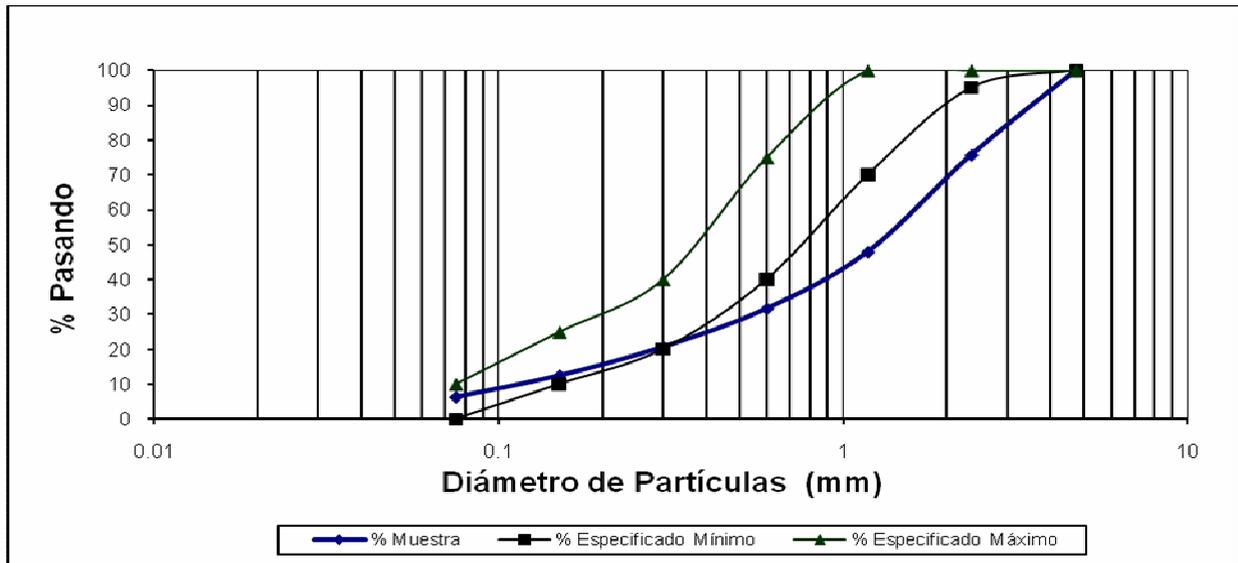


Figura 2. Curva Granulométrica agregado fino Proyecto Zona Oeste GAM, Microsoft Excel.

Con la información presentada en el cuadro 19, es posible determinar que el resultado de la arena utilizada en éste proyecto no cumple con los requerimientos que la norma ASTM C 144 solicita, esto es más evidente al observar la figura 2 que corresponde a la curva granulométrica del agregado, ya que ésta se mantiene por fuera del

rango permitido, también se puede mencionar que al analizar el modulo de finura (M.F) ésta arena se puede considerar como agregado medio grueso, sin embargo la especificación no indica un valor específico para el M.F.

Proyecto Zona Este GAM

Cuadro 19. Análisis granulométrico Proyecto Zona Este GAM y especificación según ASTM C 144				
Arena Tajo Pocora			Según ASTM C 144	
Malla (mm)	Malla nominal	% Total Pasando	% Especificación mín.	% Especificación máx.
9.5	3/8 pulg.	100		
4.75	#4	90		100
2.36	#8	69	95	100
1.18	#16	52	70	100
0.6	#30	39	40	75
0.3	#50	28	10	35
0.15	#100	19	2	15
0.075	#200	12	0	5
0	Charola	0		
	MF:	3,03		

Microsoft Excel

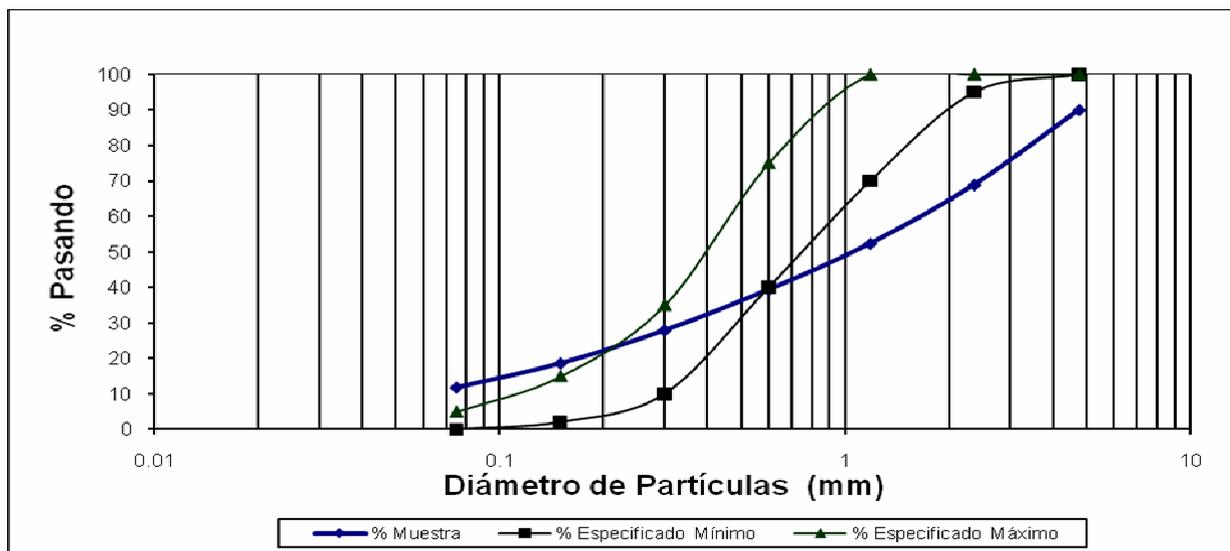


Figura 3. Curva Granulométrica agregado fino Proyecto Zona Este GAM, Microsoft Excel.

Es posible apreciar en el cuadro 20, la deficiencia que presenta la arena ensayada respecto a las especificaciones de la norma, sin embargo esto aún no permite determinar si la arena puede o no rechazarse como agregado para el mortero, ya

que es necesario realizar los demás ensayos que la norma ASTM C 270 especifica, observando la figura 3 queda más evidenciado la incorrecta graduación que presenta el agregado.

Proyecto Zona Sur GAM

Cuadro 20. Análisis granulométrico Proyecto Zona Sur GAM y especificación según ASTM C144				
Arena Tajo MECO			Según ASTM C 144	
Malla (mm)	Malla nominal	% Total Pasando	% Especificación mín.	% Especificación máx.
9,5	3/8 pulg.	100		
4,75	#4	89		100
2,36	#8	74	95	100
1,18	#16	61	70	100
0,6	#30	50	40	75
0,3	#50	38	10	35
0,15	#100	29	2	15
0,075	#200	22	0	5
0	Charola	0		
	MF	2,58		

Microsoft Excel

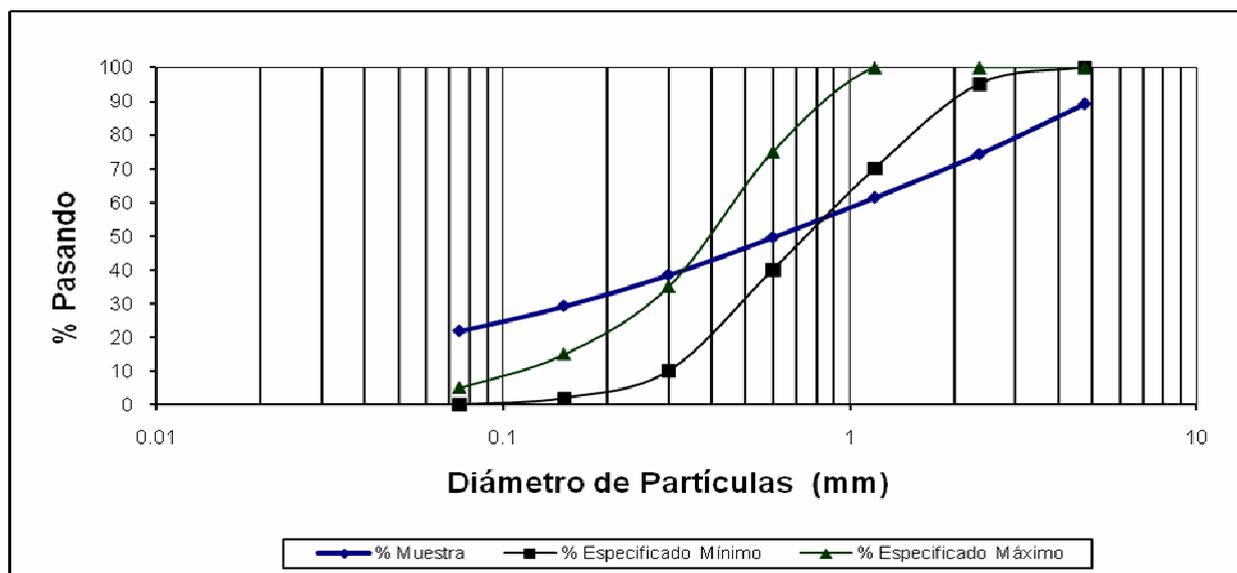


Figura 4. Curva Granulométrica agregado fino Proyecto Zona Sur GAM, Microsoft Excel.

De la misma manera, queda evidenciado la incorrecta graduación que presenta la arena en estudio, es posible interpretar que un agregado con imperfecta graduación presente problemas

en el desempeño final del mortero, esto será demostrado mas adelante en la investigación.

Proyecto Zona Central GAM

Arena Tajo Car Cruz, Coronado			Según ASTM C 144	
Malla (mm)	Malla nominal	% Total Pasando	% Especificación mín.	% Especificación máx.
9,5	3/8 pulg.	99		
4,75	#4	86		100
2,36	#8	73	95	100
1,18	#16	63	70	100
0,6	#30	53	40	75
0,3	#50	44	10	35
0,15	#100	38	2	15
0,075	#200	31	0	5
0	Charola	0		
	MF	2,45		

Microsoft Excel

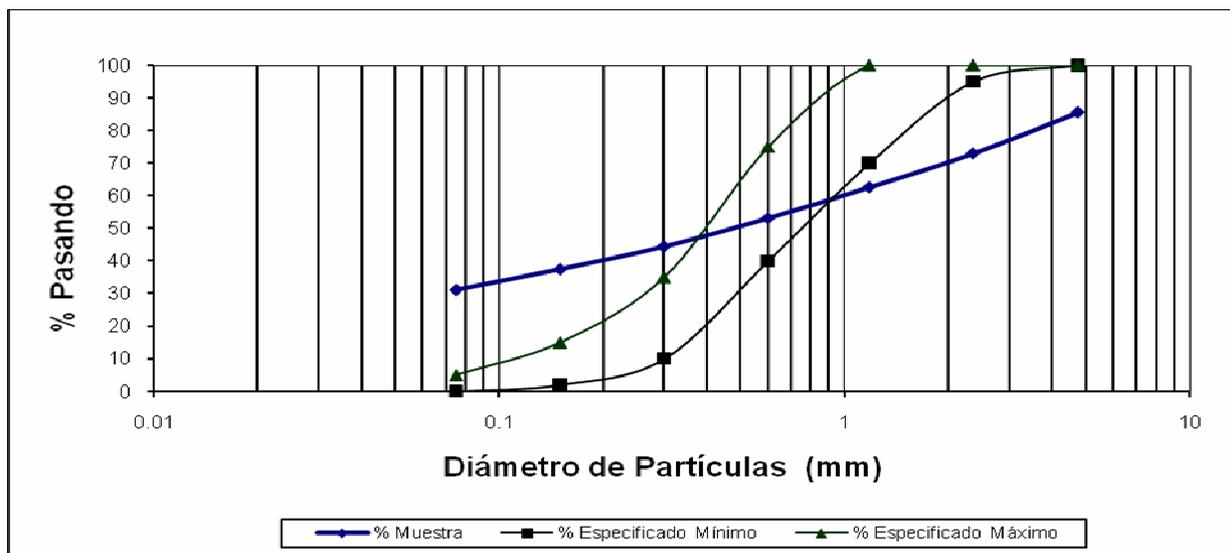


Figura 5. Curva Granulométrica agregado fino Proyecto Zona Central GAM, Microsoft Excel.

Una vez analizado el agregado y según lo mostrado en el cuadro 22, se presenta una irregularidad en la graduación, estando la misma; fuera del rango que permite la norma, al igual que en el agregado anterior, éste incumplimiento de la

norma no es factor determinativo para denegar el uso de ésta arena en la fabricación del mortero en lo referente al módulo de finura ésta arena se clasifica como arena medio fina.

Proyecto Zona Norte GAM

Cuadro 22. Análisis granulométrico Proyecto Zona Norte GAM y especificación según ASTM C144				
Arena Tajo Orosi			Según ASTM C 144	
Malla (mm)	Malla nominal	% Total Pasando	% Especificación mín.	% Especificación máx.
9,5	3/8 pulg.	100		
4,75	#4	99		100
2,36	#8	92	95	100
1,18	#16	78	70	100
0,6	#30	63	40	75
0,3	#50	48	10	35
0,15	#100	36	2	15
0,075	#200	25	0	5
0	Charola	0		
	MF	1,84		

Microsoft Excel

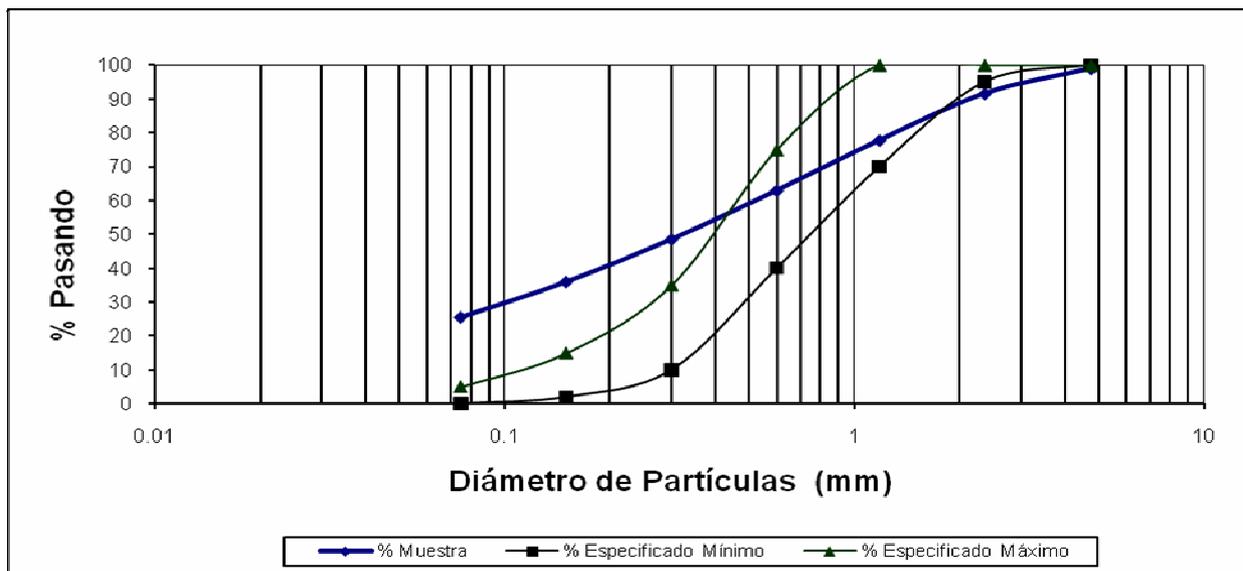


Figura 6. Curva Granulométrica agregado fino Proyecto Zona Norte GAM, Microsoft Excel.

Al realizar el análisis para éste agregado se presenta la misma inconsistencia presentada por los agregados anteriores, observando la figura 5 se muestra la curva granulométrica de la arena en estudio, dicha arena no sigue el parámetro que la norma solicita, pero es muy importante anotar nuevamente que éste no será considerado

factor determinante para denegar el uso del agregado en la fabricación del mortero, sin antes no realizar los demás ensayos, lo cuales serán presentados más adelante en ésta sección. Como se puede observar, ésta arena es la única que clasifica como arena muy fina

Muestra Pegablok M Estructural

Cuadro 23. Análisis granulométrico Pegablok Tipo M Estructural y especificación según ASTM C144				
			Según ASTM C 144	
Malla (mm)	Malla nominal	% Total Pasando	% Especificación mín.	% Especificación máx.
9,5	3/8 pulg.	100		
4,75	#4	100		100
2,36	#8	100	95	100
1,18	#16	77	70	100
0,6	#30	44	40	75
0,3	#50	31	20	40
0,15	#100	23	10	25
0,075	#200	15	0	10
0	Charola	0		
	MF	2,24		

Microsoft Excel

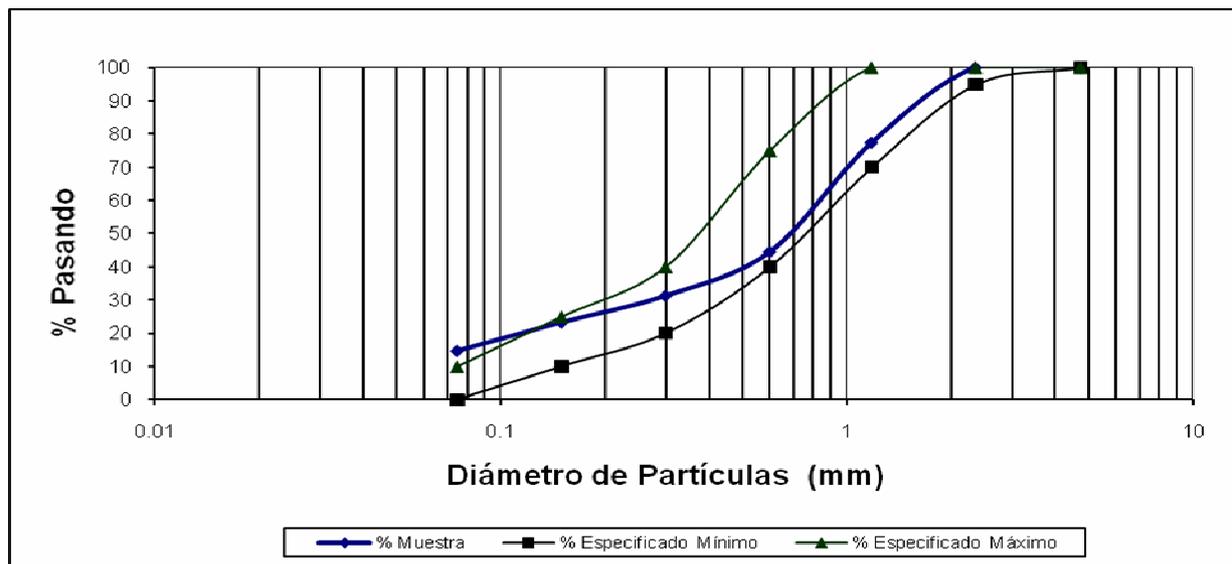


Figura 7. Curva Granulométrica agregado fino Pegablok Tipo M Estructural, Microsoft Excel.

Observando los resultados obtenidos en el cuadro 24, es posible determinar que si bien es cierto la arena empleada en la preparación del Pegablok no cumple con las solicitudes de la norma, al analizar la curva granulométrica que describe las proporciones de su conformación, la arena presenta una casi perfecta distribución de acuerdo a la solicitud de la norma, como se puede apreciar solo incumple una malla de las

Análisis del contenido de materia orgánica

Al observar en el capítulo anterior los resultados de éste ensayo, se puede considerar que el contenido de materia orgánica presente en los diferentes agregados que se utilizan en el área metropolitana para preparar morteros de pega de bloques de la manera tradicional, así como la arena utilizada en la preparación del mortero industrializado Pegablok Tipo M Estructural, no es perjudicial para el desempeño final del mortero, esto porque las muestras analizadas presentan colores mas claros y entre el color N° 1 y N° 2 de la placa orgánica Estándar según lo referente a la norma ASTM C 40.

Ésta norma expresa que si el agregado ensayado por éste método presenta un alto contenido de impurezas orgánicas el resultado será un color más oscuro que color N° 3 de la placa orgánica Estándar, de tal forma que los

siete evaluadas equivalente a un 14,3%, considerándose esto como una arena apta para preparar el mortero y según el MF la arena se clasifica como fina de igual manera será necesario la realización de los demás ensayos solicitados en la norma ASTM C 270 para conocer la influencia que tiene la granulometría en el desempeño del mortero.

agregados son aptos para utilizarse como agregado para conformar el mortero de pega tradicional.

Análisis de gravedad específica, peso unitario, porcentaje de humedad y absorción

En el cuadro 13 en la sección de resultados se presentan los valores obtenidos para estas propiedades del agregado.

Sin embargo, en las normas ASTM no existen requerimientos mínimos que deben cumplirse al considerar una arena apta para utilizarse en la conformación de un mortero, por lo que no se realiza comparación alguna entre valores recomendados y los obtenidos del propio ensayo.

Estos valores fueron determinados para conocer las condiciones propias que presenta cada arena y con esto, utilizarse como posible dato a la hora de realizar algún diseño de mezcla

de morteros sin embargo la gravedad específica bruta (G_{BS}) es un indicador de la calidad del agregado; si tiene un valor bajo, el agregado muy probablemente presente alta porosidad, absorción y debilidad. Para los agregados analizados en campo el G_{BS} más alto corresponde al agregado del Proyecto de la Zona Oeste; tajo Holcim con un G_{BS} 2,41 y el más bajo al agregado del Proyecto de la Zona Sur; tajo Meco con un G_{BS} 1,83 con lo que se puede esperar valores altos de absorción, lo que se confirma ya que respectivamente los valores presentados por estos son de %Abs: 3,05 y 17,33.

Por su parte la arena utilizada para conformar el Pegablok Tipo M Estructural por ser una arena manufacturada presenta valores similares al agregado de Holcim, con un G_{BS} 2,44 y un % Abs: 4,23 indicando la calidad del agregado. Es importante recordar que el agregado del tajo Holcim corresponde a una arena manufacturada procedente de la trituración de rocas y clasificación por tamizado, de ahí la buena calidad mostrada.

Análisis del material más fino que la malla N° 200

Observando los cuadros 27, 30, 33, 36, 39 y 41, en la sección de resultados, es posible interpretar que de los cinco proyectos en estudio el 80% (4 de ellos), las arenas utilizadas presentan altos contenidos de material más fino que la malla N° 200 hasta un 31%, éste exceso de material fino es perjudicial en el mortero, ya que reduce la resistencia a la compresión, porque es necesario agregar mayor cantidad de agua para lograr la trabajabilidad deseada, por ende hay un aumento en la relación agua cemento (a/c), así mismo, provoca la aparición de fisuras por retracción en el mortero.

Si bien es cierto en la norma ASTM C 117 no se especifica un parámetro con el cual comparar los resultados obtenidos, la versión INTE 06-03-04-08 de la norma ASTM C 270, en el anexo A indica el efecto del exceso de material fino en las propiedades del mortero, éste efecto es el antes mencionado.

Análisis del mortero

Éste apartado corresponde al análisis de resultados obtenidos a los diferentes ensayos realizados al mortero, así como a las cubos de mortero de 50 mm de lado, que fueron tomados tanto de los proyectos en estudio, como su respectiva reproducción bajo condiciones controladas en el laboratorio de la empresa INTACO, manteniendo en general para todos los proyectos una dosificación por volumen de una parte de cemento por tres partes de arena.

En general, la comparación en términos resistencia a la compresión de los morteros tradicionales versus el mortero industrializado Pegablok Tipo M Estructural, se realizó en dos ambientes:

- Mortero preparado en campo.
- Mortero preparado en laboratorio.

En lo que corresponde al mortero preparado en campo, se tomaron las muestras de mortero y se moldearon en el sitio, esto para mantener las características y propiedades del mortero que se utiliza en la obra, estos especímenes fueron curados, transportados y almacenados en el cuarto húmedo del laboratorio siguiendo el procedimiento que la Norma ASTM C 511 indica.

Para realizar la comparación entre los resultados obtenidos en la resistencia del mortero tanto de muestras obtenidas de campo como en laboratorio, se toma como referencia la norma INTE 06-03-04-08 (Especificaciones del mortero para unidades de mampostería), ya que ésta es la adaptación de la Norma ASTM C 270 que el CSCR -02, en el apartado de Anexos, refiere a las proporciones de materiales para conformar el mortero según la clase de mampostería a utilizarse.

Las Normas INTE son de uso voluntario, esto quiere decir que las resistencias que se especifican en éste documento, no son obligatorias de alcanzar en la obra pero si son valores deseables de cumplir. Sin embargo éste es el único documento técnico nacional que actualmente define las resistencias que deben de cumplir los morteros de pega de mampostería, según su clase, (Informe de Mampostería CFIA, 2009).

Para el mortero preparado en laboratorio, se mantuvo la dosificación por volumen de una parte de cemento por tres partes de arena, manteniendo como parámetro común para dichos morteros llevarlos a la condición de flujo ($110 \pm 5\%$) especificada en la norma ASTM C 109.

Los resultados obtenidos de esfuerzo de compresión para los morteros preparados en campo se presentan en el cuadro 25, junto con la especificación a lo 28 días que el CSCR-02 indica para los morteros de pega tipo A.

Cuadro 24. Resultados de esfuerzo de compresión			
Proyecto	Compresión Especificada a las 28 días (kg/cm²)	Esfuerzo compresión Muestra Campo a 28 días (kg/cm²)	Esfuerzo compresión Muestra Laboratorio a 28 días (kg/cm²)
Zona Oeste	175	278,1	181,3
Zona Este		317,0	289,4
Zona Sur		305,3	188,4
Zona Central		191,7	181,4
Zona Norte		302,1	184,7
Pegablok Tipo M Estructural		181,3	180,4

Microsoft Excel

Al analizar los resultados obtenidos en las muestras de mortero de campo, es posible notar que la diferencia respecto a la solicitud del Código Sísmico de Costa Rica para un mortero tipo A, es hasta 180 % mayor para el mortero de la Zona Este, que la solicitud propia, éste aumento se debe a que en las dosificaciones utilizadas 1:3 en la mayoría de los proyectos la cantidad de cemento utilizada es mayor que la reportada en la dosificación, aumentando el costo de la mezcla de mortero. Así como la consistencia en la que se emplea el mortero aunque no se determinó el flujo, por observaciones puede indicarse que contiene menos humedad que la obtenida en laboratorio, influyendo directamente en la resistencia a la compresión.

De igual forma, al observar el patrón en los demás proyectos y sabiendo que las dosificaciones fueron las mismas (1:3), realizadas en laboratorio, se puede mencionar que el aumento en la resistencia a la compresión que presenta el mortero del proyecto de la Zona Este, puede deberse a las fluctuaciones en la calidad que presenta el cemento en nuestro país.

De lo anterior y según el estudio realizado por Khalaf (1996), aumentar el esfuerzo de resistencia a la compresión de un mortero tiene un efecto insignificante sobre el valor del esfuerzo de la mampostería, con esto se quiere

recaltar que la resistencia de un muro de mampostería, está dado por la resistencia de los bloques y no por la del mortero utilizado.

De la misma forma se analizan los resultados de los morteros preparados en laboratorio, utilizando la dosificación 1:3, pero donde el control respecto a los volúmenes utilizados para conformar el mortero fueron estrictamente vigilados, estos morteros fueron preparados siguiendo la norma ASTM C 109, con los que se obtuvieron los resultados expuestos en el cuadro 25, donde el 100% de las muestras de mortero incluyendo el Pegablok Tipo M Estructural, cumplen con la solicitud de la norma.

En el cuadro 14, se presentan los resultados obtenidos una vez realizados los ensayos al mortero, en donde el 100% de los morteros incluyendo el Pegablok Tipo M Estructural cumple el ensayo de contenido de aire que es un 12%, en donde los morteros de campo mantienen bajos porcentajes (3%), mientras que el Pegablok presenta 9,5%, por su parte en el ensayo de retención de agua solo el Pegablok supera la solicitud de la norma INTE 06-03-04-08, de modo que se confirma con el ensayo de la retención de agua la afectación directa que tiene la deficiente granulometría presentada en las arenas evaluadas de las construcciones.

En el cuadro 17 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de fragua realizado tanto al mortero tradicional como al Pegablok Tipo M Estructural, la fragua en un mortero, va a depender de varios factores tales como las condiciones de temperatura de obra, la cantidad de cemento que tenga la mezcla, o bien algún aditivo incorporado.

Conocer a nivel de laboratorio, los tiempos de fragua en el mortero permite tener una referencia del tiempo en el cual el mortero permite trabajabilidad sin antes iniciar con el endurecimiento del mismo, analizando el cuadro 17 la fragua inicial en los morteros tradicionales se da hasta en un 55% menor tiempo que el Pegablok Tipo M Estructural, con esto se verifica que el mortero Pegablok permite mayor trabajabilidad que el mortero tradicional.

Análisis de costos y observaciones cualitativas de campo

La creencia equivocada por parte de los albañiles y encargados de obra, de que un producto industrializado resulta ser más costoso que prepararlo de la manera tradicional, se vio confirmado durante el desarrollo de ésta investigación, ya que en la mayoría de las construcciones visitadas los albañiles afianzados en su conocimiento y sin haber realizado algún tipo de cálculo para evaluar lo que aseguran, se mostraron apáticos ante un nuevo producto. Al evaluar los costos de las tareas que influyen en la preparación del mortero tradicional, se presenta en el apartado de los resultados el cuadro 16, donde se puede observar que los costos de preparar una batida dosificación 1:3 (1 saco de cemento y tres pies cúbicos de arena) indican un 15,9% más costoso en la Zona Central, la preparación del mortero tradicional versus la del Pegablok M, contradiciendo la creencia, ya que en la mayoría de los casos los encargados de obra y albañiles limitan éste costo a los materiales, sin tomar en cuenta que también se debe considerar tareas como zarandear la arena si es gruesa, que en la dosificación de los materiales se requieren a parte del albañil y el ayudante de éste, dos peones los cuales se encargan de medir los materiales y depositarlos en la batidora, éste personal adicional podría realizar otras tareas que aumenten la velocidad de avance del proyecto.

Asimismo es importante mencionar que el material procedente de la cantera o bien el depósito de materiales involucra un costo por transporte, que no es tomado por los encargados de obra en el momento de especular sobre cuál mortero resulta más económico, adicionado a estos, el desgaste y esfuerzo humano durante la preparación del mortero tradicional también son factores que no se evalúan por parte de los encargados de obra o en su defecto los albañiles.

De igual forma se realizó el análisis del costo de producir un metro cúbico de mortero en donde la diferencia está a favor del mortero hecho en sitio en un 3,60% respecto al mismo

volumen preparado de Pegablok Tipo M Estructural, pero es sabido que el volumen de mortero preparado en una sola batida no alcanza el metro cúbico, ya que el mortero tradicional se prepara por volúmenes pequeños durante todo el día en el proyecto, de modo que el beneficio en costo y tiempo al final de la obra son bastante marcados al utilizar el producto industrializado.

Como parte de las observaciones de campo realizadas en los proyectos evaluados en lo que respecta a la preparación del mortero hecho en sitio se obtuvieron como promedio tiempos de 25 minutos para preparar una batida de mortero (1 saco de cemento y 3 pies cúbicos de arena), éste tiempo consiste en realizar tareas que van desde realizar el conocido proceso de zarandeo de la arena, medición de los materiales; tarea que en la mayoría de los proyectos se realiza con una cubeta de cinco galones, práctica no recomendada por el hecho que se da una variación de los volúmenes de material medido, ya que como bien es conocido lo recomendable sería utilizar el pie cúbico de 30,48 cm. de lado.

También el hecho de que un saco de cemento ocupa un volumen mayor a un pie cúbico, específicamente 1,25 pie³ de cemento, por lo que la dosificación va alterada desde un principio.

Se realizó una medición en los tiempos de colocación de los bloques para una batida de mortero, obteniéndose tiempos similares aproximadamente de 80 a 90 minutos para colocar 60 bloques en promedio, se debe dejar claro que no puede ser tomado como referencia ya que en las obras cuando hay inspección la dedicación en las tareas es mayor, de modo que los tiempos se reducen.

Como parte de la información recopilada de los albañiles en los proyectos que se dejó de utilizar el mortero tradicional y pasó a emplearse el mortero industrializado Pegablok Tipo M Estructural. Ellos comentaron que el mortero es más trabajable y tiene mejor consistencia que el mortero dosificado en sitio, así como que permite mayor tiempo de manipulación.

Conclusiones

El siguiente apartado presenta las conclusiones y recomendaciones respectivas a los objetivos propuestos, los cuales se desarrollaron respecto a los ensayos realizados así como el respectivo análisis:

Respecto al objetivo general se logra mostrar que el Pegablok Tipo M Estructural, el cual es un mortero de producción industrial con certificado de calidad, presenta ventajas tanto en propiedades físicas y mecánicas respecto a un mortero de fabricación en obra, lo cual beneficia las labores realizadas diariamente en los proyectos de construcción en el país.

De acuerdo a los objetivos específicos se concluye lo siguiente:

Los agregados finos utilizados en los diferentes proyectos así como la arena de conformación del Pegablok, presentan incongruencias en su granulometría. El 80% de las arenas estudiadas en las diferentes construcciones, presenta altos contenidos de material más fino pasando la malla 200. En todos los casos las mismas no cumplen con los porcentajes pasando especificados en la norma ASTM C144, que traducido al mortero implica la utilización de una mayor cantidad de agua para obtener la consistencia requerida para su utilización.

La mayor relación agua/cemento a/c: 0,80 para alcanzar el flujo $110 \pm 5\%$, se dio en el agregado del Zona Central del GAM, mientras que la menor fue en el agregado de la Zona Oeste con una relación a/c: 0,65, justificando el exceso y menor porcentaje de finos presente en las arena respectivamente.

El 60% de las arenas utilizadas presentan altos porcentajes de absorción (>11%), indicando ser materiales porosos. Lo cual se confirma con los pesos unitarios determinados.

Los morteros evaluados tanto en laboratorio como en campo, superan las especificaciones que la norma ASTM C 109 indica en cuanto a la resistencia a la compresión.

El 100 % de los morteros evaluados en las construcciones pueden clasificarse como tipo A, siendo la comparación con el mortero Pegablok Tipo M Estructural la más cercana.

Al comparar los resultados de resistencia a la compresión obtenidos en campo respecto a los de laboratorio, se evidencia el deficiente control por parte de los responsables de obra en cuanto a las dosificaciones para obtener el mortero, lo que se ve reflejado en un mayor costo del mortero hecho en sitio.

Las deficiencias presentadas en el 100% de los morteros hechos en sitio en cuanto a granulometría se ven reflejadas en una de las propiedades en estado plástico más importantes según la norma ASTM C270. Éstas son la retención de agua, ninguno de los morteros evaluados superó el ensayo, sin embargo éste solo fue superado por el Pegablok Tipo M Estructural, debido a los aditivos.

Utilizar un mortero de superior resistencia a la compresión que la solicitada por el CSCR-02, no implica que la pared o muro obtengan mayor resistencia a la compresión, ya que ésta va a ser determinada por el bloque.

Respecto al material orgánico presente en la muestra tanto para el Pegablok Tipo M Estructural como las arenas de los proyectos, se logró determinar que los contenidos de éste no son perjudiciales para el desempeño final del mortero.

En el 100% de los proyectos evaluados, los tiempos de preparación de mortero alcanzan los 25 minutos por batida de mortero preparada (1 saco cemento: 3 pies cúbicos de arena), en lo que respecta al Pegablok Tipo M Estructural se requiere de 10 a 12 minutos para mezclar los 3 sacos de mortero que igualan en volumen al mortero tradicional.

El tiempo de 134 minutos de fragua inicial que presenta el mortero Pegablok permite mayor lapso de instalación de la mampostería y cumple con la norma ASTM C 266, no así los tiempos de 55 minutos presentados en los morteros

tradicionales, ya que la norma indica un tiempo mínimo para alcanzar la fragua de 100 minutos.

Si bien es cierto, la combinación granulométrica utilizada en el agregado para la fabricación del producto industrializado de la marca INTACO Pegablok Tipo M Estructural, no cumple con los porcentajes pasando de la norma ASTM C144, la arena es superior a la que se utiliza en las construcciones evaluadas, puede observarse esto en los resultados, que la arena del Pegablok Tipo M Estructural, solo incumple una malla del tamizado.

Utilizar un mortero pre elaborado, ayuda a disminuir el esfuerzo físico en el personal que prepara las mezclas de mortero, ya que estos se evitan tareas como zarandear arenas, acarreo de materiales, porque solo se requiere utilizar agua y mezclar.

El costo de preparar una batida de mortero Pegablok Tipo M Estructural es hasta un 18,2% (¢2,088.24) más económico que hacerlo de la manera tradicional. Sin embargo si el volumen preparado es un metro cúbico la diferencia es de un 7,85% (¢ 10,383.44), más económico el mortero industrializado, pero no es usual preparar volúmenes de mortero mayores a 1 m³.

Recomendaciones

Es importante realizar un mayor esfuerzo de investigación en el país en el tema del mortero de pega de bloques de concreto, sobretodo en cuanto a adherencia del mortero al bloque.

Será una función del encargado de obra velar por que los materiales que se utilicen en el proyecto cumplan con los requerimientos del reglamento nacional.

El control de calidad que se da en los proyectos es una de las funciones del Ingeniero de obra, por lo que éste deberá tomar las consideraciones.

A la hora de dosificar los materiales, es importante que se cuente con las herramientas y equipos necesarios para que los volúmenes empleados sean los correctos y no influyan negativamente en el resultado final.

Se debe controlar la dosificación del cemento en el mortero hecho en sitio, ya que está evidenciada una sobre dosificación. En éste sentido, el uso de morteros industrializados es altamente recomendado ya que éstos optimizan los materiales utilizados en la fabricación del mortero y homogenizan las propiedades.

La práctica común que se tiene en los proyectos de preparar volúmenes excesivos de mortero respecto a la velocidad de utilización de éste, debería ser analizada por el encargado de obra, en vista de que los tiempos extensos de mezclado provocan segregación del material, inclusión de aire entre otros factores adversos.

Una práctica común observada en todos los proyectos, es que una vez que el mortero se vuelve poco trabajable por pérdida de humedad, se agregan "ajustes" de agua, esto como ya se conoce es un error ya que el mortero al iniciar el endurecimiento y luego ser mezclado nuevamente va perdiendo propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión, por lo tanto evitar ésta práctica.

Se debe evaluar el agregado, si éste no cumple con el requerimiento de la respectiva norma, se deberá hacer por parte del ingeniero una combinación de agregados.

demás propiedades que indica la norma ASTM C 270.

Debido a que el agregado que se utiliza en la fabricación de mortero hecho en sitio siempre queda expuesto a factores climáticos como la lluvia y el viento afectando sus características, estos deberían ser cubiertos por una lona para evitar éste problema.

En el mercado existen diferentes opciones de morteros industrializados para la pega de bloques, sin embargo se sugiere a los profesionales encargados de obra que evalúen el desempeño de estos mediante análisis de laboratorio para conocer sus capacidades.

Apéndices

Los siguientes cuadros corresponden a los resultados obtenidos para todos los ensayos realizados tanto al agregado obtenido de los proyectos como del mortero preparado a partir de éste agregado.

De los cuadros 26 al 53, se presentan los resultados de los ensayos de granulometría, contenido de humedad, material más fino que la malla #200, gravedad específica, realizados al

agregado utilizado en la evaluación, tanto de los proyectos de construcción, como del Pegablok.

Seguidamente, se presentan los cuadros 55 al 66, correspondiente a los ensayos de resistencia a la compresión, contenido de aire, retención de agua y flujo realizado al mortero preparado en laboratorio, con las que se valoran las propiedades físicas del mortero, tanto Pegablok como hecho en obra

Proyecto Zona Oeste GAM

Cuadro 25. Análisis granulométrico completo del agregado fino, Proyecto Zona Oeste GAM, según ASTM C 144							
Arena Tajo empresa Holcim			W _{inicial} = 397,8 g			Según ASTM C 144	
Malla (mm)	Malla nominal	Peso Retenido (±0,1g)	% Retenido	% Ret.Acumulado	% Total Pasando	% Especificación min.	% Especificación máx.
9.5	3/8 pulg.	0	0	0	100		
4.75	#4	0,2	0	0	100		100
2.36	#8	96,4	26	26	76	95	100
1.18	#16	110,8	30	56	48	70	100
0.6	#30	64,7	17	73	32	40	75
0.3	#50	43,7	12	85	21	20	40
0.15	#100	32,5	9	93	12	10	25
0.075	#200	24,6	7	100	6	0	10
0	Charola	24,9	0	100	0		
	Total (g)	397,8	MF:	3.12			

Microsoft Excel

Cuadro 26. Humedad total agregado Proyecto Zona Oeste GAM (ASTM C 566)		
Peso Muestra Original + Recipiente ($\pm 0,1g$)	499,6	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	87,2	g
Peso Muestra Original ($\pm 0,1g$)	412,4	g
Peso Muestra seca + Recipiente ($\pm 0,1g$)	485	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	87,2	g
Peso Muestra seca ($\pm 0,1g$)	397,8	G
Humedad Total: % H =		3,6

Microsoft Excel

Cuadro 27. Contenido de material más fino pasando la malla #200, agregado Proyecto Zona Oeste GAM (ASTM C 117)		
Peso seco original de la muestra + recipiente ($\pm 0,1g$)	485	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	87,2	g
Peso Muestra Original ($\pm 0,1g$)	397,8	g
Peso seco de la muestra lavada + recipiente ($\pm 0,1g$)	460,5	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	87,2	g
Peso seco de la Muestra lavada ($\pm 0,1g$)	373,3	g
% más fino que la malla #200 por lavado		6,6

Microsoft Excel

Proyecto Zona Este GAM

Cuadro 28. Análisis granulométrico completo del agregado fino, Proyecto Zona Este GAM, según ASTM C 144							
Arena Tajo Pocora.		$W_{inicial} =$	439,6	g	Según ASTM C 144		
Malla (mm)	Malla nominal	Peso Retenido ($\pm 0,1g$)	% Retenido	% Ret.Acumulado	% Total Pasando	% Especificación min.	% Especificación máx.
9.5	3/8 pulg.	0	0	0	100		
4.75	#4	43,9	10	10	90		100
2.36	#8	92,7	21	31	69	95	100
1.18	#16	72,7	17	48	52	70	100
0.6	#30	56,9	13	61	39	40	75
0.3	#50	50,3	11	72	28	10	35
0.15	#100	40,9	9	81	19	2	15
0.075	#200	30	7	88	12	0	5
0	Charola	51,6	12	100	0		
	Total (g)	439,0	MF:	3,03			

Microsoft Excel

Cuadro 29. Humedad total agregado Proyecto Zona Este GAM (ASTM C 566)		
Peso Muestra Original + Recipiente ($\pm 0,1g$)	536,3	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	41,8	g
Peso Muestra Original ($\pm 0,1g$)	494,5	g
Peso Muestra seca + Recipiente ($\pm 0,1g$)	481,4	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	41,8	g
Peso Muestra seca ($\pm 0,1g$)	439,6	g
Humedad Total: % H=		12,5

Microsoft Excel

Cuadro 30. Contenido de Material más Fino pasando la malla #200, agregado Proyecto Zona Este GAM (ASTM C 117)		
Peso seco original de la muestra + recipiente ($\pm 0,1g$)	481,5	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	41,8	g
Peso Muestra Original ($\pm 0,1g$)	439,6	g
Peso seco de la muestra lavada + recipiente ($\pm 0,1g$)	431,6	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	41,8	g
Peso seco de la Muestra lavada ($\pm 0,1g$)	389,8	g
% más fino que la malla #200 por lavado		11,3

Microsoft Excel

Proyecto Zona Sur GAM

Cuadro 31. Análisis granulométrico completo del agregado fino, Proyecto Zona Sur GAM, según ASTM C144							
Proyecto Zona Sur GAM.							
Arena Tajo MECO		$W_{inicial} = 367,3$ g				Según ASTM C 144	
Malla (mm)	Malla nominal	Peso Retenido ($\pm 0,1g$)	% Retenido	% Ret.Acumulado	% Total Pasando	% Especificación min.	% Especificación máx.
9,5	3/8 pulg.	0,0	0	0	100		
4,75	#4	39,7	11	11	89	100	100
2,36	#8	54,8	15	26	74	95	100
1,18	#16	47,4	13	39	61	70	100
0,6	#30	43,5	12	50	50	40	75
0,3	#50	41,1	11	62	38	10	35
0,15	#100	34,1	9	71	29	2	15
0,075	#200	27,2	7	78	22	0	5
0	Charola	80,3	22	100	0		
Total (g)		368,1	MF	2,58			

Microsoft Excel

Cuadro 32. Humedad total agregado Proyecto Zona Sur GAM (ASTM C 566)		
Peso Muestra Original + Recipiente ($\pm 0,1g$)	499,1	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	91,2	g
Peso Muestra Original ($\pm 0,1g$)	407,9	g
Peso Muestra seca + Recipiente ($\pm 0,1g$)	458,5	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	91,2	g
Peso Muestra seca ($\pm 0,1g$)	367,3	g
Humedad Total: % H =		11,1

Microsoft Excel

Cuadro 33. Contenido de material más fino pasando la malla #200, Proyecto Zona Sur GAM (ASTM C 117)		
Peso seco original de la muestra + recipiente ($\pm 0,1g$)	458,5	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	91,2	g
Peso Muestra Original ($\pm 0,1g$)	367,3	g
Peso seco de la muestra lavada + recipiente ($\pm 0,1g$)	380,6	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	91,2	g
Peso seco de la Muestra lavada ($\pm 0,1g$)	289,4	g
% más fino que la malla #200 por lavado		21,2

Microsoft Excel

Proyecto Zona Central GAM

Cuadro 34. Análisis completo granulométrico del agregado fino, Proyecto Zona Central GAM, según ASTM C144							
Proyecto Zona Central GAM							
Arena Tajo Coronado		$W_{inicial} =$		378,6	g	Según ASTM C 144	
Malla (mm)	Malla nominal	Peso Retenido ($\pm 0,1g$)	% Retenido	% Ret.Acumulado	% Total Pasando	% Especificación mín.	% Especificación máx.
9,5	3/8 pulg.	4,6	1	1	99		
4,75	#4	49,9	13	14	86	100	100
2,36	#8	47,7	13	27	73	95	100
1,18	#16	39,2	10	37	63	70	100
0,6	#30	36,0	10	47	53	40	75
0,3	#50	32,8	9	56	44	10	35
0,15	#100	26,3	7	62	38	2	15
0,075	#200	23,9	6	69	31	0	5
0	Charola	118,3	31	100	0		
	Total (g)	378,7	MF	2,45			

Microsoft Excel

Cuadro 35. Humedad total agregado Proyecto Zona Central GAM (ASTM C 566)		
Peso Muestra Original + Recipiente ($\pm 0,1g$)	500,2	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	92,7	g
Peso Muestra Original ($\pm 0,1g$)	407,5	g
Peso Muestra seca + Recipiente ($\pm 0,1g$)	471,3	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	92,7	g
Peso Muestra seca ($\pm 0,1g$)	378,6	g
	Humedad Total: %H=	7,6

Microsoft Excel

Cuadro 36. Contenido de Material más Fino que la malla #200, agregado Proyecto Zona Central GAM (ASTM C 117)		
Peso seco original de la muestra + recipiente ($\pm 0,1g$)	471,3	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	92,7	g
Peso Muestra Original ($\pm 0,1g$)	378,6	g
Peso seco de la muestra lavada + recipiente ($\pm 0,1g$)	354,2	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	92,7	g
Peso seco de la Muestra lavada ($\pm 0,1g$)	261,5	g
	% más fino que la malla #200 por lavado	30,9

Microsoft Excel

Proyecto Zona Norte GAM

Cuadro 37. Análisis granulométrico completo del agregado fino Proyecto Zona Norte GAM, según ASTM C144							
Proyecto Zona Norte GAM							
Arena Tajo Orosi		$W_{inicial} =$		366,5	g	Según ASTM C 144	
Malla (mm)	Malla nominal	Peso Retenido ($\pm 0,1g$)	% Retenido	% Ret.Acumulado	% Total Pasando	% Especificación mín.	% Especificación máx.
9,5	3/8 pulg.	0	0	0	100		
4,75	#4	3,7	1	1	99	100	100
2,36	#8	27,2	7	8	92	95	100
1,18	#16	50,6	14	22	78	70	100
0,6	#30	54,5	15	37	63	40	75
0,3	#50	53,1	14	52	48	10	35
0,15	#100	46,1	13	64	36	2	15
0,075	#200	38,4	10	75	25	0	5
0	Charola	93,5	25	100	0		
	Total (g)	367,1	MF	1,84			

Microsoft Excel

Cuadro 38. Humedad total agregado Proyecto Zona Norte GAM (ASTM C 566)		
Peso Muestra Original + Recipiente ($\pm 0,1g$)	480,1	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1 g$)	89,5	g
Peso Muestra Original ($\pm 0,1g$)	390,6	g
Peso Muestra seca + Recipiente ($\pm 0,1g$)	456	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	89,5	g
Peso Muestra seca ($\pm 0,1g$)	366,5	g
Humedad Total: %H =		6,6

Microsoft Excel

Cuadro 39. Contenido de material más fino pasando la malla #200, agregado Proyecto Zona Norte GAM (ASTM C 117)		
Peso seco original de la muestra + recipiente ($\pm 0,1g$)	456	g
Peso recipiente ($\pm 0,1g$)	89,5	g
Peso muestra original ($\pm 0,1g$)	366,5	g
Peso seco de la muestra lavada + recipiente ($\pm 0,1g$)	366,1	g
Peso Recipiente ($\pm 0,1g$)	89,5	g
Peso seco de la Muestra lavada ($\pm 0,1g$)	276,6	g
% más fino que la malla #200 por lavado		24,6

Microsoft Excel

Muestra Pegablok tipo M estructural

Cuadro 40. Análisis granulométrico completo del agregado fino, Pegablok Tipo M Estructural, según ASTM C144							
Pegablok Tipo M Estructural						Según ASTM C 144	
Malla (mm)	Malla nominal	Peso Retenido $\pm 0,1(g)$	% Retenido	% Ret.Acumulado	% Total Pasando	% Especificación mín.	% Especificación máx.
9,5	3/8 pulg.	0	0	0	100		
4,75	#4	0	0	0	100	100	100
2,36	#8	0	0	0	100	95	100
1,18	#16	90,4	23	23	77	70	100
0,6	#30	131,6	33	56	44	40	75
0,3	#50	53	13	69	31	20	40
0,15	#100	32,1	8	77	23	10	25
0,075	#200	34,3	9	85	15	0	10
0	Charola	58,4	15	100	0		
	Total (g)	399,8	MF	2,24			

Microsoft Excel

Cuadro 41. Contenido de material más fino pasando la malla #200, agregado Pegablok Tipo M Estructural (ASTM C 117)		
Peso seco original de la muestra + recipiente (±0,1g)	540,1	g
Peso recipiente (±0,1g)	89,9	g
Peso muestra original (±0,1g)	450,2	g
Peso seco de la muestra lavada + recipiente (±0,1g)	442,8	g
Peso recipiente (±0,1g)	89,9	g
Peso seco de la muestra lavada (±0,1g)	352,9	g
	% más fino que la malla #200 por lavado	21,6

Microsoft Excel

Resultados obtenidos del ensayo para determinar la gravedad específica y porcentaje de absorción en agregados finos, ASTM C 128.

Cuadro 42. Gravedades específicas Proyecto Zona OESTE GAM		
Gravedad Específica Aparente		
Gba=	$\frac{A}{(B+A-C)} =$	2,60
A=	Peso seco de la muestra	459,47 g
B=	Peso picnómetro lleno de agua	675,35 g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	957,8 g
Gravedad Específica Bruta		
GBs=	$\frac{A}{(B+D-C)} =$	2,41
A=	Peso seco de la muestra	459,47 g
B=	Peso picnómetro lleno de agua	675,35 g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	957,8 g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	473,47 g
Gravedad Específica Condición de Superficie Saturada Seca		
GBSS=	$\frac{D}{(B+D-C)} =$	2,48
B=	Peso picnómetro lleno de agua	675,35 g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	957,8 g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	473,47 g
Porcentaje de Absorción		
% Absor=	$\frac{(D-A)}{A} * 100 =$	3,05
A=	Peso seco de la muestra	459,47 g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	473,47 g

Microsoft Excel

Cuadro 43. Gravedades específicas Proyecto Zona Norte GAM

Gravedad Específica Aparente

Gba=	$\frac{A}{(B+A-C)} =$	2,62	
A=	Peso seco de la muestra	441,27	g
B=	Peso picnómetro lleno de agua	670,69	g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	943,7	g

Gravedad Específica Bruta

GBs=	$\frac{A}{(B+D-C)} =$	2,03	
A=	Peso seco de la muestra	441,27	g
B=	Peso picnómetro lleno de agua	670,69	g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	943,7	g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	490,35	g

Gravedad Específica Condición de Superficie Saturada Seca

GBSS=	$\frac{D}{(B+D-C)} =$	2,26	
B=	Peso picnómetro lleno de agua	670,69	g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	943,7	g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	490,35	g

Porcentaje de Absorción

% Absor=	$\frac{(D-A)}{A} * 100 =$	11,12	
A=	Peso seco de la muestra	441,27	g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	490,35	g

Microsoft Excel

Cuadro 44. Gravedades específicas Proyecto Zona Sur GAM

Gravedad Específica Aparente

$$G_{ba} = \frac{A}{(B+A-C)} = 2,69$$

A=	Peso seco de la muestra	408,27 g
B=	Peso picnómetro lleno de agua	675,35 g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	931,8 g

Gravedad Específica Bruta

$$G_{Bs} = \frac{A}{(B+D-C)} = 1,83$$

A=	Peso seco de la muestra	408,27 g
B=	Peso picnómetro lleno de agua	675,35 g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	931,8 g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	479,03 g

Gravedad Específica Condición de Superficie Saturada Seca

$$G_{BSS} = \frac{D}{(B+D-C)} = 2,15$$

B=	Peso picnómetro lleno de agua	675,35 g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	931,8 g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	479,03 g

Porcentaje de Absorción

$$\% \text{ Absor} = \frac{(D-A)}{A} * 100 = 17,33$$

A=	Peso seco de la muestra	408,27 g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	479,03 g

Microsoft Excel

Cuadro 45. Gravedades específicas Proyecto Zona Central GAM

Gravedad Específica Aparente

$$G_{ba} = \frac{A}{(B+A-C)} = 2,67$$

A=	Peso seco de la muestra	442 g
B=	Peso picnómetro lleno de agua	670,69 g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	946,9 g

Gravedad Específica Bruta

$$G_{Bs} = \frac{A}{(B+D-C)} = 2,02$$

A=	Peso seco de la muestra	442 g
B=	Peso picnómetro lleno de agua	670,69 g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	946,9 g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	495 g

Gravedad Específica Condición de Superficie Saturada Seca

$$G_{Bss} = \frac{D}{(B+D-C)} = 2,26$$

B=	Peso picnómetro lleno de agua	670,69 g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	946,9 g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	495 g

Porcentaje de Absorción

$$\% \text{ Absor} = \frac{(D-A)}{A} * 100 = 11,99$$

A=	Peso seco de la muestra	442 g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	495 g

Microsoft Excel

Cuadro 46. Gravedades específicas Proyecto Zona Norte GAM

Gravedad Específica Aparente

$$G_{ba} = \frac{A}{(B+A-C)} = 2,62$$

A=	Peso seco de la muestra	441,27 g
B=	Peso picnómetro lleno de agua	670,69 g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	943,7 g

Gravedad Específica Bruta

$$G_{Bs} = \frac{A}{(B+D-C)} = 2,03$$

A=	Peso seco de la muestra	441,27 g
B=	Peso picnómetro lleno de agua	670,69 g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	943,7 g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	490,35 g

Gravedad Específica Condición de Superficie Saturada Seca

$$G_{BSS} = \frac{D}{(B+D-C)} = 2,26$$

B=	Peso picnómetro lleno de agua	670,69 g
C=	Peso del picnómetro+muestra+agua	943,7 g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	490,35 g

Porcentaje de Absorción

$$\% \text{ Absor} = \frac{(D-A)}{A} * 100 = 11,12$$

A=	Peso seco de la muestra	441,27 g
D=	Peso del agregado saturado superficie seca.	490,35 g

Microsoft Excel

Pesos unitarios de los agregados finos utilizados en los diferentes proyectos

Cuadro 47. Peso unitario agregado Proyecto Zona Oeste GAM			
Medida	Peso total (±0.1kg)	Peso Agregado (±0.1kg)	
1	6,71	4,09	
2	6,74	4,12	
Promedio:		4,1	
Peso Unitario	$\frac{A}{B} =$		1460 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
A=	Promedio peso agregado		
B=	Volumen del recipiente utilizado		

Microsoft Excel

Cuadro 48. Peso unitario agregado Proyecto Zona Este GAM			
Medida	Peso total (±0.1kg)	Peso Agregado (±0.1kg)	
1	6,855	4,23	
2	6,87	4,25	
Promedio:		4,24	
Peso Unitario	$\frac{A}{B} =$		1500 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
A=	Promedio peso agregado		
B=	Volumen del recipiente utilizado		

Microsoft Excel

Cuadro 49. Peso unitario agregado Proyecto Zona Sur GAM			
Medida	Peso total (±0.1kg)	Peso Agregado (±0.1kg)	
1	6,01	3,39	
2	6,02	3,40	
Promedio:		3,39	
Peso Unitario	$\frac{A}{B} =$		1200 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
A=	Promedio peso agregado		
B=	Volumen del recipiente utilizado		

Cuadro 50. Peso unitario agregado Proyecto Zona Central GAM			
Medida	Peso total (±0.1kg)	Peso Agregado (±0.1kg)	
1	6,26	3,64	
2	6,245	3,62	
Promedio:		3,63	
Peso Unitario $\frac{A}{B} = 1290 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$			
A= Promedio peso agregado			
B= Volumen del recipiente utilizado			

Microsoft Excel

Cuadro 51. Peso unitario agregado Proyecto Zona Norte GAM			
Medida	Peso total (±0.1kg)	Peso Agregado (±0.1kg)	
1	6,11	3,49	
2	6,105	3,48	
Promedio:		3,48	
Peso Unitario $\frac{A}{B} = 1240 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$			
A= Promedio peso agregado			
B= Volumen del recipiente utilizado			

Microsoft Excel

Cuadro 52. Peso unitario Agregado Pegablok Tipo M Estructural			
Medida	Peso total (±0.1kg)	Peso Agregado (±0.1kg)	
1	8,56	5,94	
2	8,54	5,92	
Promedio:		5,93	
Peso Unitario $\frac{A}{B} = 2100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$			
A= Promedio peso agregado			
B= Volumen del recipiente utilizado			

Microsoft Excel

Resultados de ensayo de resistencia a la compresión realizados a los morteros en estudio

Proyecto Zona Oeste GAM

Cuadro 53. Resistencia a la compresión muestra de mortero obtenido en campo, Proyecto Zona Oeste GAM

Identificación del espécimen	Edad (días)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo promedio Especificación 175 (kgf/cm ²) a 28 días.	Esfuerzo promedio Especificación 17,2 (MPa) a 28 días.	σ	C.V.	Representatividad
O1C	1	54,7	55,6	5,4	1	1,8	Alta
O2C	1	56,7					
O3C	1	55,4					
O4C	3	172,2	171,2	16,8	1,1	0,6	Alta
O5C	3	171,3					
O6C	3	170,1					
O7C	7	207,3	207,3	20,3	1,9	0,9	Alta
O8C	7	209,1					
O9C	7	205,4					
O10C	14	242,5	245,1	24,0	3,7	1,5	Alta
O11C	14	249,3					
O12C	14	243,5					
O13C	28	281,1	278,1	27,3	3,5	1,2	Alta
O14C	28	274,3					
O15C	28	278,8					

Microsoft Excel

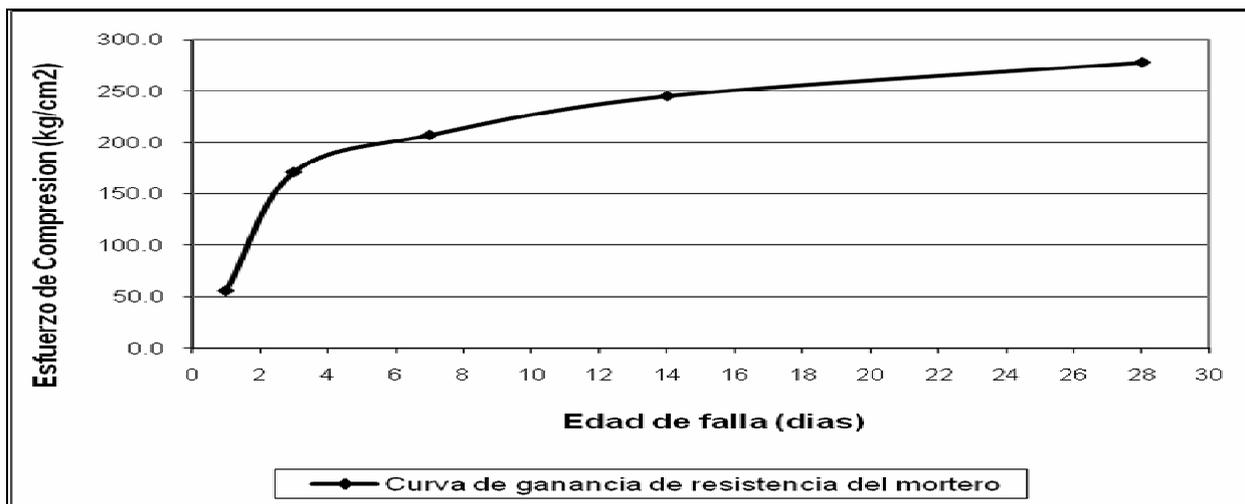


Figura 8. Curva Resistencia a la compresión muestra de mortero Proyecto Zona Oeste obtenida en campo, Microsoft Excel.

Proyecto Zona Este GAM

Cuadro 54. Resistencia a la compresión muestra de mortero obtenido en campo, Proyecto Zona Este GAM							
Identificación del espécimen	Edad (días)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo promedio Especificación 175 (kgf/cm ²) a 28 días.	Esfuerzo promedio Especificación 17,2 (MPa) a 28 días.	σ	C.V.	Representatividad
E1C	1	56,6	56,4	5,5	0,3	0,4	Alta
E2C	1	56,1					
E3C	1	56,5					
E4C	3	195,9	197,3	19,3	1,5	0,7	Alta
E5C	3	198,8					
E6C	3	197,2					
E7C	7	276,0	273,4	26,8	3	1,1	Alta
E8C	7	270,1					
E9C	7	274,1					
E10C	14	293,4	293,1	28,7	2,9	1	Alta
E11C	14	290,1					
E12C	14	295,8					
E13C	28	316,5	317,0	31,1	1,5	0,5	Alta
E14C	28	315,8					
E15C	28	318,7					

Microsoft Excel

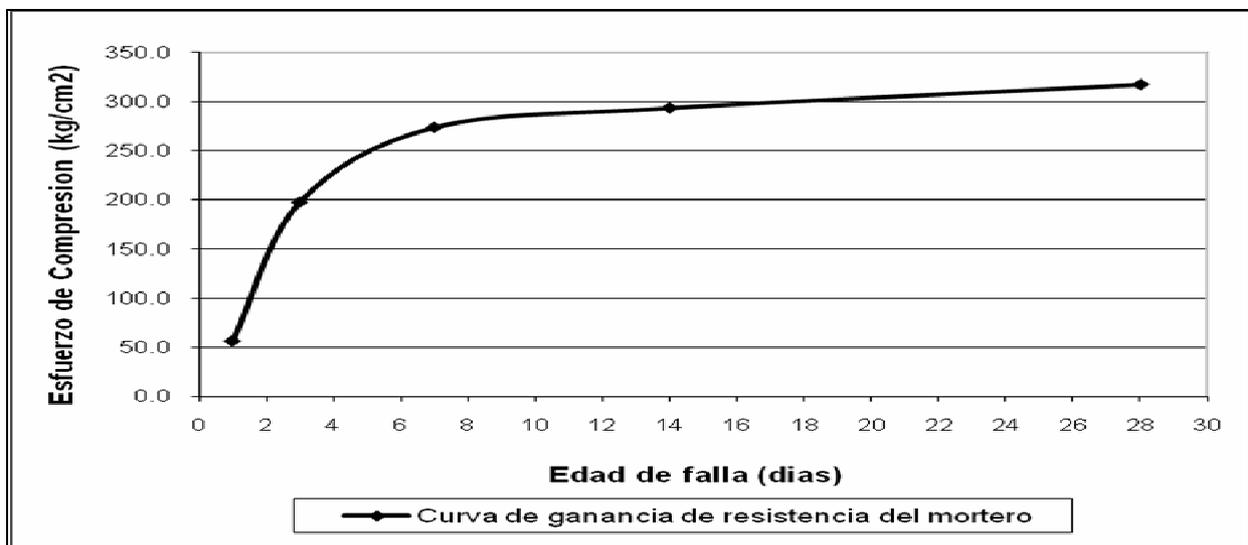


Figura 9. Curva Resistencia a la compresión muestra de mortero Proyecto Zona Este obtenida en campo, Microsoft Excel.

Proyecto Zona Sur GAM

Cuadro 55. Resistencia a la compresión muestra de mortero obtenido en campo, Proyecto Zona Sur GAM							
Identificación del espécimen	Edad (días)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo promedio Especificación 175 (kgf/cm ²) a 28 días.	Esfuerzo promedio Especificación 17,2 (MPa) a 28 días.	σ	C.V.	Representatividad
S1C	1	85,8	87,0	8,5	2,3	2,7	Alta
S2C	1	89,7					
S3C	1	85,5					
S4C	3	176,2	176,3	17,3	0,9	0,5	Alta
S5C	3	177,2					
S6C	3	175,5					
S7C	7	215,8	215,9	21,2	1,3	0,6	Alta
S8C	7	214,7					
S9C	7	217,3					
S10C	14	287,2	287,3	28,2	1,1	0,4	Alta
S11C	14	286,3					
S12C	14	288,5					
S13C	28	304,3	305,3	29,9	1	0,3	Alta
S14C	28	306,4					
S15C	28	305,1					

Microsoft Excel

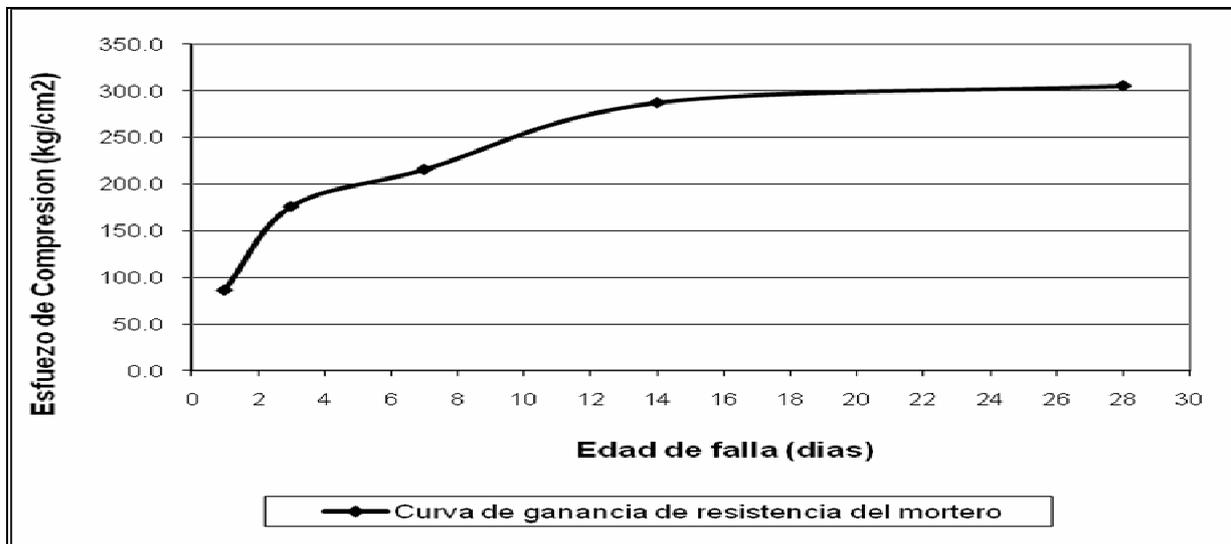


Figura 10. Curva Resistencia a la compresión muestra de mortero Proyecto Zona Sur obtenida en campo, Microsoft Excel.

Proyecto Zona Central GAM

Cuadro 56. Resistencia a la compresión muestra de mortero obtenido en campo, Proyecto Zona Central GAM							
Identificación del espécimen	Edad (días)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo promedio Especificación 175 (kgf/cm ²) a 28 días.	Esfuerzo promedio Especificación 17,2 (MPa) a 28 días.	σ	C.V.	Representatividad
C1C	1	29,9	30,6	3,0	0,9	2,8	Alta
C2C	1	31,5					
C3C	1	30,2					
C4C	3	77,6	79,0	7,7	2,3	2,9	Alta
C5C	3	77,8					
C6C	3	81,6					
C7C	7	121,8					
C8C	7	123,6	123,4	12,1	1,5	1,3	Alta
C9C	7	124,9					
C10C	14	146,8					
C11C	14	145,4	146,9	14,4	1,6	1,1	Alta
C12C	14	148,5					
C13C	28	191,4					
C14C	28	192,9	191,7	18,8	1,1	0,6	Alta
C15C	28	190,7					

Microsoft Excel

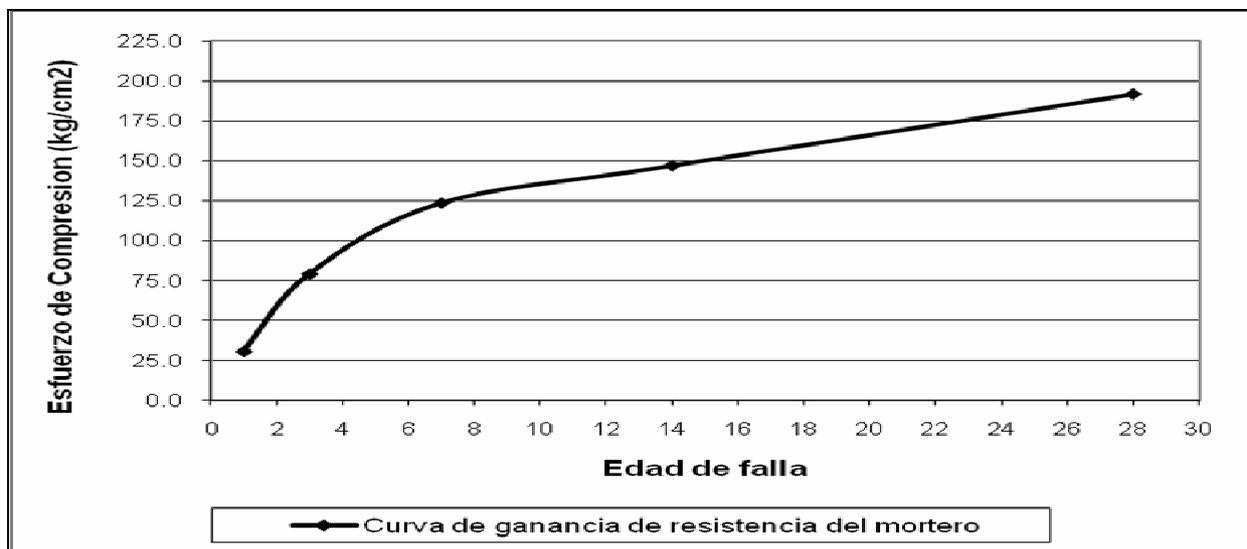


Figura 11. Curva Resistencia a la compresión muestra de mortero Proyecto Zona Central obtenida en campo, Microsoft Excel.

Proyecto Zona Norte GAM

Cuadro 57. Resistencia a la compresión muestra de mortero obtenido en campo, Proyecto Zona Norte GAM							
Identificación del espécimen	Edad (días)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo promedio Especificación 175 (kgf/cm ²) a 28 días.	Esfuerzo promedio Especificación 17,2 (MPa) a 28 días.	σ	C.V.	Representatividad
W1C	1	87,5	88,3	8,7	1	1,1	Alta
W2C	1	89,4					
W3C	1	88,1					
W4C	3	174,2	175,9	17,2	2	1,1	Alta
W5C	3	175,3					
W6C	3	178,1					
W7C	7	215,2					
W8C	7	216,5	216,3	21,2	1	0,5	Alta
W9C	7	217,2					
W10C	14	243,1					
W11C	14	244,3	243,3	23,9	0,9	0,4	Alta
W12C	14	242,6					
W13C	28	301,2					
W14C	28	303,1	302,1	29,6	1	0,3	Alta
W15C	28	301,9					

Microsoft Excel

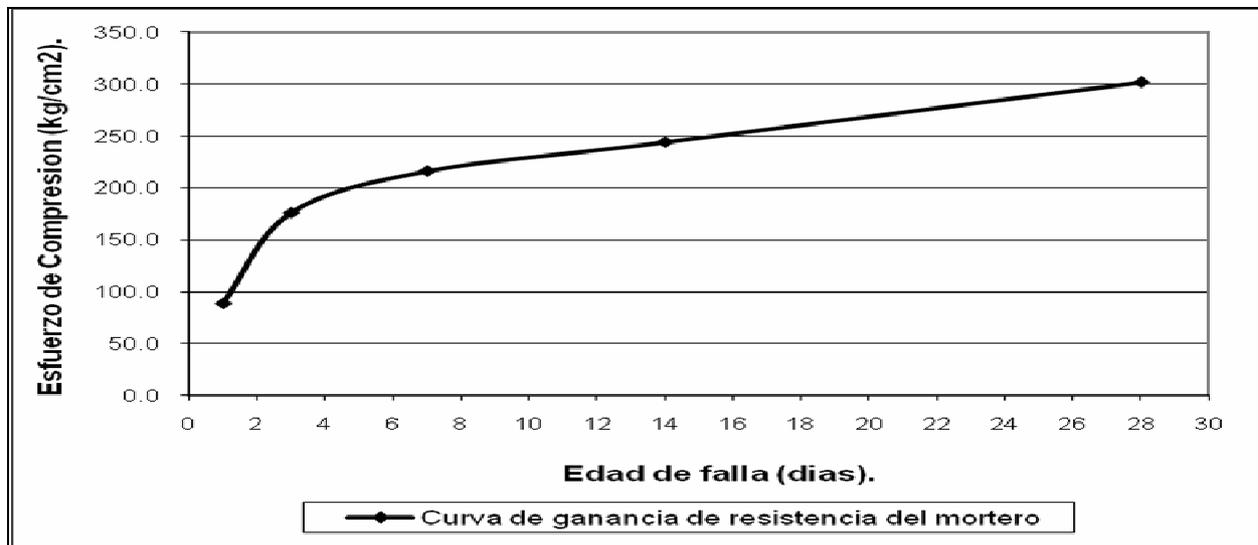


Figura 12. Curva Resistencia a la compresión muestra de mortero Proyecto Zona Norte obtenida en campo, Microsoft Excel.

Muestra Pegablok Tipo M Estructural

Cuadro 58. Resistencia a la compresión muestra de mortero obtenido en campo, muestra Pegablok Tipo M Estructural

Identificación del espécimen	Edad (días)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo promedio 28 días. Especificación 175 (kgf/cm ²)	Esfuerzo promedio 28 días. Especificación 17,2 (MPa)	σ	C.V.	Representatividad
M1C	1	35,9	36,6	3,6	0,7	1,9	Alta
M2C	1	37,3					
M3C	1	36,8					
M4C	3	71,0	74,2	7,3	3,1	4,2	Alta
M5C	3	77,2					
M6C	3	74,4					
M7C	7	110,3	110,7	10,9	0,7	0,6	Alta
M8C	7	111,5					
M9C	7	110,4					
M10C	14	150,3	151,0	14,8	0,6	0,4	Alta
M11C	14	151,4					
M12C	14	151,3					
M13C	28	182,3	181,3	17,8	1,1	0,6	Alta
M14C	28	180,1					
M15C	28	181,6					

Microsoft Excel

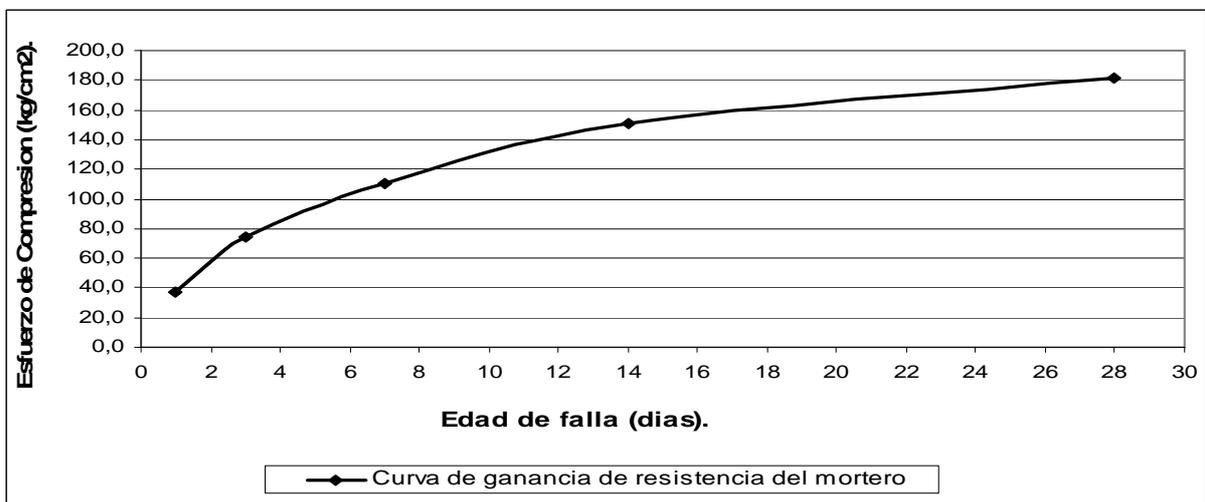


Figura 13. Curva Resistencia a la compresión muestra de mortero Pegablok Tipo M Estructural obtenida en campo, Microsoft Excel.

Proyecto Zona Oeste GAM

Cuadro 59. Resistencia a la compresión muestra de mortero obtenido en laboratorio, Proyecto Zona Oeste GAM							
Identificación del espécimen	Edad (días)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo promedio Especificación 175 (kgf/cm ²) a 28 días.	Esfuerzo promedio Especificación 17,2 (MPa) a 28 días.	σ	C.V.	Representatividad
O1L	1	32,2	32,1	3,1	0,8	2,6	Alta
O2L	1	31,2					
O3L	1	32,9					
O4L	3	69,5	70,9	7,0	1,4	1,9	Alta
O5L	3	71,2					
O6L	3	72,1					
O7L	7	125,3	125,3	12,3	1,6	1,2	Alta
O8L	7	126,8					
O9L	7	123,7					
O10L	14	161,6	160,6	15,7	1,1	0,7	Alta
O11L	14	160,9					
O12L	14	159,4					
O13L	28	181,3	181,3	17,8	1,1	0,6	Alta
O14L	28	180,3					
O15L	28	182,5					

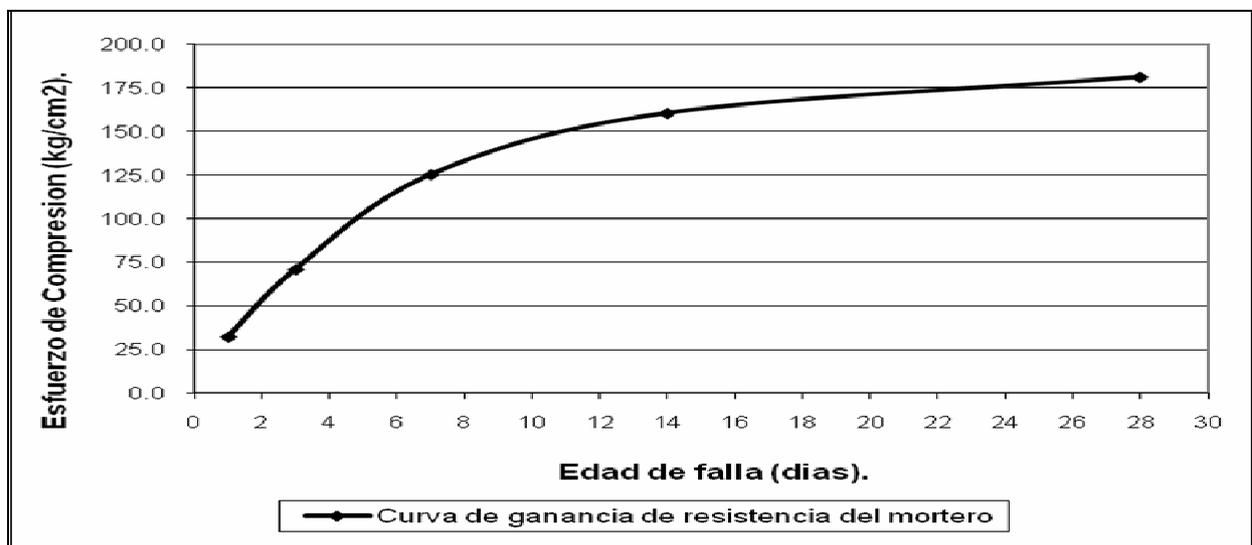


Figura 14. Curva Resistencia a la compresión muestra de mortero Proyecto Zona Oeste obtenida en laboratorio, Microsoft Excel.

Proyecto Zona Este GAM

Cuadro 60. Resistencia a la compresión muestra de mortero obtenido en laboratorio, Proyecto Zona Este GAM							
Identificación del espécimen	Edad (días)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo promedio Especificación 175 (kgf/cm ²) a 28 días.	Esfuerzo promedio Especificación 17,2 (MPa) a 28 días.	σ	C.V.	Representatividad
E1L	1	57,2	55,1	5,4	1,9	3,4	Alta
E2L	1	53,5					
E3L	1	54,5					
E4L	3	137,4	139,4	13,7	1,8	1,3	Alta
E5L	3	139,9					
E6L	3	140,9					
E7L	7	228,6	227,5	22,3	1	0,4	Alta
E8L	7	226,9					
E9L	7	226,9					
E10L	14	264,4	258,7	25,4	4,9	1,9	Alta
E11L	14	255,9					
E12L	14	255,9					
E13L	28	291,2	289,4	28,4	4,1	1,4	Alta
E14L	28	292,4					
E15L	28	284,7					

Microsoft Excel

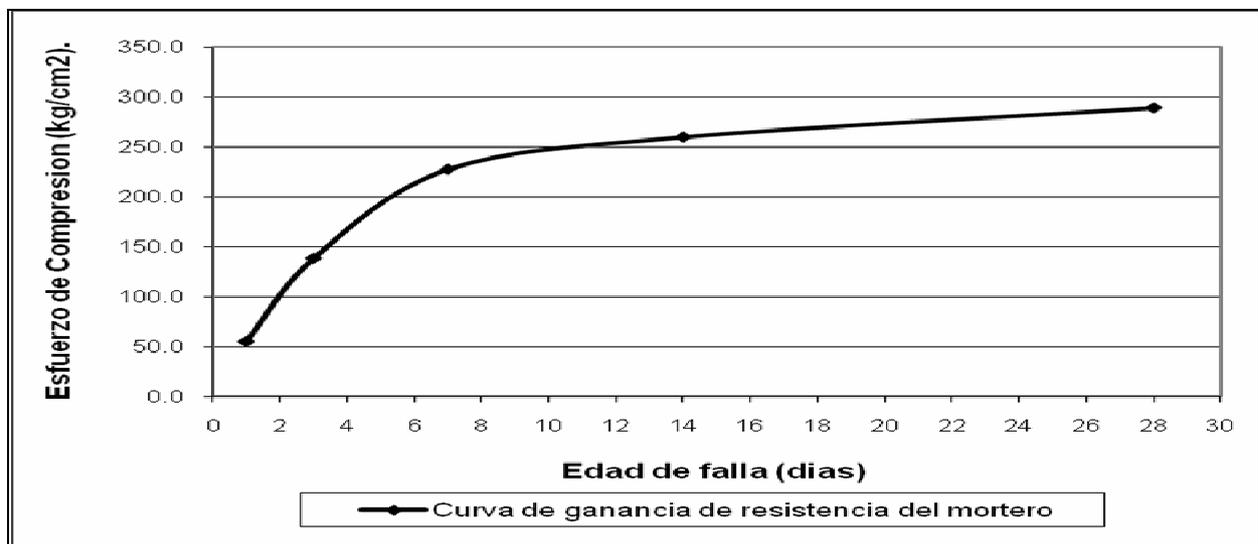


Figura 15. Curva Resistencia a la compresión muestra de mortero Proyecto Zona Este obtenida en laboratorio, Microsoft Excel.

Proyecto Zona Sur GAM

Cuadro 61. Resistencia a la compresión muestra de mortero obtenido en laboratorio, Proyecto Zona Sur GAM							
Identificación del espécimen	Edad (días)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo promedio Especificación 175 (kgf/cm ²) a 28 días.	Esfuerzo promedio Especificación 17,2 (MPa) a 28 días.	σ	C.V.	Representatividad
S1L	1	31,2	31,1	3,0	1	3,2	Alta
S2L	1	32,1					
S3L	1	30,1					
S4L	3	77,4	76,8	7,5	0,7	0,9	Alta
S5L	3	76,0					
S6L	3	77,0					
S7L	7	120,9	122,2	12,0	1,5	1,2	Alta
S8L	7	123,9					
S9L	7	121,9					
S10L	14	152,2	154,9	15,2	2,4	1,6	Alta
S11L	14	155,8					
S12L	14	156,8					
S13L	28	188,2	188,4	18,5	1	0,5	Alta
S14L	28	187,5					
S15L	28	189,5					

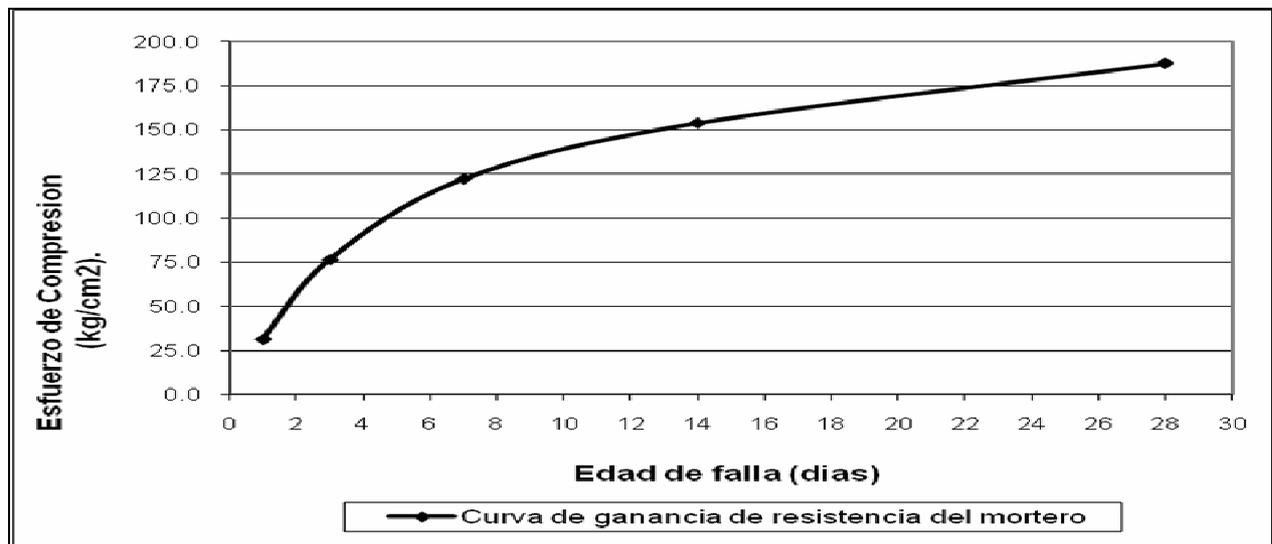


Figura 16. Curva Resistencia a la compresión muestra de mortero Proyecto Zona Sur obtenida en laboratorio, Microsoft Excel.

Proyecto Zona Central GAM

Cuadro 62. Resistencia a la compresión muestra de mortero obtenido en laboratorio, Proyecto Zona Central GAM							
Identificación del espécimen	Edad (días)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo promedio. Especificación 175 (kgf/cm ²) a 28 días	Esfuerzo promedio Especificación 17,2 (MPa) a 28 días.	σ	C.V.	Representatividad
C1L	1	38,8	39,6	3,9	0,9	2,2	Alta
C2L	1	39,5					
C3L	1	40,5					
C4L	3	80,5	81,7	8,0	1,1	1,4	Alta
C5L	3	81,8					
C6L	3	82,8					
C7L	7	108,6	110,1	10,8	1,8	1,6	Alta
C8L	7	109,7					
C9L	7	112,1					
C10L	14	135,8	137,0	13,4	2,3	1,7	Alta
C11L	14	139,6					
C12L	14	135,5					
C13L	28	181,2	181,4	17,8	1	0,6	Alta
C14L	28	180,5					
C15L	28	182,5					

Microsoft Excel

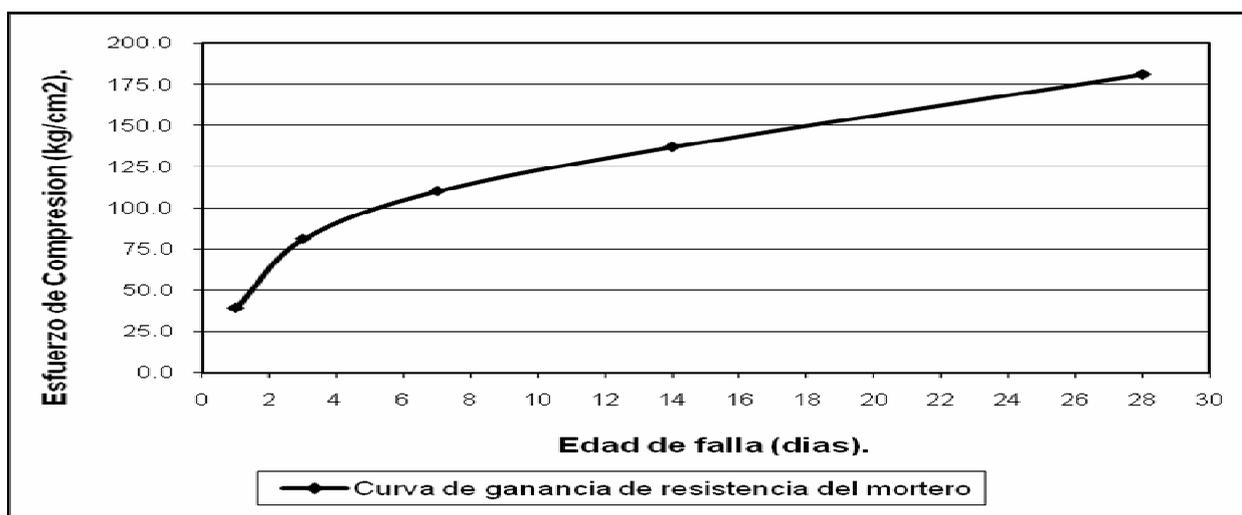


Figura 17. Curva Resistencia a la compresión muestra de mortero Proyecto Zona Central obtenida en laboratorio, Microsoft Excel

Proyecto Zona Norte GAM

Cuadro 63. Resistencia a la compresión muestra de mortero obtenido en laboratorio, Proyecto Zona Norte GAM							
Identificación del espécimen	Edad (días)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo promedio Especificación 175 (kgf/cm ²) a 28 días.	Esfuerzo promedio Especificación 17,2 (MPa) a 28 días.	σ	C.V.	Representatividad
W1L	1	35,0	35,8	3,5	0,9	2,6	Alta
W2L	1	35,7					
W3L	1	36,8					
W4L	3	72,5	72,2	7,1	0,4	0,6	Alta
W5L	3	71,7					
W6L	3	72,4					
W7L	7	135,9	137,5	13,5	1,8	1,3	Alta
W8L	7	137,2					
W9L	7	139,4					
W10L	14	164,8	164,2	16,1	1	0,6	Alta
W11L	14	163,0					
W12L	14	164,8					
W13L	28	185,1	184,7	18,1	1,8	1	Alta
W14L	28	186,3					
W15L	28	182,8					

Microsoft Excel

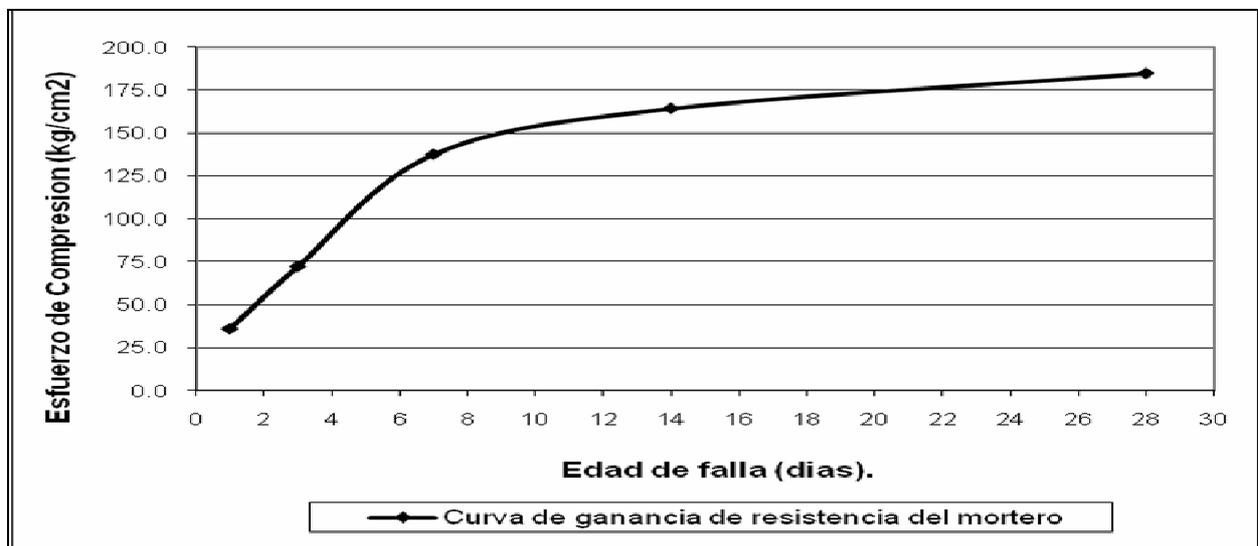


Figura 18. Curva Resistencia a la compresión muestra de mortero Proyecto Zona Norte obtenida en laboratorio, Microsoft Excel

Muestra Pegablok Tipo M Estructural

Cuadro 64. Resistencia a la compresión muestra de mortero obtenido en laboratorio, Pegablok Tipo M Estructural							
Identificación del espécimen	Edad (días)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo promedio Especificación 175 (kgf/cm ²) a 28 días.	Esfuerzo promedio Especificación 17,2 (MPa) a 28 días.	σ	C.V.	Representatividad
M1L	1	44,3	44,5	4,4	0,2	0,4	Alta
M2L	1	44,7					
M3L	1	44,5					
M4L	3	105,8	105,2	10,3	0,7	0,7	Alta
M5L	3	104,4					
M6L	3	105,4					
M7L	7	150,3	152,6	15,0	2,1	1,4	Alta
M8L	7	153,3					
M9L	7	154,3					
M10L	14	170,4	169,8	16,6	0,6	0,3	Alta
M11L	14	169,4					
M12L	14	169,5					
M13L	28	179,5	180,4	17,7	4,5	2,5	Alta
M14L	28	176,4					
M15L	28	185,3					

Microsoft Excel

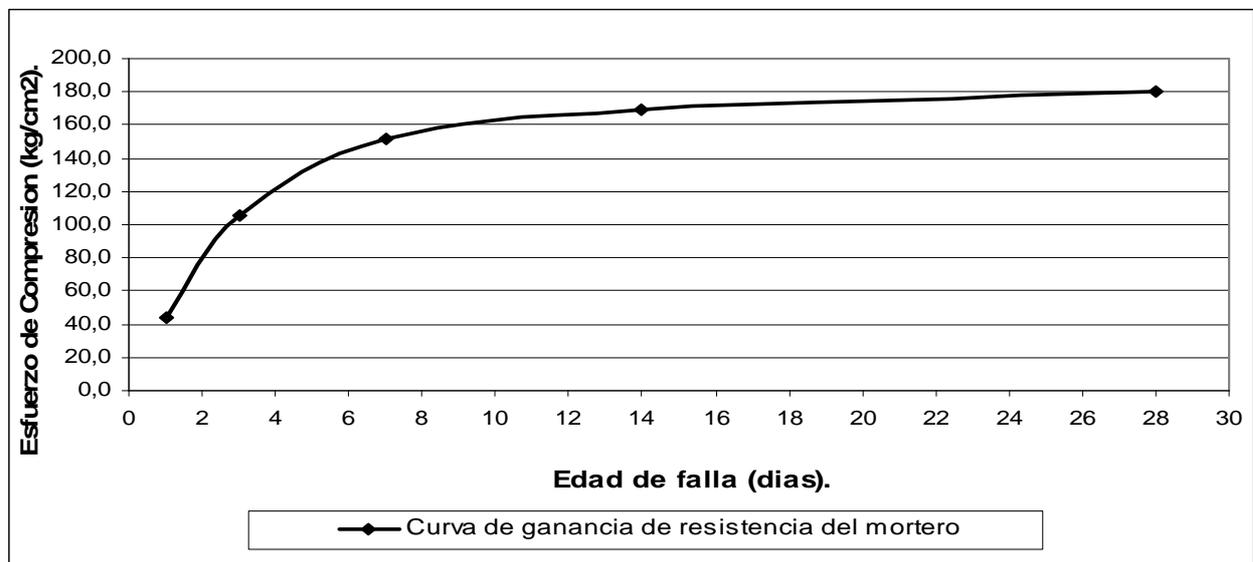


Figura 19. Curva Resistencia a la compresión muestra de mortero muestra Pegablok Tipo M Estructural obtenida en laboratorio, Microsoft Excel

Cuadro 66. Costo de mortero tradicional, Zona Oeste GAM				
material	cantidad	unidad	precio unitario ¢	total ¢
Cemento	1	saco	5 428,95	5 428,95
Arena	3	ft ³	828,34	2 485,03
			Subtotal	7 914,0
Albañil		hora		1 881,6
Ayudante		hora		1 380,8
		50% Cargas Sociales		1 631,2
			Total	¢12 807,58
Diferencia del mortero tradicional respecto al Pegablok				+11,5%

Microsoft Excel

Zona Este GAM

Costo de producir mortero tradicional

Relación 1:3, con los que se produce 0,15 m³ de mortero.

Precio 1 m³ de arena fina

¢20 650,00

Conversiones utilizadas

¢10 000,00 Transporte

1m ³ arena	=	35,3356	ft ³
-----------------------	---	---------	-----------------

Costo Cemento Sanson UG ¢5 470,95

Costo Cemento Holcim ¢5 590,45 fuente, Ferretería Digital 2010

Salario/h Albañil ¢1 176,0

Salario /h Ayudante de Operario ¢863,0

Salario /día Albañil ¢7 662,00

Salario /día Ayudante de Operario ¢7 517,00 fuente, Gaceta n°2 del 05 de enero 2010

Cuadro 67. Costo de mortero tradicional, Zona Este GAM				
material	cantidad	unidad	precio unitario ¢	total ¢
Cemento	1	saco	5 590,45	5 590,45
Arena	3	ft ³	867,4	2 602,19
			Subtotal	8 193,0
Albañil	1,7	hora	1176,0	1 999,2
Ayudante	1,7	hora	863,0	1 467,1
		50% Cargas Sociales		1 733,15
			Total	¢13 392,09
Diferencia del mortero tradicional respecto al Pegablok				+16,6%

Microsoft Excel

Zona Sur GAM

Costo de producir mortero tradicional

Relación 1:3, con los que se produce 0,15 m³ de mortero.

Precio 1 m³ de arena fina ¢21 480,00 fuente, Ferretería Rojas y Monge 2010

Conversiones utilizadas ¢8 500,00 Transporte

1m ³ arena	=	35,3356	ft ³
-----------------------	---	---------	-----------------

Costo Cemento

Sanson UG ¢5,428,95 fuente, Ferretería Rojas y Monge 2010

Costo Cemento

Holcim ¢5 590,45 fuente, Ferretería Digital 2010

Salario/h Albañil ¢1 176,0

Salario /h Ayudante de Operario ¢863,0

Salario /día Albañil ¢7 662,00

Salario /día Ayudante de Operario ¢7 517,00 fuente, Gaceta n°2 del 05 de enero 2010

Cuadro 68. Costo de mortero tradicional, Zona Sur GAM.

material	cantidad	unidad	precio unitario ¢	total ¢
Cemento	1	saco	5 428,95	5 428,95
Arena	3	ft ³	848,44	2 545,31
			Subtotal	7 974,0
Albañil	1,8	hora	1 176,0	2 058,0
Ayudante	1,8	hora	863,0	1 579,29
		50% Cargas Sociales		1 865,68
			Total	¢13 571,13
Diferencia del mortero tradicional respecto al Pegablok				+18,2%

Microsoft Excel

Zona Central GAM

Costo de producir mortero tradicional

Relación 1:3, con los que se produce 0,15 m³ de mortero.

Precio 1 m³ de arena gruesa ¢16 637,00 fuente, Ferretería el Lagar 2010

Conversiones utilizadas ¢10 000,00 Transporte

1m ³ arena	=	35,3356	ft ³
-----------------------	---	---------	-----------------

Costo Cemento

Sanson UG ¢5 428,95

Costo Cemento

Holcim ¢5 590,45 fuente, Ferretería Digital 2010

Salario/h Albañil ¢1 176,0

Salario /h Ayudante de Operario ¢863,0

Salario /día Albañil ¢7 662,00

Salario /día Ayudante de Operario ¢7 517,00 fuente, Gaceta n°2 del 05 de enero 2010

Cuadro 69. Costo de mortero tradicional, Zona Central GAM

material	cantidad	unidad	precio unitario ¢	total ¢
Cemento	1	saco	5 428,95	5 428,95
Arena	3	ft ³	753,83	2 261,49
			Subtotal	7 690,0
Albañil		hora	1 176,0	2 257,92
Ayudante		hora	863,0	1 656,96
		50% Cargas Sociales		1 957,44
			Total	¢13 562,76
Diferencia del mortero tradicional respecto al Pegablok				18,1%

Microsoft Excel

Zona Norte GAM

Costo de producir mortero tradicional

Relación 1:3, con los que se produce 0,15 m³ de mortero.

Precio 1 m³ de arena gruesa ¢15 650,00 Fuente grupo Orosi 2010

Conversiones utilizadas ¢10 000,00 Transporte

1m ³ arena	=	35,3356	ft ³
-----------------------	---	---------	-----------------

Costo Cemento

Sanson UG ¢5 428,95

Costo Cemento

Holcim ¢5 590,45 fuente, Ferretería Digital 2010

Salario/h Albañil ¢1 176,0

Salario /h Ayudante de Operario ¢863,0

Salario /día Albañil ¢7 662,00

Salario /día Ayudante de Operario ¢7 517,00 fuente, Gaceta n°2 del 05 de enero 2010

Cuadro 70. Costo de mortero tradicional, Zona Norte GAM

material	cantidad	unidad	precio unitario ¢	total ¢
Cemento	1	saco	5 428,95	5 428,95
Arena	3	ft ³	725,90	2 177,69
			Subtotal	7 607,0
Albañil	1,7	hora	1 176,0	1 999,2
Ayudante	1,7	hora	863,0	1 467,1
		50% Cargas Sociales		1 733,15
			Total	¢12 806,09
Diferencia del mortero tradicional respecto al Pegablok				11,5%

Microsoft Excel

Cuadro 71. Costo de mortero Pegablok Tipo M Estructural				
material	cantidad	unidad	precio unit ¢	total ¢
Pegablok	3	sac/40kg	2380	7 140,0
Albañil	1,4	hora	1 176,0	1 669,9
Ayudante	1,4	hora	863,0	1 225,5
			50% Cargas Sociales	1 447,69
			Total	¢11 483,07

Microsoft Excel

Cuadro 72. Costo de preparar 1m³ de mortero hecho en sitio				
material	cantidad	unidad	precio unit ¢	total ¢
Cemento	9	sac/50kg	5 590,45	50 314,05
Arena	1	m ³	21 480,00	21 480,00
			Subtotal	71 794,05
		M.O	Albañil	27 706,56
			Ayudante	20 332,28
			50% Cargas Sociales	24 019,42
		Transporte		10 000,0
			Total	¢153 852,31

Microsoft Excel

Cuadro 73. Costo de preparar 1m³ de Pegablok Tipo M Estructural				
material	cantidad	unidad	precio unit ¢	total ¢
Pegablok	43	sac/40kg	2380	102 340,0
		M.O	Albañil	15 814,14
			Ayudante	11 605,11
			50% Cargas Sociales	13 709,62
			Transporte va incluido	
			Total	¢143 468,87

Microsoft Excel

Anexos

Las imágenes muestran el resultado del ensayo de colorimetría, resistencia a la compresión, determinación del flujo, contenido de aire, retención del agua y preparación del mortero en obra de manera tradicional, evaluado en los 5 proyectos.



Figura 20. Ensayo Colorimetría Proyecto Zona Norte GAM



Figura 21. Ensayo Colorimetría Proyecto Zona Sur GAM



Figura 22. Ensayo Colorimetría Proyecto Zona Oeste GAM.



Figura 23. Toma general en ensayo de colorimetría.



Figura 24. Ensayo Colorimetría Proyecto Zona Central GAM.



Figura 25. Ensayo Colorimetría Proyecto Zona Este GAM.



Figura 26. Falla a compresión de cubo de mortero.



Figura 27. Ensayo de compresión de mortero.

COMPARACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS ENTRE MORTEROS TRADICIONALES PARA PEGA DE BLOQUES DE CONCRETO Y EL MORTERO INDUSTRIALIZADO PEGABLOK TIPO M ESTRUCTURAL, DE INTACO



Figura 28. Ensayo de Flujo realizado al mortero.



Figura 29. Muestra mortero en Ensayo de Flujo.



Figura 30. Medición del diámetro en ensayo de flujo.



Figura 31. Mortero en mesa de flujo.

COMPARACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS ENTRE MORTEROS TRADICIONALES PARA PEGA DE BLOQUES DE CONCRETO Y EL MORTERO INDUSTRIALIZADO PEGABLOK TIPO M ESTRUCTURAL, DE INTACO



Figura 32. Equipo retención de Agua.



Figura 33. Moldeo de cubos de mortero.



Figura 34. Apilamiento de material en obra.



Figura 35. Equipo para preparar el mortero.

Referencias

- Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica (CPCSCR) (2002). **CODIGO SISMICO DE COSTA RICA 2002**. (3ª ed.). Cartago: Editorial Tecnológico de Costa Rica.
- American Society for Testing and Materials, (1994) ASTM C136 “**Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates**” Annual Book of ASTM Standards, Vol.4.02,
- American Society for Testing and Materials, (2005) ASTM C109 “**Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (using 2-in Cube Specimens)**” Annual Book of ASTM Standards, Vol.4.01.
- American Society for Testing and Materials, (2005) ASTM C1437 “**Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortars**” Annual Book of ASTM Standards, Vol.4.01.
- American Society for Testing and Materials, (1994) ASTM C40 “**Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete**” Annual Book of ASTM Standards, Vol.4.02.
- American Society for Testing and Materials, (1994) ASTM C117 “**Standard Test Method for Materials Finer than 75 - μ m (No 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing**” Annual Book of ASTM Standards, Vol.4.02.
- American Society for Testing and Materials, (1994) ASTM C128 “**Standard Test Method for Density, Relative Density and Absorption in Fine Aggregates**” Annual Book of ASTM Standards, Vol.4.02.
- American Society for Testing and Materials, (1994) ASTM C29 “**Standard Test Method for Unit Weight and Voids Aggregate**” Annual Book of ASTM Standards, Vol.4.02.
- American Society for Testing and Materials, (2005) ASTM C566 “**Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate Drying**” Annual Book of ASTM Standards, Vol.4.01.
- American Society for Testing and Materials, (1994) ASTM C136 “**Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates**” Annual Book of ASTM Standards, Vol.4.02,
- American Society for Testing and Materials, (2005) ASTM C109 “**Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (using 2-in Cube Specimens)**” Annual Book of ASTM Standards, Vol.4.01.
- American Society for Testing and Materials, (2005) ASTM C1506 “**Standard Test Method for Water Retention of Hydraulic Cement-Based Mortars and Plasters**” Annual Book of ASTM Standards, Vol.4.01.
- American Society for Testing and Materials, (2005) ASTM C231 “**Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method**” Annual Book of ASTM Standards, Vol.4.02.
- American Society for Testing and Materials, (2005) ASTM C266 “**Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement Paste by Gillmore Needles**” Annual Book of ASTM Standards, Vol.4.01.
- Rojas, A. 1993. **EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DEL MORTERO DE ALBAÑILERÍA, CON ADHERENTE Y LARGA VIDA**. Informe proyecto final de graduación. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.

- Delgado, M., 2007. **VERIFICACION DE LA PROPORCIONES PARA MORTEROS DE PEGA INDICADAS EN EL CODIGO SISMICO DE COSTA RICA.** Informe proyecto final de graduación. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
- Araya, M., 1998. **CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO ESTRUCTURAL Y DEL MORTERO DE PEGA EN VIVIENDAS.** Informe proyecto final de graduación. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
- Barquero, L., 1983. **UN ESTUDIO DEL EFECTO DEL SANIDAD Y OTRAS PROPIEDADES DE LAS ARENAS SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL MORTERO DE CEMENTO PORTLAND.** Informe proyecto final de graduación. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
- Navas, A., 1999. **PROPIEDADES A COMPRESION DE LA MAMPOSTERIA DE BLOQUES DE CONCRETO.** Informe proyecto final de graduación. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
- Khalaf, F., 1996. **FACTORS INFLUENCING COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE MASONRY PRISM** Magazine of Concrete Research, 48(175), 95-101.
- Godoy, O., 2006. **INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MORTEROS DE MAMPOSTERIA A**
- BASE DE CAL-CEMENTO PORTLAND**
Trabajo final de graduación. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Oriente, El Salvador.
- CFIA, ICCYC, 2009. **ESTUDIO SOBRE LA CALIDAD DE LA MAMPOSTERÍA DE CONCRETO PARA VIVIENDA EN LA PROVINCIA DE SAN JOSE.** Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto.
- INTECO, 2008. **Norma INTE 06-03-04-08 ESPECIFICACION DE MORTEROS PARA UNIDADES DE MAMPOSTERIA.** Instituto Nacional de Normas Técnicas de Costa Rica.
- INTECO, 2008. **Norma INTE 06-02-20-08 MÉTODO DE ENSAYO PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRAÚLICO USANDO ESPECIMENES CÚBICOS DE 50mm.** Instituto Nacional de Normas Técnicas de Costa Rica.