

**Propuesta de diseño de morteros para el mantenimiento, conservación y reparación de edificaciones basados en su resistencia a flexión y compresión.**

*Proposed design of mortars for the maintenance, upkeep and repair based on its resistance to bending and compression buildings.*



**Ing. Argelio Vázquez Rodríguez**

Ingeniero Civil

Profesor Adiestrado

Departamento de Construcciones de la Facultad de Ingenierías de la Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Cuba

Teléfono 256782 E-mail: [argelio.vazquez@umcc.cu](mailto:argelio.vazquez@umcc.cu)



**Ing. Liset León Consuegra**

Ingeniera Civil

Profesor Instructor

Departamento de Construcciones de la Facultad de Ingenierías de la Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Cuba

Teléfono 256782 E-mail: [liset.leon@umcc.cu](mailto:liset.leon@umcc.cu)

Recibido: 27-01-14

Aceptado: 25-02-14

**Resumen:**

Los morteros diseñados para el mantenimiento, conservación y reparación de edificaciones se realizaron con cemento PP-25, arena y polvo de piedra de la cantera Planta Libertad de la provincia de Matanzas, basándose en las recomendaciones de las normas cubanas. Entre los métodos de investigación utilizados está la experimentación y métodos asociados a la matemática. Para ello se caracterizó la arena y polvo de piedra mediante la medición de sus propiedades geométricas y físicas. Se realizaron roturas a los 28 días a los morteros elaborados para medir su resistencia a flexión y compresión. Los resultados obtenidos mostraron que el árido no cumple con las especificaciones en cuanto a la granulometría dadas por el suministrador del material y los morteros diseñados presentan valores de resistencia a compresión por encima de los estipulados. Las variaciones de resistencia están dadas por la cantidad de agua, los finos en la mezcla y la cantidad de cemento. Se realizó un análisis "costo-beneficio" y se propuso una solución para resolver la

*Revista de Arquitectura e Ingeniería. 2014, vol.8 no.1 ISSN 1990-8830 / RNPS 2125*

problemática existente, seguido de la recomendación de diseñar nuevamente los morteros con los nuevos resultados.

**Palabras clave:** Morteros, Flexión, Compresión.

### **Abstract:**

The mortars designed for the maintenance, conservation and repair of constructions were carried out with cement PP-25, sand and powder of stone of the quarry Plants Freedom of the county of Matanzas, being based on the recommendations of the Cuban norms. The experimentation and methods associated to the mathematics is among the used investigation methods. For it was characterized it the sand and powder of mediating stone the mensuration of their geometric and physical properties. They were carried out breaks to the 28 days to the mortars elaborated to measure their resistance to flexion and compression. The obtained results showed that the arid one doesn't fulfill the specifications as for the grain given by the supplier of the material and the designed mortars present resistance values to compression above those specified. The resistance variations are given by the quantity of water, the fine ones in the mixture and the quantity of cement. He was carried out an analysis "cost-benefit" and he intended a solution to solve the existent problem, followed by the recommendation of designing the mortars again with the new results.

**Keywords:** Mortars, Flexion, Compression.

### **Introducción:**

#### **Definición de mortero.**

Los morteros se definen como mezclas de uno o más conglomerantes inorgánicos siendo el principal el cemento. También se puede adicionar cal como segundo conglomerante para aportar trabajabilidad y plasticidad. Otros componentes son los áridos silíceos, calizos; los aditivos químicos que pueden ser aireantes, plastificantes, retenedores de agua, hidrofugantes, retardante y el agua (Revista técnica cemento-hormigón, 2008).

#### **1. Surgimiento y desarrollo de los morteros en la construcción.**

El surgimiento de los morteros data de varios años. El aglomerante más utilizado fue la cal, que experimentó un importante desarrollo en el Imperio Romano, ya en esta época se presentaron los primeros testimonios del empleo de aditivos describiéndose las propiedades dispersantes de la clara de huevo y la sangre animal. También se describen fórmulas o recetas que incorporan refuerzos a base de fibra vegetal y animal (Revista técnica cemento-hormigón, 2008).

Los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertas cenizas volcánicas mezcladas con caliza y arena producían un mortero muy fuerte capaz de resistir la acción del agua dulce o salada. Estas cenizas las encontraron en un lugar llamado Puteoli conocido hoy como Puzzuoli, lo que dio su nombre al cemento de puzolana. Hasta el siglo XVIII sólo se utilizan los morteros de cal, yesos y materiales Puzolánicos.

El nombre de puzolana comenta (Monzón, 2002), se aplica también a otros productos que tienen propiedades análogas a las antes mencionadas como son las cenizas volantes, humo de sílice, cenizas de cáscara de arroz etc.

En 1824 fue patentado el cemento Portland que debe su nombre a motivos comerciales pues su color y dureza recuerdan a las piedras de Portland. El material fue obtenido mediante la calcinación a alta temperatura de una caliza arcillosa.

A finales del siglo XIX se perfeccionó el proceso de fabricación hasta llegar a los actuales cementos Portland íntimamente ligados a la producción de los morteros de hoy (Revista Construir, 2011).

En la actualidad la seguridad y comodidad son los factores que priman para el diseño y construcción de una vivienda. Estos barros, arcillas y cales son los precursores de los mortero actuales. En el presente la forma de aplicar los materiales no ha variado mucho en comparación con las técnicas y herramientas con las que contamos, el mortero sigue haciéndose mayormente manualmente.

El conocimiento científico y técnico de los morteros ha evolucionado en grandes medidas y seguirá en el orden que se siga investigando sus propiedades. De esta forma se puede seleccionar la materia prima y sus proporciones para lograr morteros que cumplan con los estándares internacionales de resistencia, permeabilidad, durabilidad entre otros.

## **Desarrollo:**

Los morteros realizados fueron elaborados con cemento PP-25, el material inerte utilizado fue arena y polvo de piedra procedente de la cantera Planta Libertad ubicada en la carretera central kilómetro 123, finca "Caoba", Limonar, provincia de Matanzas. Se caracterizó los materiales pétreos usados para la elaboración de los distintos diseños de mortero en cuanto a sus propiedades geométricas y físicas. Se dosificó cada diseño de mortero volumétrica y gravimétricamente, una vez elaborada la mezcla y endurecida a los 28 días se le realizó las mediciones de la resistencia a flexión y compresión.

## **2. Materiales y métodos utilizados en los diseños de los morteros.**

### **2.1. Materiales.**

#### **2.1.1. Cemento con adiciones.**

El cemento con adiciones según (Jiménez, 2000, p. 17) muestra un gran éxito en su producción mayormente por factores económicos; en lo referido al proceso de fabricación implica un significativo ahorro de energía eléctrica y por otra parte el aprovechamiento de los recursos naturales con que cuenta el país.

#### **- Componentes del cemento PP-25.**

El cemento Portland se obtiene de la pulverización del clinker, el cual es producto de la calcinación de materiales calcáreos y arcillosos. Está constituido por los siguientes compuestos químicos.

- ✓ Silicato tricálcico ( $SC_3$ ) conocido como alita, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el fraguado con un alto calor de hidratación, en un contenido de 45-60%.
- ✓ Silicato bicálcico ( $SC_2$ ) conocido como belita, el cual define la resistencia a largo plazo, de los componentes es el que presenta más bajo calor de hidratación, en un contenido de 15-30% según (O'Reilly 2012, p.23).
- ✓ Aluminato tricálcico ( $AC_3$ ), es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento y gran retracción en un contenido de 6-12%. Para retrasar este fenómeno es preciso añadirle yeso durante la fabricación del cemento.
- ✓ Ferro aluminato tetracálcico ( $FAC_4$ ), gran velocidad de hidratación y tiene bajo calor de hidratación en un contenido de 6-8% según (Harmsen, 2002, p. 11).

En los diseños de mortero con arena y polvo de piedra el cemento utilizado fue el Portland Puzolánico 25 (PP-25) proveniente de la planta de cemento de Cienfuegos "Carlos Marx", el cual cumple según el fabricante con todas las especificaciones de la norma NC 96: 2011 denominada Cemento con adiciones activas. Especificaciones.

El componente puzolánico que se utilizó como adición al material es la zeolita, la misma es una roca de origen volcánico compuesta por aluminio, silicio, sodio, hidrógeno y oxígeno. Estos componentes al reaccionar con la cal en presencia del agua dan como resultado productos como silicatos y aluminatos cálcicos hidratados que reúnen un conjunto de propiedades por lo que se le considera como puzolanas (Delgado, 2011, p. 26).

Siendo las puzolanas materiales que al reaccionar con los productos de la hidratación del cemento y el agua adquiere propiedades aglomerantes que no presentan individualmente. (Jiménez, 2000, p. 19).

La composición química, planteada por la planta de cementos de Cienfuegos "Carlos Marx", del cemento puzolánico PP-25 es:

- Clinker.....75%
- Zeolita.....19%
- Yeso.....6%

- El yeso se le agrega al cemento para retrasar el fraguado violento provocado por el Aluminato tricálcico, pero en demasía ocasiona daños al cemento. El mismo según (Howland, 2011) reacciona con minerales producto de la hidratación del cemento dando origen a la Estringita y la Taumasita, ambas producen un aumento de volumen generando grietas y la destrucción del elemento.

Estringita = (Aluminato Cálcicos Hidratados) + (Yeso)

Taumasita= (Silicatos Cálcicos Hidratados y Carbonato de Calcio) + (Yeso)

### **2.1.2. Agua.**

El agua utilizada en la elaboración, amasado y curado de los morteros fue potable, libre de aceites, materia orgánica y sustancias que pudiesen afectar el endurecimiento del mortero.

### **2.1.3. Árido.**

Con el objetivo de conocer las propiedades fundamentales que rigen el buen comportamiento de los áridos se le realizaron ensayos a través de la medición de sus propiedades físicas y geométricas como lo indican las normas correspondientes.

## **2.2. Métodos utilizados.**

Los métodos utilizados fueron los experimentales existiendo similitud entre los ensayos que caracterizan a la arena como el polvo de piedra.

### **2.2.1. Propiedades geométricas del árido.**

- **Determinación de la granulometría para la arena y el polvo de piedra. (NC 178: 2002).**

El procedimiento consistió en la determinación de las fracciones granulométricas de la arena y el polvo de piedra de la cantera Planta Libertad por medio de un tamizado mecánico garantizando la continuidad del movimiento de la muestra sobre la superficie del tamiz, como indica la norma NC 178: 2002

Una vez realizado el análisis se determinó, a consideración de los autores que los materiales pétreos arena y el polvo de piedra no cumple con los parámetros granulométricos, al no coincidir su escalón granulométrico con los normados en las normas NC 657: 2008 y NC 54-264: 1984 como lo muestra las **Tablas 1 y 2**.

**Tabla 1:** Inconformidad en los escalones granulométrico de la arena.

**Fuente:** Elaborado por los autores.

Apertura (mm)	Tamiz	% Pasado	Escalón Granulométrico normado NC 657: 2008
4,76	N°4	93	95-100
2,38	N°8	66	70-100

**Tabla 2:** Inconformidad en los escalones granulométrico del polvo de piedra.

**Fuente:** Elaborado por los autores.

Apertura (mm)	Tamiz	%PAS	Esperado		
			Categoría I	Categoría II	Categoría III
<b>2.38</b>	N°8	82	70-100	60-90	50-80
<b>1,19</b>	N°16	68	50-80	40-70	30-60
<b>0,59</b>	N°30	55	35-60	25-50	17-40
<b>0.295</b>	N°50	44	20-43	15-35	18-28
<b>0,149</b>	N°100	33	8-25	6-20	4-17
<b>0,074</b>	N°200	22	4-15	2-15	0-10

**- Determinación del material más fino que el tamiz N°. 200 (NC 182: 2002).**

El ensayo consistió en lavar el material a ensayar en reiteradas ocasiones y tamizar al mismo tiempo las partículas finas que pasan por el tamiz N°200 - 0,074mm existentes en los áridos, como lo indica NC 182: 2002.

Los autores consideran, basándose en las normas NC 657: 2008 que el porcentaje de material que pasa por el tamiz 0,074mm (No.200) de 4,6% es un resultado válido para la elaboración de mezclas de morteros ya que la misma considera aceptable hasta un 10% de material más fino que el tamiz 200 con respecto a su peso seco.

**- Determinación de las partículas de arcilla (NC 179: 2002).**

Se determinó las partículas de arcilla en la muestra de arena de la cantera Planta Libertad por medio de la selección y una vez extraídas se determinó qué porcentaje representan del total de la muestra, según la norma NC 179: 2002.

El ensayo demostró que la arena se encontraban limpia de terrones de arcilla, por lo que no se verá afectada, a consideración de los autores, la resistencia mecánica producto a expansiones en la mezcla endurecida, ni afectaciones de la adherencia (pasta-árido) por el recubrimiento que forman dichas impurezas sobre el árido que no le permiten interactuar correctamente con el cemento.

**2.2.2. Propiedades físicas del árido.**

**- Determinación de los pesos específicos y absorción de agua (NC 186: 2002).**

Se obtuvo los pesos específicos y la absorción de agua por medio del pesaje de la arena en estado seco y saturado en agua como indica la norma NC 186: 2002.

En el diseño de la mezcla la absorción de agua a consideración de los autores, influyó en la consistencia del mortero ya que al adicionarle agua en la amasadora las partículas absorbieron agua provocando una disminución de la laborabilidad.

Los resultados de los pesos específicos de la arena, según los autores, cumplieron con la condición establecida en la norma NC 251: 2005 pues los pesos específicos obtenidos fueron mayores que 2,5 g/cm<sup>3</sup> y su absorción no superó el 3% de la masa seca del mismo.

**- Determinación de los pesos volumétricos (NC 181: 2002).**

La determinación del peso volumétrico se realizó mediante pesadas del material con un recipiente calibrado de volumen conocido.

**3. Análisis y discusión de los resultados.**

**3.1. Dosificación.**

Se realizó la dosificación de ocho morteros de albañilería con cemento PP-25 proveniente de la planta de cemento de Cienfuegos "Carlos Marx", arena y polvo de piedra de la cantera Planta Libertad, del municipio de Limonar, en la provincia de Matanzas.

Los diseños de morteros fueron realizados usando como referencia los normados en la NC 175: 2002, variando en ocasiones según criterio de los autores las cantidades de material como lo muestra la **Tabla 3** hasta alcanzar los parámetros deseados: consistencia y fluidez adecuada.

**Tabla 3:** Dosificaciones gravimétricas y volumétricas de los morteros diseñados.

**Fuente:** Elaborado por los autores.

No	Diseños	Cantidad	c (kg)	a (kg)	p (kg)	c (kg)	a (kg)	p (kg)	R (a/c)	w (ml)	Densidad (g/ml)
1	Pega de bloque		389.6	887.5	889.2	1	2	2	1.6	623.3	1,93

2	Resano grueso	1 m <sup>3</sup>	311.7	1377.3	667.3	1	4	2	2.5	779.2	2,05
3	Resano fino		389.6	1212.5	416.7	1	3	1	1.8	701.3	1,91
4	Mezclón y mortero de cubierta		187	-	2134	1	-	10	3.5	654.5	2,04
5	Colocación de gres		467.5	516.5	1001	1	1	2	1.5	701.3	1,87
<b>No</b>	<b>Diseños</b>		<b>c</b>	<b>a</b>	<b>p</b>	<b>c</b>	<b>a</b>	<b>p</b>	<b>R</b>	<b>w</b>	<b>Densidad</b>
			<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(a/c)</b>	<b>(ml)</b>	<b>(g/ml)</b>
6	Colocación de mosaicos	1 m <sup>3</sup>	222.6	1267.9	1016	1	5	4	2.6	578.8	2,01
7	Mortero para juntas prefabricados		425	968.2	485	1	2	1	2	850	1,95
8	Mortero para pre-piso		322.4	1469	367.9	1	4	1	2	644.8	1,94

**Leyenda:**

- **c:** cemento.
- **a:** arena.
- **p:** polvo de piedra.
- **R a/c:** Relación agua-cemento.
- **w (ml):** agua.

**3.2. Propiedades mecánicas de los morteros.**

Las propiedades mecánicas del mortero están definidas como la capacidad de resistir las acciones externas del medio.

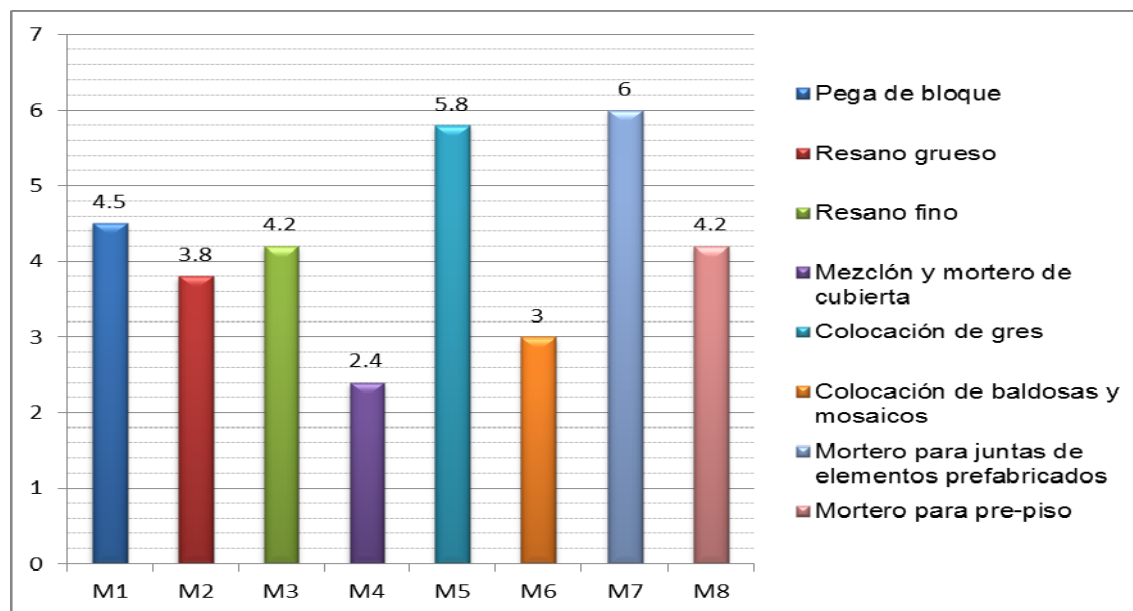
**3.2.1. Determinación de la consistencia en la mesa de sacudidas (NC 170: 2002).**

La consistencia es la propiedad que tiene el mortero en estado fresco de deformarse. Los factores que causan variación de esta propiedad son los tamaños máximos del árido, granulometría, forma y cantidad de agua (Jiménez, 2000, p. 75) considera este último factor determinante de la consistencia de un mortero, ya que de usar agua en exceso provocaría una disminución de la misma provocando la disgregación de las partículas inertes y la disminución de la durabilidad del elemento por la aparición de poros por la evaporación del agua sobrante de la mezcla.

La consistencia se determinó en la mesa de sacudida según la norma NC 170: 2002 a cada diseño de morteros.

### 3.2.2. Resistencia a flexión.

La resistencia a flexión se midió mediante la rotura en dos mitades de la briqueta por la acción de una carga concentrada en el centro de la luz de la misma. Según (Vázquez 2012, p.73), la velocidad de carga se mantuvo uniforme a razón de 0.2 kN/s para lograr uniformidad en la recogida de los valores, siendo el resultado de cada diseño el valor medio de las seis probetas rotas como muestra la **Figura 1**, según NC 54-207:1980 y NC 506: 2007.



**Figura 1:** Resistencia a flexión de los morteros propuestos con cemento PP-25.

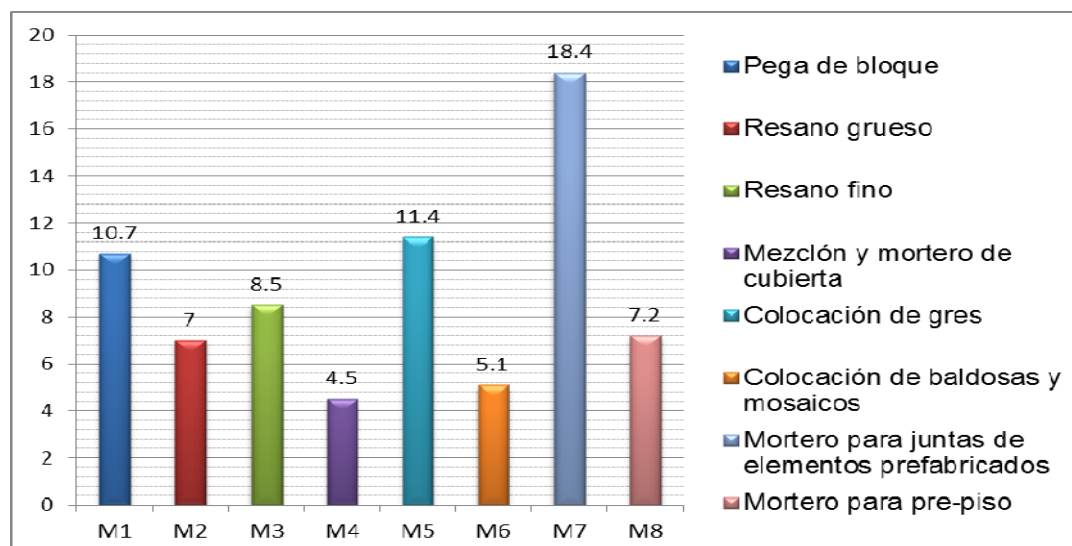
**Fuente:** Elaborado por los autores.

### 3.2.3. Resistencia a compresión.

Una vez concluido con el ensayo a flexión con cada una de las mitades resultantes del ensayo anterior se acometió el ensayo a compresión aplicando el esfuerzo en una sección de 40x40mm sobre las dos caras laterales de la briqueta, según NC 506: 2007, como muestra la **Figura 2**.

La resistencia a compresión es inversamente proporcional a la relación agua/cemento, ésta debe ser tan baja como sea posible pero siempre cuidando que mantenga una adecuada laborabilidad y compacidad del mortero; debe evitarse el fenómeno de la segregación del árido por el exceso de agua de amasado (Jiménez, 2000, p. 44)





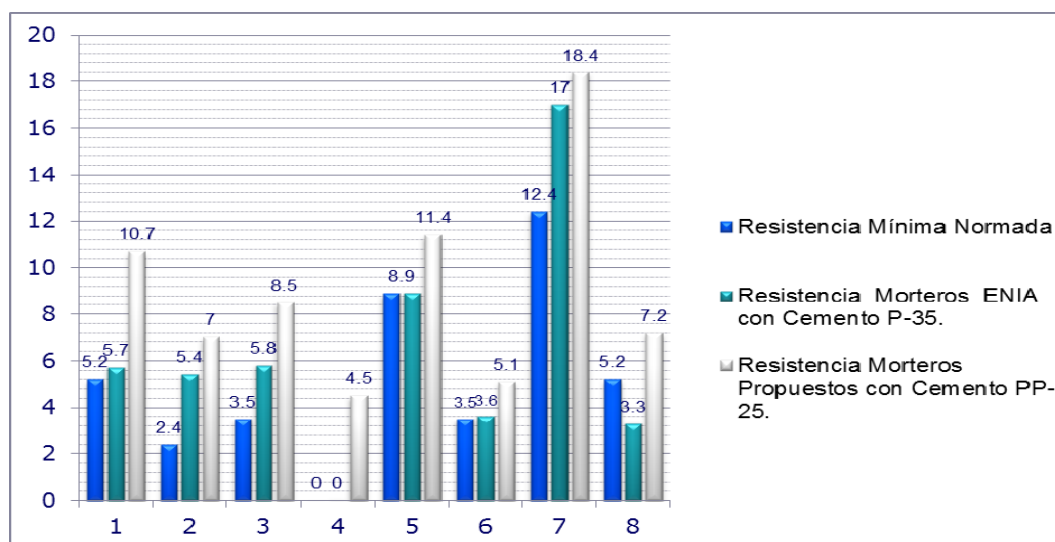
**Figura 2:** Resistencia a compresión de los morteros propuestos con cemento PP-25.

**Fuente:** Elaborado por los autores.

**- Comparación de los valores de resistencia a compresión a los 28 días de los valores de los morteros normados en NC 175: 2002, los realizados en los laboratorios de materiales de la ENIA y los morteros propuestos.**

En el laboratorio de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA) se realizaron los diseños de un grupo de morteros con las mismas aplicaciones del mortero propuesto pero en este caso el aglomerante usado fue el cemento P-35.

La NC 175: 2002 establece las resistencias mínimas a compresión a los 28 días para morteros de albañilería las cuales se comparan con los valores obtenidos de la medición de los valores de los morteros elaborados por la ENIA y los morteros propuestos como se muestran en la **Figura 3**.



**Figura 3:** Comparación de los morteros normados NC 175: 2002, los realizados en los laboratorios de materiales de la ENIA y los morteros propuestos.

**Fuente:** Elaborado por los autores

#### **- Factores que influyen en la resistencia a compresión.**

Los factores que pueden afectar la resistencia a compresión según (Vázquez, 2013, p.8) se muestran a continuación.

- Relación agua / cemento.
- Características del cemento.
- Características del árido.
- Temperatura del ambiente de curado.
- Edad del mortero.
- Grado de compactación.
- Condiciones de ensayo.
- Humedad del ambiente de curado.
- Toma de muestras y condiciones de almacenaje.

Son disimiles los factores que incidieron en la resistencia a compresión según (Vázquez, 2012, p. 78), donde unos fueron más determinantes que otros en la variación de los resultados alcanzados.

Según los autores, realizando un análisis de las condiciones de trabajo, característica del agregado pétreo, dosificaciones utilizadas y condiciones de ensayo, los factores que tuvieron mayor relevancia en los resultados de resistencia fueron: cantidad de material inerte, cantidad de cemento, cantidad de agua y las condiciones en que se efectuó el ensayo de las briquetas.

Los componentes pétreos en la mezcla de mortero, según (Vázquez, 2012, p. 65), reducen la resistencia a compresión al no presentar una granulometría continua conforme lo indica la NC 251: 2005. Esto provocó el inadecuado acoplamiento entre las partículas causando vacíos en el interior del mortero pasando a ser ocupados por la pasta de cemento.

El cemento resultó, según (Vázquez, 2013, p. 8), el factor determinante en el aumento de la resistencia a compresión de los diseños de morteros realizados. Los gráficos obtenidos demuestran una relación de accenso a medida que se le aumenta la acción del cemento en los morteros propuestos.

De acuerdo con la norma NC 175: 2005 los morteros se clasifican por la resistencia a la compresión a los 28 días, teniendo en cuenta su futura aplicación siendo el mortero para juntas de elementos prefabricados el que alcanza la mayor resistencia a compresión por ser el mortero que tiene mayor acción del cemento sobre todas las partes de árido.

En el caso del mortero de colocación de gres, aunque se le añadió menos cantidad de agua que el mortero para juntas prefabricadas posee el doble de partes en cuestión del agregado fino. Este aunque se encuentra libre de partículas de arcilla disminuye la acción del cemento por lo que reduce la resistencia del mortero.

Otro de los factores que aceleraron la resistencia a compresión, a criterio de los autores, está relacionado con la aplicación de las cargas, ya que velocidades violentas en la rotura de las briquetas arrojaron resultados que se despreciaron por discrepar más del diez por ciento del valor medio.

Los valores de resistencia a la compresión superaron en demasía a los normados como se muestra en la Figura 3, otorgando adecuada resistencia e impermeabilidad ante los factores medioambientales a los morteros diseñados. Esto a su vez es proporcional con el consumo de cemento, por lo que se analiza una solución en cuanto al aspecto "costos beneficios" y se ofrecen nuevas cantidades de cemento por tipos de morteros, que de realizarse nuevamente el ensayo servirá de base para un nuevo diseño.

### **3.3. Análisis "costo beneficio".**

La obtención de un análisis "costo beneficio" en la realización de morteros con cemento P-35 y PP-25, demostró que la elaboración de morteros con cemento PP-25 para 1m<sup>3</sup> equivale a un valor de

23.64 CUP, en cambio el costo del mortero producido con P-35, a pesar que requiere de menos cantidad de cemento es de 26.48 CUP. Esto conlleva a un ahorro de 2.84 CUP por tonelada de cemento con la elaboración de morteros de albañilería con cemento PP-25.

El Grupo Empresarial de la Construcción de Matanzas (GECMA) en el año 2011 produjo un volumen de mortero de 6564 m<sup>3</sup> con un consumo de cemento de 1069 t, lo que conlleva un ahorro financiero de 3034.81 CUP con la utilización de Cemento Portland Puzolánico 25.

**Tabla 4:** Índices de consumo del GECMA, hasta diciembre del 2011.

**Fuente:** Elaborado por los autores.

Empresa	Mortero (m <sup>3</sup> )	Cantidad de cemento P- 35 (t)
GECMA	6564	1069

En el año 2011 el GECMA (Grupo Empresarial de la Construcción de Matanzas) utilizó un volumen de morteros de 6554 m<sup>3</sup> de esta cantidad 1069 t le corresponden al cemento Portland 350.

**Tabla 5:** Beneficios del empleo de cemento P -25.

**Fuente:** Elaborada por los autores.

Cementos	Mortero (m <sup>3</sup> )	Cantidad de cemento (t)	Costo (CUP)	Diferencia (CUP)
P-35	6564	1069	28308.34	3034.81
PP-25			25273.53	

Según los resultados mostrados en la Tabla 5 para 6564m<sup>3</sup> de mortero en el GECMA consumieron 1069 t de cemento, el costo de esta cantidad de cemento utilizada para 1m<sup>3</sup> se multiplica por el total de cemento empleado en la realización de los morteros. Además se puede apreciar la diferencia monetaria de emplear el cemento PP-25 por encima del cemento P-35.

### Conclusiones:

1. La caracterización de la arena y polvo de piedra influyó decisivamente en los valores de resistencia mecánica de los morteros obtenidos experimentalmente.
2. El mortero con cemento PP-25, arena y polvo de piedra a los 28 días muestra un aumento de resistencia a la compresión con respecto a lo establecido en la NC 175: 2002.
3. Los morteros de albañilería son más factibles elaborarlos con cemento PP-25 por las fuertes resistencias a la compresión que brindan y por el indudable menor costo económico.

### **Referencias Bibliográficas:**

1. Aditivos para el hormigón (2008). Revista técnica Cemento hormigón, [En línea]. Madrid (España), No 922: Ed. cemento S. L. [Citado el: 20 de abril del 2012]. Web [www.cemento-hormigon.com](http://www.cemento-hormigon.com).
2. Gómez, Adrián (2011). Morteros Uniendo estructuras. Revista construir./s.e/.
3. Harmsen, Teodoro. E (2002). Diseño de estructura de concreto armado. 3<sup>era</sup> edición. Perú. Fondo editorial.
4. Jiménez Montoya, Pedro (2000). Hormigón armado. 14 ediciones. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, S. A.
5. J. Monzón, J. Payá...et al (2002). El factor de eficiencias cementante de puzolanas silíceas y sílico-aluminosas muy reactivas. VIII Congreso Nacional de Propiedades Mecánicas de Sólidos. Valencia. /s.e/.
6. NC 178: 2002. Análisis granulométrico. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de La Habana, Cuba.
7. NC 657: 2008. Áridos para morteros de albañilería. Especificaciones. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de La Habana, Cuba.
8. NC 506: 2007. Cemento hidráulico. Métodos de ensayo. Determinación de la resistencia mecánica. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de La Habana, Cuba.
9. NC 179: 2002. Determinación del contenido de partículas de arcilla. Método de ensayo. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de La Habana, Cuba.
10. NC 181: 2002. Determinación del peso volumétrico. Método de ensayo. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de La Habana, Cuba.
11. NC 182: 2002. Determinación del material más fino que el tamiz de 0,074 mm (No. 200). Método de ensayo. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de La Habana, Cuba.
12. NC 177: 2002. Determinación del porcentaje de huecos. Método de ensayo. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de La Habana, Cuba.
13. NC 170: 2002. Morteros frescos. Determinación de la consistencia en la mesa de sacudidas. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de La Habana, Cuba.
14. NC 175: 2002. Morteros de albañilería. Especificaciones. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de La Habana, Cuba.
15. NC 54-207-1980. Materiales y productos de la construcción. Cemento, ensayos compresión - flexión físico-mecánicos. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de La Habana, Cuba.
16. NC 54-264: 1984. Materiales producto de la construcción. Polvo de piedra. Especificaciones de calidad.
17. NC 186: 2002. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayo. Oficina Nacional de Normalización Ciudad de La Habana, Cuba.
18. NC 251: 2005. Áridos para hormigones hidráulicos. Requisitos.
19. O'Reilly Díaz, Vitervo A (2012). Métodos para dosificar hormigones de elevado desempeño. Capítulo III, p. 23: editorial Científico- Técnica. La Habana, Cuba.
20. Vázquez Rodríguez, Argelio; León Consuegra, Liset (2013). VI Convención Científica Internacional de la Universidad de Matanzas, CIUM'2013, III Taller de Ingenierías y Ciencias Básicas. Matanzas, Cuba.
21. Vázquez Rodríguez, Argelio (2012). Evaluación de los diseños de morteros con cemento PP-25, arena y polvo de piedra. Matanzas. 95 h. Trabajo de diploma. Universidad de Matanzas.