

**COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE REFRENTADO DE  
NEOPRENO Y YESO EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA Y MURETES  
FALLADOS A COMPRESIÓN.**

**JORGE LUIS GONZÁLEZ REYES  
JOSE MARIO TORRES USTARIZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL  
BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2010**

**COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE REFRENTADO DE  
NEOPRENO Y YESO EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA Y MURETES  
FALLADOS A COMPRESIÓN.**

**JORGE LUIS GONZÁLEZ REYES  
JOSE MARIO TORRES USTARIZ**

**Tesis de grado como requisito para optar  
al título de Ingenieros Civiles**

**Director:  
CLAUDIA PATRICIA RETAMOSO LLAMAS  
M.I.C. Ingeniera Civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL  
BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2010**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bucaramanga, Noviembre de 2010.

*Dedicamos este trabajo a  
Dios porque lo ha hecho  
todo posible y a nuestros  
padres por su continuo  
apoyo y amor.*

## **AGRADECIMIENTOS**

En primera instancia le damos gracias a Dios por darnos la oportunidad de tener estudios profesionales, a nuestros padres por su incondicional apoyo y su gran esfuerzo por educarnos, a nuestra directora de tesis la ingeniera Claudia Patricia Retamos Llamas por su apoyo y por brindarnos sus conocimientos que nos orientaron en el desarrollo de nuestra formación, gracias a cada una de aquellas personas que nos ayudaron en el proceso de aprendizaje en nuestra vida universitaria.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	8
1. OBJETIVOS.....	10
1.1. Objetivo General.....	10
1.2. Objetivos Específicos.....	10
2. METODOLOGIA.....	11
2.1. Caracterización de la Materia Prima.....	11
2.2. Selección del tipo de ensayos en las unidades y los muretes. ....	11
2.3. Características de las unidades de mampostería.....	12
2.4. Resistencia a Compresión del Yeso – Caolín para el refrentado..	13
2.5. Preparación de mortero tipo M. ....	13
2.6. Realización de Muretes de Mampostería H - 10.....	14
2.7. Refrentado de unidades de mampostería.....	14
2.8. Ensayos de compresión.....	15
2.9. Análisis de resultados.....	18
2.10. Conclusiones y recomendaciones.....	18
3. JUSTIFICACIÓN.....	19
4. ALCANCE.....	20
5. MARCO TEÓRICO.....	21
5.1. Mampostería.....	21
5.1.1. Unidades de Mampostería.....	23
5.1.1.1 Ladrillos y baldosas de arcilla para construcción.....	23
5.1.2. Fabricación de Ladrillos.....	24
5.1.3. Grados y tipos:.....	26
5.1.3.1 Clasificación de las unidades de mampostería según su grado. ..	26
5.1.4. Propiedades de los ladrillos.....	28
5.2. El mortero.....	29
5.2.1. Mortero para las Unidades de Mampostería.....	30
5.2.2. Mezcla y Propiedades de Morteros.....	32
5.2.3. Comportamiento de mortero.....	32
5.3. Yeso.....	33
5.4. Neopreno.....	34
5.4.1. Características del Neopreno.....	34
5.4.2. Antecedentes del uso del neopreno como material de refrentado.	35
5.5. Compresión.....	35
5.5.1. Determinación experimental de propiedades a la compresión. ....	36
5.5.1.1 Respuesta de los materiales al esfuerzo aplicado.....	36
5.6. Mecánica de fractura.....	38
6. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	40
6.1. Yeso.....	40
6.2. Compresión en unidades de mampostería.....	43
6.3. Compresión en mortero de pega tipo M.....	46
7. RESULTADOS.....	47
7.1. Resistencia a la compresión cubos de mezcla yeso – caolín. ....	47
7.2. Resistencia a la compresión del mortero de pega.....	47

7.3.	Esfuerzo de Compresión en unidades de mampostería. ....	48
7.3.1.	Esfuerzos de compresión en Unidades H – 10. ....	48
7.3.2.	Esfuerzos de Compresión en Unidades H – 15. ....	49
7.4.	Esfuerzos de Compresión en muretes construidos con Unidades H – 10. ....	50
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS. ....	52
8.1.	Esfuerzos de Compresión en el refrentado realizado con yeso – caolín. ....	52
8.2.	Esfuerzos de Compresión Unidades de Mampostería. ....	55
8.2.1.	Esfuerzos Unidades de Mampostería H – 10. ....	55
8.2.2.	Esfuerzos Unidades de Mampostería H – 15. ....	58
8.3.	Esfuerzos de compresión muretes de unidades de mampostería H – 10. ....	61
9.	CONCLUSIONES. ....	65
10.	RECOMENDACIONES. ....	67
11.	BIBLIOGRAFÍA. ....	68

#### **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO 1.	ESFUERZOS DE COMPRESIÓN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA H – 15 REFRENTADAS CON NEOPRENO. ....	69
ANEXO 2.	ESFUERZOS DE COMPRESIÓN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA H – 10 REFRENTADAS CON NEOPRENO. ....	73

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Esfuerzos de Compresión, Absorción y Coeficiente de Saturación según la ASTM. ....	27
Tabla 2.	Esfuerzos máximos y Absorción de Agua según Norma Técnica Colombiana (NTC) .....	28
Tabla 3.	Requerimientos, especificaciones y relación de agregados del mortero de la unidad de mampostería .....	31
Tabla 4.	Proporciones en volumen de material cementante del mortero de pega. ....	31
Tabla 5.	Resultados Esfuerzos Yeso 70% - Caolín 30%. ....	41
Tabla 6.	Resultados Esfuerzos Yeso 60% - Caolín 40%. ....	42
Tabla 7.	Resultados Esfuerzos Yeso 50% - Caolín 50%. ....	43
Tabla 8.	Esfuerzo de Compresión de Unidades H – 10 refrentadas con yeso y caolín. ....	44
Tabla 9.	Esfuerzo de Compresión de Unidades H – 15 refrentadas con yeso y caolín. ....	45
Tabla 10.	Esfuerzos de Compresión Mortero de Pega. ....	46
Tabla 11.	Resultados resistencia a la compresión de la relación yeso-caolín. ....	52
Tabla 12.	Promedio, Desviación Estándar, Correlación, Límite Mínimo y Máximo unidades H - 10. ....	55
Tabla 13.	Promedio, Desviación Estándar, Correlación, Límite Mínimo y Máximo unidades H - 15. ....	58
Tabla 14.	Promedio, Desviación Estándar, Correlación, Límite Mínimo y Máximo muretes con unidades H - 10.....	61



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Muretes de Mampostería H - 10. ....	11
Figura 2.	Unidades de mampostería.....	12
Figura 3.	Mezcla de yeso-caolín en los Moldes. ....	13
Figura 4.	Cubos de Mortero tipo S. ....	13
Figura 5.	Construcción de Muretes. ....	14
Figura 6.	Refrendo en muretes y unidades de mampostería. ....	15
Figura 7.	Máquina universal.....	15
Figura 8.	Ensayo a la compresión en muretes con neopreno.....	16
Figura 9.	Aplicación de la carga a la compresión.....	16
Figura 10.	Falla de compresión en muretes y unidades de mampostería.....	17
Figura 11.	Falla de compresión en muretes y unidades de mampostería.....	17
Figura 12.	Control de mando equipo automático de captura de datos de la Máquina Universal. ....	18
Figura 13.	Muro de mampostería hueco o divisorio. ....	22
Figura 14.	Muro de Piedra. ....	22
Figura 15.	Muros livianos. ....	23
Figura 16.	Unidades de mampostería.....	23
Figura 17.	Bloque de Concreto .....	24
Figura 18.	Proceso de Fabricación de las Unidades de Mampostería. ....	25
Figura 19.	Rollos y Placas de Neopreno.....	34
Figura 20.	Efectos del Coeficiente de Poisson en la Mampostería.....	37
Figura 21.	Falla del Buque Tanque T – 2.....	38
Figura 22.	Esfuerzos de Compresión refrentado en yeso y caolín.....	47
Figura 23.	Esfuerzos de Compresión del Mortero de Pega. ....	48
Figura 24.	Esfuerzos de Compresión Unidades H – 10. ....	49
Figura 25.	Esfuerzos de Compresión Unidades H – 15. ....	50
Figura 26.	Esfuerzos de compresión con muretes de unidades H – 10.....	51
Figura 27.	Esfuerzos promedios, desviación estándar y valor de la Norma Técnica Colombiana yeso - caolín .....	53
Figura 28.	Correlación entre desviación estándar y promedio para las diferentes mezclas de yeso – caolín.....	54
Figura 29.	Datos máximos y mínimos de esfuerzos de compresión de las diferentes mezclas de yeso – caolín. ....	54
Figura 30.	Esfuerzo y Desviación Estándar Unidades de Mampostería H – 10. ....	56
Figura 31.	Porcentajes de Correlación entre Desviación Estándar y Promedio Unidades H – 10.....	57
Figura 32.	Rango de datos de los esfuerzos obtenidos con refrentado en yeso y neopreno Unidades H – 10.....	58
Figura 33.	Esfuerzos promedio y desviación estándar unidades de mampostería H – 15. ....	59

Figura 34.	Correlación entre desviación estándar y promedio de esfuerzos en unidades de mampostería H – 15. ....	60
Figura 35.	Rango de datos de los esfuerzos obtenidos con refrentado en yeso y neopreno Unidades H – 15.....	60
Figura 36.	Esfuerzos y desviación estándar muretes construidos con unidades de mampostería H – 10.....	62
Figura 37.	Coefficiente de relación de desviación estándar y promedio de esfuerzos en muretes de unidades H – 10. ....	63
Figura 38.	Rango de datos de los esfuerzos obtenidos con refrentado en yeso y neopreno Muretes con unidades H – 10.....	64



## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

<b>TÍTULO:</b>	COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE REFRENTADO DE NEOPRENO Y YESO EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA Y MURETES FALLADOS A COMPRESIÓN.
<b>AUTOR(ES):</b>	JORGE LUIS GONZÁLEZ REYES JOSE MARIO TORRES USTARIZ
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Ingeniería Civil
<b>DIRECTOR(A):</b>	Claudia Patricia Retamoso Llamas

### RESUMEN

En este trabajo se estudian dos materiales de refrentado yeso y neopreno en unidades y muretes de mampostería. Se seleccionaron 3 tipos de ladrillos (H-10, H-15 y temosa), se probaron 30 unidades de cada muestra con yeso y caolín en proporción 60% - 40% y tres espesores de neopreno ( $\frac{3}{8}$ ",  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ " ), Se ensayaron muretes con ladrillo H-10 refrentado con yeso y neopreno y uniendo las unidades con mortero de pega tipo M un espesor de 1 cm, estas muestras fraguaron durante 28 días, con el fin de que el mortero alcance su resistencia máxima, después de tener este tiempo se procedió a refrentar 30 muretes con yeso y caolín con la misma relación antes mencionada, a los 90 muretes restantes se les aplicó una mezcla de caolín en las caras inferior y superior para que estas tuvieran una superficie regular y paralela, logrando así que la carga aplicada sea lo más axial posible, para el refrentado de neopreno. En los ensayos de compresión se utilizaron: la máquina geotest para las unidades de mampostería, que consistió en la colocación de la unidad refrentada con una platina de hierro en ambas caras para que la carga sea uniforme. En la máquina universal se ensayaron los muretes en donde se colocó la muestra con el neopreno en ambas caras y la platina de hierro, para ensayarlos y obtener los datos de la resistencia a compresión. De la misma manera se utilizó la relación yeso-caolín donde se observaron los resultados y se estableció que el esfuerzo de compresión tanto en unidades, como en muretes disminuye cuando se realiza el refrentado con neopreno, por lo cual se establece que parecería no muy prudente utilizar este material para realizar este procedimiento en el laboratorio.

**PALABRAS CLAVES:** Neopreno, Yeso, Azufre, Refrentado, Unidad, Mampostería, Murete.



## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

- TÍTULO:** COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE REFRENTADO DE NEOPRENO Y YESO EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA Y MURETES FALLADOS A COMPRESIÓN.
- AUTOR(ES):** JORGE LUIS GONZÁLEZ REYES  
JOSE MARIO TORRES USTARIZ
- FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Civil
- DIRECTOR(A):** Claudia Patricia Retamoso Llamas

### ABSTRACT

In this paper we study two gypsum facing material neprene and low walls of masonry units. We selected three (3) types of bricks (H – 10, H – 15 and gingerly), we tested thirty (30) units from each sample with gypsum and kaolin in proportion 60% - 40% and three layers of neoprene ( $\frac{3}{8}$ ",  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ " ), low walls composed by units H – 10, were tested facing brick with plaster and neoprene and pulling the units with type S mortar hit a thickness of 1 cm, these samples plotted for 28 days, so that the mortar reaches its maximum strength, this time after having proceeded to Facing 30 low walls with gypsum and kaolin with the same ratio mentioned above, the low walls remaining 90 were administered a mixture of kaolin in the upper and lower sides so that they have a regular surface and parallel thus ensuring that the applied load is axial as possible to the facing of neoprene used 3 different thicknesses ( $\frac{3}{8}$ ",  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ " ). In the compression tests were used: the machine Geotest for masonry units, which consisted in placing the unit facing a plate of iron on both sides so that the load was uniform. In the universal machine was tested between the walls where the sample was placed on both sides neoprene and iron plate, to try and get the data of compressive strength. In the same way we used gypsum-kaolin relationship where they observed the results and established that the compressive stress in both units, as low walls decreases as the facing is made with neoprene, so it states that seem not very wise use this material to perform this procedure in the laboratory.

**KEY WORDS:** Neoprene, Gypsum, Sulfur, Unit Masonry, light wall.

## INTRODUCCIÓN

En resultados obtenidos en trabajos de grado anteriores, se observó el comportamiento de esfuerzos de compresión de las unidades de mampostería cuando se utiliza el neopreno como refrentado, en esa oportunidad no se realizaron comparaciones con un refrentado permitido por la Norma Técnica Colombiana (NTC – 4205), razón por la cual se motivó este trabajo de grado, realizándose un refrentado en yeso y caolín, para obtener esfuerzos de compresión confiables y comparables con los refrentados en Neopreno del Trabajo de Grado Anterior<sup>1</sup>. En la Norma Técnica Colombiana (NTC – 504), se observa el procedimiento para refrentar cilindros de concreto, en la Norma Técnica Colombiana NTC – 4205 “Unidades de Mampostería de Arcilla Cocida, Ladrillo y Bloques Cerámicos”, no se permite refrentar con neopreno, cosa contraria a lo permitido en los cilindros de concreto. Se tiene validez en la NTC – 4205, como materiales de refrentado el azufre y el yeso, únicamente.

Está comprobado que el manejo del azufre es perjudicial para la salud ya que se presentan problemas de quemaduras, contaminación, asfixia por inhalación, etc. Estas consecuencias se deben tener en cuenta a la hora de la manipulación del material ya mencionado, en el año 1993 se comenzó a implementar el neopreno como un material de refrentado siendo válida su utilización aprobado por la Norma Técnica Colombiana (NTC-3708-95) para remplazar el azufre, como se insiste en el caso de cilindros de concreto.

En primer lugar se observa la resistencia a la compresión de las diferentes relaciones de yeso-caolín para poder establecer cuál era la más apropiada para probar las unidades de mampostería. Los porcentajes de yeso – caolín utilizados fueron: 70% -30%, 60%-40% y (50%-50%).

Después de tener los resultados de resistencia a la compresión de los cubos de yeso - caolín, se procede a establecer las unidades de mampostería que se probarían en ensayos de compresión, acordando utilizar por lo menos las unidades H – 10 y H – 15, de la misma empresa que se utilizaron en el trabajo de grado anterior. Con las unidades temosa, se presentó un inconveniente, por cuanto la empresa que fabricaba los ladrillos utilizados antes, no siguió desarrollando este material, por lo cual se decidió utilizar unidades de mampostería temosa de otra empresa diferente, por esta razón, los resultados obtenidos en este trabajo de grado para ese tipo de unidad, no se comparan con el trabajo de grado anterior.

---

<sup>1</sup>DOMÍNGUEZ ACERO, JHON EDINSON. NIÑO GUTIÉRREZ, OSCAR MAURICIO. Unidades de Mampostería (H – 10, H – 15, Temosa) con Refrentado en Neopreno (Espesor 3/8”, 1/2”, 3/4”). Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingenieros Civiles. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. 2008.

Para cada tipo de unidad y murete se ensayaron únicamente 30 piezas, el neopreno se utilizó en tres (3) espesores: 3/8", 1/2" y 3/4".

Después de tener los resultados tanto de esfuerzos de compresión con refrentado en yeso y neopreno respectivamente, se observa cual es el material que más conviene utilizar de los dos, y se explicarán los análisis de resultados para poder establecer si es válido refrentar las unidades de mampostería con neopreno.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1. Objetivo General.

Comparar los resultados entre la resistencia a la compresión en unidades de mampostería y muretes refrentados en neopreno y en yeso.

### 1.2. Objetivos Específicos.

Realizar el ajuste de mezcla de yeso a utilizar para el refrentado con este material, de tal manera que se cumpla con las especificaciones de la NTC – 4205 “Unidades de Mampostería de Arcilla Cocida, Ladrillo y Bloques Cerámicos” al respecto de este valor.

Determinar la resistencia a la compresión de las unidades de mampostería (H – 10, H - 15 y Temosa) refrentadas con yeso.

Determinar la resistencia a la compresión de muretes de mampostería realizados con unidades de mampostería H – 10, refrentados con yeso y neopreno de diferentes espesores ( $\frac{3}{8}$ ”,  $\frac{1}{2}$ ” y  $\frac{3}{4}$ ”).

Realizar la comparación de resultados entre la resistencia a la compresión de las unidades refrentadas con yeso y con los neoprenos de diferentes espesores.

Realizar la comparación de resultados entre la resistencia a la compresión de los muretes refrentados con yeso y con los neoprenos de diferentes espesores.

## 2. METODOLOGIA

Para tener una secuencia lógica del trabajo que se realizó en el proyecto de grado, se tendrá en cuenta el siguiente orden:

### 2.1. Caracterización de la Materia Prima.

Se escogieron 330 unidades de mampostería de una ladrillera reconocida en Girón Santander. Distribuidas en unidades de ladrillo H-10, H-15 y temosa. Se trabajaron unidades de mampostería no estructural tipo H-10 (270 unidades), H-15 (30 unidades), y temosa (30 unidades) que son las más conocidas y utilizadas en el gremio de la construcción. En la Figura 1, se observan las unidades ya ensambladas en el murete para ensayar a compresión.



Fuente: propia

**Figura 1. Muretes de Mampostería H - 10.**

### 2.2. Selección del tipo de ensayos en las unidades y los muretes.

En el trabajo de grado titulado: “Unidades de mampostería (H – 10, H – 15, temosa) con refrentado en neopreno (espesor  $\frac{3}{8}$ ”,  $\frac{1}{2}$ ”,  $\frac{3}{4}$ ””, realizado por los Ingenieros Oscar Mauricio Niño Gutiérrez y Jhon Edinson Domínguez Acero, se empezó a implementar la utilización del neopreno como material para realizar el refrentado en las unidades de mampostería.

En tesis posteriores, se realizó un aparato para realizar el refrentado con yeso o azufre, de tal manera que se cumplen con las especificaciones de la Norma Técnica Colombiana, para realizar el refrentado de estas unidades cerámicas.

Por esta razón, se quiere realizar la comparación de los resultados obtenidos en el trabajo de grado mencionado, y este trabajo de grado, de tal manera que se observe la diferencia de resultados del refrentado con neopreno y el refrentado en yeso.



En el trabajo de grado anterior, únicamente se tuvieron en cuenta unidades de mampostería, refrentadas con neopreno, en este trabajo de grado, se realizará la comparación con las mismas unidades, pero refrentadas con yeso, para observar cual es la diferencia entre las dos. Cabe anotar que las unidades H – 10 y H – 15 de este trabajo de grado, se adquirieron en la misma empresa del trabajo de grado anterior.

Se realizaron treinta (30) ensayos de unidad H – 10 y treinta (30) ensayos de unidad H – 15 a compresión, refrentados con yeso.

En este trabajo, se realizó el ensayo de compresión a treinta (30) unidades de mampostería temosa, los cuales no se pueden comparar con el trabajo de grado anterior, por cuanto no es de la misma empresa.

Adicionalmente, se desarrollaron muretes para ensayar a compresión con unidades H – 10, se realizaron treinta (30) para refrentar con yeso, treinta (30) para utilizar el neopreno de espesor  $\frac{3}{8}$ " ,  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ " , respectivamente, para un total de ciento veinte (120) muretes de ladrillos H – 10.

### **2.3. Características de las unidades de mampostería.**

Se tomaron las dimensiones de las unidades de mampostería, estas dimensiones se utilizan para determinar el área transversal del ladrillo, al que se le aplica carga de compresión para determinar el esfuerzo máximo.

Se enumeran las unidades de mampostería para llevar una secuencia u orden. En la Figura 2, se observa una de las unidades a la cual se tomaron medidas del área transversal.



Fuente: propia

**Figura 2. Unidades de mampostería.**

#### **2.4. Resistencia a Compresión del Yeso – Caolín para el refrentado.**

Se prepararon las muestras de diferentes relaciones yeso-caolín (30 unidades de cada relación) con proporciones de: 50 – 50, 70 – 30 y 60 – 40 de yeso y caolín, respectivamente. Después de realizar las muestras y pasadas 48 horas como especifica la norma, se procede a realizar los ensayos a compresión en la máquina de compresión simple y se escoge la resistencia que se acerque más a la requerida según la normatividad, para ensayar unidades de mampostería tipo H – 10, H – 15 y Temosa. En la Figura 3, se observa la preparación de las muestras para esta prueba.



Fuente: propia

**Figura 3. Mezcla de yeso-caolín en los Moldes.**

#### **2.5. Preparación de mortero tipo M.**

El mortero tipo S es preparado en obra con el fin de minorar los costos, dicho mortero posee una relación 1:2, se utilizó esta clase de mortero ya que es el más utilizado en el medio de la construcción de mampostería. Para este mortero no se realizó diseño de mezcla, únicamente se utilizaron las proporciones para lograr este tipo de resistencia.



Fuente: propia

**Figura 4. Cubos de Mortero tipo S.**

En la Figura 4, se observan los cubos de mortero, para probar a los 28 días de realizados, para comprobar cuál era la resistencia a la compresión y si cumplía con las especificaciones de mortero tipo M, del cual se utilizaron las proporciones necesarias para lograr esta resistencia.

## **2.6. Realización de Muretes de Mampostería H - 10.**

El procedimiento consiste en aplicar el mortero de pega tipo M con un espesor de 1cm entre dos unidades de mampostería, de esta manera completando un murete, con una relación alto/espesor de aproximadamente 1.37, de tal manera que se debe realizar la corrección de la resistencia a la compresión para cada murete estudiado.



Fuente: Propia

**Figura 5. Construcción de Muretes.**

## **2.7. Refrentado de unidades de mampostería.**

Es importante aclarar que las unidades de mampostería se refrentaron únicamente con yeso, con la proporción que se estableció en el numeral 2.4 de esta metodología, por cuanto se determinó cual era la resistencia que debía tener el refrentado. Para los muretes, únicamente los que se refrentarían con yeso, se realizó la relación yeso – caolín encontrado en el mismo numeral.

Los muretes que fueron probados a compresión con los diferentes espesores de neopreno, se utilizó una proporción pequeña de yeso, únicamente para lograr que la pieza estuviera lisa a la hora de realizar el ensayo de compresión.

El refrentado de las unidades y de los muretes se desarrolló en la máquina para refrentar unidades y muretes que existe en el laboratorio de ingeniería civil.



Fuente: Propia

**Figura 6. Refrento en muretes y unidades de mampostería.**

En la Figura 6, se observa la máquina y los muretes después de refrentados.

Después de alisar las caras de las unidades y los muretes de mampostería se ubican las almohadillas de neopreno correspondiente, se utilizan tres espesores de neopreno  $\frac{3}{8}$ " ,  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ " , respectivamente, para después realizar el ensayo de compresión.

## **2.8. Ensayos de compresión.**



Fuente: propia

**Figura 7. Máquina universal.**

En la Figura 7, se muestra la máquina universal esta pertenece al laboratorio de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, en dicha máquina se realizan los ensayos a la compresión de unidades y muretes de mampostería refrentados con neopreno y yeso-caolín de este trabajo de grado.

El proceso se realiza ubicando las piezas o los muretes de mampostería en la máquina universal, ya refrentados, sea con yeso - caolín o con neopreno, los cuales deben ir en la cara superior e inferior de las piezas.

Después de colocar los diferentes tipos de refrentado, se procede a ubicar una platina en la parte superior e inferior de la pieza, para que la máquina reparta uniformemente la carga en las caras de la unidad o del murete, de tal manera que se obtenga un resultado acorde con lo que se requiere.



Fuente: propia

**Figura 8. Ensayo a la compresión en muretes con neopreno.**

A continuación se precede al ensayo de compresión de una pieza de mampostería, como lo establece la norma NTC-4017 (ASTM C1314 – 10).

Se manipula la máquina universal, aplicando fuerza que aumenta paulatinamente sobre la pieza de mampostería, dando como resultado un esfuerzo y la falla de dicha pieza. En la Figura 9, se observa el momento de la falla de un murete de mampostería H – 10.



Fuente: propia

**Figura 9. Aplicación de la carga a la compresión.**

Se observa en la Figura 9, las platinas metálicas, el refrentado en yeso-caolín y principalmente la falla en la pieza cuando llega a la carga máxima que puede resistir.





Fuente: propia

**Figura 10. Falla de compresión en muretes y unidades de mampostería.**

En las Figura 9, Figura 10, Figura 11 se muestran las diferentes fallas que se presentaron después de realizado el ensayo a la compresión sobre la pieza y los muretes de mampostería utilizando yeso-caolín y neopreno como refrentado.



Fuente: propia

**Figura 11. Falla de compresión en muretes y unidades de mampostería.**

En las distintas figuras se observan cómo se produjo la falla en las piezas, en la Figura 9 se muestra una falla explosiva mientras que en la Figura 10 y en la Figura 11 se muestra una falla no explosiva en la cual la unidad o el murete únicamente se agrieta.



Fuente: propia

**Figura 12. Control de mando equipo automático de captura de datos de la Máquina Universal.**

En la Figura 12, se observa el control de mando de la máquina universal y la pantalla donde se toman las lecturas de la carga aplicada a la pieza de mampostería dada en kN y el desplazamiento o deformación, de la máquina cuando se aplicó la carga a la unidad o al murete. Este valor no se puede utilizar para en alguna medida determinar el módulo de elasticidad de la mampostería, por cuanto no se está midiendo esta deformación directamente en la pieza.

## **2.9. Análisis de resultados.**

Se realiza en este punto el análisis de los resultados de la resistencia a la compresión de unidades refrentadas con yeso y con neopreno, utilizando resultados de trabajo de grado anteriores para observar los resultados obtenidos y si es conveniente o no utilizar el neopreno como refrentado de las unidades de mampostería. Adicionalmente, cuando se realiza en análisis de resultados de los muretes, se comparan con los ensayos que se realizaron sobre unidades de mampostería H – 10, en este trabajo de grado.

## **2.10. Conclusiones y recomendaciones.**

En esta parte se realizarán las conclusiones y recomendaciones de los resultados obtenidos en los ensayos resistencia a la compresión de unidades y muretes de mampostería refrentados con yeso-caolín y con los diferentes espesores de neopreno utilizados.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Para realizar los ensayos de compresión de las unidades y muretes de mampostería en el laboratorio es de suma importancia hallar un material de refrentado que brinde una buena resistencia a la compresión. En investigaciones anteriores se han utilizados materiales como el azufre, el neopreno y el yeso.

El azufre como material para refrentar ha demostrado que es perjudicial para la salud ya que al manipularlo causa efectos como quemaduras, contaminación, inhalación y corrosión de las vías digestivas, lo cual no es productivo para las personas que están realizando este refrentado en el laboratorio de ingeniería civil.

Por lo anterior, es importante constatar si realizando el ensayo con neopreno como refrentado, se puede evitar la manipulación de químicos, que van en detrimento de la salud de los laboratoristas e ingenieros que realizan estos ensayos.

Si se demuestra que comparando los resultados obtenidos de resistencia a la compresión con yeso y con neopreno son similares, se puede establecer que sí se debería trabajar con este tipo de refrentado.



#### 4. ALCANCE

En la realización de este proyecto de grado se utilizaron 330 unidades de mampostería distribuidas en 270 unidades de ladrillos H-10, 30 unidades de H-15 y 30 de ladrillo temosa, estas unidades fueron tomadas de una ladrillera muy reconocida en Girón, Santander. Se seleccionaron 30 unidades de cada muestra para realizarles los ensayos a compresión con un refrentado de yeso, también se armaron los muretes con unidades de ladrillo H-10 a estos muretes, se les realizó el ensayo a compresión con los respectivos espesores de neopreno  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{3}{8}$ ".

Los resultados obtenidos de este trabajo de grado serán comparados con el proyecto de grado anterior relacionado con el mismo tema titulado: "UNIDADES DE MAMPOSTERIA (H-10, H-15 Y TEMOSA) REFRENTADO CON NEOPRENO (ESPESORES  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{3}{8}$ ")<sup>2</sup>.

Analizar y encontrar la diferencia en cuanto a la resistencia a la compresión entre los dos materiales utilizados en este trabajo de grado como son el yeso y el neopreno como materiales para refrentar y concluir cual de los dos es mejor para este tipo de trabajo.

---

<sup>2</sup>DOMÍNGUEZ ACERO, JHON EDINSON. NIÑO GUTIÉRREZ, OSCAR MAURICIO. Unidades de Mampostería (H – 10, H – 15, Temosa) con Refrentado en Neopreno (Espesor  $\frac{3}{8}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{4}$ "). Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingenieros Civiles. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. 2008.

## 5. MARCO TEÓRICO.

### 5.1. Mampostería.<sup>3</sup>

La mampostería término que se refiere a un material de construcción formado por la combinación de unidades de piedra o ladrillo, con un aglomerante de mortero.

La mampostería es usada para construir una estructura vertical, delgada en proporción a su longitud y altura.

Es uno de los más antiguos materiales de construcción; como por ejemplo se pueden encontrar en algunas partes del mundo, como son las pirámides de Egipto, varias ruinas romanas y griegas, los arcos y bóvedas de Siria, y las grandes catedrales de Europa.

Los muros de mampostería se pueden dividir en dos tipos según su localización exterior e interior.

Las paredes exteriores, son las que están expuestas al ambiente por lo menos en un lado. Las paredes interiores, son aquellas cuya función es dividir dos habitaciones contiguas, ambas partes expuestas al ambiente interior.

Con base en los requisitos estructurales, los muros se pueden dividir en dos tipos muros de carga y muros divisorios

Los muros de carga, también llamados muros estructurales, son los diseñados para soportar cargas transmitidas por otros elementos, mientras que las paredes de soporte o muros divisorios soportan su propio peso, únicamente.

Según el método de construcción, los muros se pueden dividir en dos muros sólidos o muro hueco y muros enmarcados

Muros sólidos o muros huecos son muros de mampostería (piedra, ladrillo o bloque), mientras que los muros enmarcados se refieren a aquellos que están confinados en algún material, sea aluminio, acero, madera, etc. Como se explicó anteriormente, una pared de mampostería, es una pared hueca o sólida, construida mediante la combinación de unidades individuales de mampostería (hueca o sólida), con mortero que es el material de pega. Una pared enmarcada es aquella que tiene un marco en madera o aluminio, es de poco peso y este marco sirve para proporcionar resistencia y rigidez. Están decoradas con materiales

---

<sup>3</sup> SAMAYAJI, SHAN. Civil Engineering Materials. Englewood. Prentice Hall. 1995

delgados en ambos lados, tales como paneles de yeso, madera o estuco para satisfacer los requisitos funcionales, como muro.



Fuente: <[http://www.remodelesucasa.com/joo1/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6&Itemid=11](http://www.remodelesucasa.com/joo1/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=11)>. [25/10/2010].

**Figura 13. Muro de mampostería hueco o divisorio.**



Fuente: <<http://www.turismodezaragoza.es/provincia/patrimonio.php?item=165>>. Consultada [25/10/2010].

**Figura 14. Muro de Piedra.**



Fuente: <<http://www.arquitectiando.com/2009/01/tabique-en-drywall/>>. [25/10/2010].

**Figura 15. Muros livianos.**

### 5.1.1. Unidades de Mampostería

Los muros de mampostería se construyen utilizando diferentes tipos de unidades de mampostería macizo o hueco o bloque de concreto, conforme a las normas de productos determinados de la norma ASTM C212 - 10. Una unidad de mampostería hueca; es una unidad cuya sección transversal en cada plano paralelo a la superficie de apoyo es inferior al 75% del área bruta de la sección transversal en el mismo plano. Una unidad de mampostería sólida; es una unidad cuya área de la sección transversal en cada plano paralela a la superficie de apoyo es del 75% o más de la superficie bruta de la sección transversal en el mismo plano. Por lo general, un ladrillo de arcilla es una unidad sólida de mampostería y un ladrillo de concreto es una unidad de mampostería hueca.



Fuente: <<http://www.ceramicaraja.com.ar/ficha2-muros.htm>> - <<http://www.geoscopio.net/empresas/hijosdejuliolopez/>> - <<http://webfacil.tinet.cat/fangues/10775>> [10/11/2010]

**Figura 16. Unidades de mampostería.**

#### 5.1.1.1 Ladrillos y baldosas de arcilla para construcción

Un ladrillo de arcilla es un pequeño bloque sólido, generalmente rectangular, de arcilla quemada. Se debe tener en cuenta que un bloque sólido de concreto y arena-cal (silicato de calcio) es también llamado un ladrillo, como se observa en la Figura 17.



Fuente: <<http://www.blokasa.com/>>. [10/11/2010]

**Figura 17. Bloque de Concreto**

### **5.1.2. Fabricación de Ladrillos**

Las arcillas de fabricación de ladrillos son muy diferentes en su composición de lugar en lugar. Incluso en el mismo campo, los depósitos de arcilla de una sección de la explotación en planta o en profundidad, pueden variar significativamente de los de otra parte o a otra profundidad. Las arcillas se componen principalmente de sílice (granos de arena) y alúmina, que es la parte blanda plástica de la arcilla, que absorbe fácilmente el agua, hace que la arcilla se desintegre cuando se quema, además de estos dos compuestos existen otros tales como; cal, hierro, manganeso, azufre y fosfatos. La proporción entre estos compuestos se definen dependiendo del lugar de extracción. El hierro es útil en la mejora de la dureza y la resistencia de los ladrillos.

Hay dos tipos de arcillas que se utilizan en la fabricación de ladrillos las arcillas superficiales o pizarras y las arcillas refractarias

Las arcillas superficiales no están consolidadas ni estratificadas. Tienen un alto contenido de óxido, de 10 a 25%. La pizarra es el resultado de la compresión del terreno por varios años, además se presenta por la escamación del material. La mayoría de las pizarras no son solubles en agua, excepto cuando se muele. Se vuelve plástica con la adición de agua.

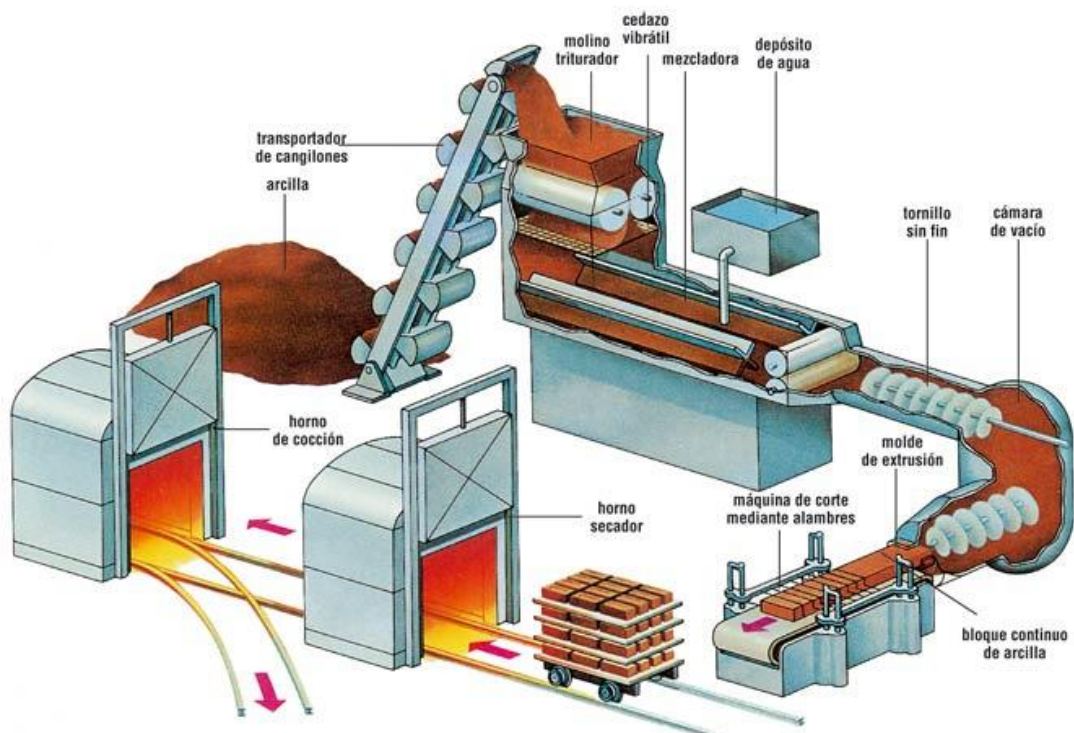
La arcilla refractaria es un material que se produce a mayor profundidad que las arcillas superficiales o pizarra. Tiene las características físicas y químicas más uniformes, y es capaz de soportar altas temperaturas. La arcilla refractaria, contienen menos óxido (2 a 10%), lo que aumenta el punto de ablandamiento, y es mucho mayor que el de las arcillas superficiales o pizarras. Esto le da cualidades de ladrillos refractarios

fabricados con arcillas que adquieren mejores propiedades cuando se colocan al fuego y la capacidad de soportar temperaturas más altas.

El mejor material para la fabricación de ladrillos es la arcilla, por cuanto contiene alrededor del 30% de arena y limo, la presencia de arena reduce la contracción que ocurre durante la quema de las arcillas. Para ser moldeado, las arcillas deben tener buena plasticidad cuando se mezclan con agua. Además, deben tener suficiente resistencia a la tracción para mantener la forma después de su elaboración.

Existen tres métodos de fabricación de ladrillos y tejas, tales como:

El proceso de Extrusión y Corte, como se observa en la Figura 18.



Fuente: **ladrillo** Ebrisa Online Gran Enciclopedia Salvat. <<http://www.ebrisa.com/portalc/articulo-S/465583>> , [10/11/2010].

**Figura 18. Proceso de Fabricación de las Unidades de Mampostería.**

En el proceso de Extrusión y Corte, la arcilla que contiene un porcentaje de agua, por lo general entre el 12 a 15 en peso, es forzada a pasar a través de un dado. La masa toma la forma deseada de los moldes por los cuales es empujada. La banda continua, transporta la arcilla que es forzada a salir adelante, esta masa es cortada por un armazón de alambre.



El proceso suave se adapta perfectamente a las arcillas que contienen demasiada agua en su estado natural, una prensa hidráulica presiona a la masa de arcilla a ingresar en un molde metálico. Este proceso se utiliza solo para la fabricación de ladrillos y es el método más antiguo, para la obtención del mencionado producto. Los ladrillos hechos a mano se realizan con este proceso.

El proceso en seco, es apto para moldear las arcillas de baja plasticidad, consiste en dejar caer la arcilla húmeda (mezclada con cerca de 7 a 10% de agua) en una prensa, en donde los ladrillos son moldeados bajo las presiones de la máquina. Éstos utilizan menos agua en la fabricación de ladrillos, este es el mismo proceso para elaborar los bloques de concreto. El proceso de prensa seca forma con mayor precisión los ladrillos. No es ampliamente utilizado porque es más caro, debido a los costos de mano de obra.

Cuando los ladrillos salen de cualquiera de los tres procesos mencionados anteriormente, contienen alrededor de 7 a 30% de humedad, por lo anterior las unidades se envían a la secadora, donde son sometidos a temperaturas de 43 a 150°C, de 24 a 48 horas. Las plantas modernas de ladrillo usan el calor residual de los gases de escape de los hornos, para realizar este proceso de secado. Después de que se sequen las unidades, se introducen al horno de combustión a una temperatura muy alta, aproximadamente como 1315°C. Las unidades se introducen al horno durante unas 40 a 150 horas. En este proceso de cocción de la arcilla, se presenta un cambio en la estructura química de la arcilla que lo hace más duro y resistente. La quema del ladrillo está seguida de un ciclo de enfriamiento, que dura de 48 a 72 horas.

### **5.1.3. Grados y tipos:**

Los ladrillos pueden ser clasificados en diferentes tipos, según sus usos, tales como el ladrillo de construcción (también llamado ladrillo común), ladrillo a la vista, pisos y adoquines. El ladrillo común se utiliza en la construcción, se utiliza como material estructural, donde la resistencia y la durabilidad son los requisitos más importantes.

#### **5.1.3.1 Clasificación de las unidades de mampostería según su grado.<sup>4</sup>**

La clasificación se basa en los requisitos físicos (resistencia a la compresión mínima, máxima absorción de agua, y el coeficiente de

---

<sup>4</sup>ASTM C62 – 10. Standard Specification for Building Brick (Solid Masonry Units Made From Clay or Shale). Comité C15 de Fabricación de Unidades de Mampostería y el Subcomité C15.02 de Ladrillos estructurales y no estructurales de arcilla.

saturación máxima) y está directamente relacionado con la durabilidad y resistencia a la intemperie.

El grado SW (Clima Severo), con sus siglas en inglés (Severe Weathering). El ladrillo se usa cuando se van a presentar heladas o cambios de clima drásticos en la construcción. El agua dentro del ladrillo, no se puede congelar cuando existen cambios drásticos de clima.

Grado MW (Clima moderado). Tiene una moderada resistencia a las heladas, se permite el daño moderado en las unidades, las unidades no se pueden saturar cuando se presentan las heladas.

Grado NW (Clima indiferente). Este ladrillo tiene muy poca Resistencia a los ciclos de las heladas, es aceptable utilizarlos cuando se requiere absorción de agua.

En la Tabla 1 se observa cuáles son las especificaciones de esfuerzos de compresión en el área total del elemento, la absorción de agua y el coeficiente de saturación máximo.

**Tabla 1. Esfuerzos de Compresión, Absorción y Coeficiente de Saturación según la ASTM.**

Grado	Mínimo Esfuerzo de compresión en área total psi (MPa)		Máxima absorción de agua (%)		Máximo Coeficiente de Saturación	
	Promedio de 5 Unidades	Unidad Individual	Promedio de 5 Unidades	Unidad Individual	Promedio de 5 Unidades	Unidad Individual
SW	3000 (20.7)	2500 (17.2)	17	20	0.78	0.8
MW	2500 (17.2)	2200 (15.2)	22	25	0.88	0.9
NW	1500 (10.3)	1250 (8.6)	Sin Límite	Sin Límite	Sin Límite	Sin Límite

Fuente: ASTM C62 – 10. Standard Specification for Building Brick (Solid Masonry Units Made From Clay or Shale). Comité C15 de Fabricación de Unidades de Mampostería y el Subcomité C15.02 de Ladrillos estructurales y no estructurales de arcilla.

La utilización del tipo de ladrillo en Estados Unidos, está ligado a la ubicación en el mapa de índices de temperaturas, dependiendo de ello, se debe utilizar el tipo de mampostería que cumpla con los requisitos establecidos.

En Colombia, no se cuenta con este mapa, porque no se presentan las estaciones, por esta razón, son más bajas las especificaciones de las unidades de mampostería. En la norma NTC 4205, se encuentran las especificaciones de esfuerzos de compresión y absorción de agua máxima en %.



A continuación en la Tabla 2, se muestran estos datos:

**Tabla 2. Esfuerzos máximos y Absorción de Agua según Norma Técnica Colombiana (NTC)**

Tipo	Mínimo Esfuerzo de compresión en área total MPa (kg/cm <sup>2</sup> )		Máxima absorción de agua (%)			
			Interior		Exterior	
	Promedio de 5 Unidades	Unidad Individual	Promedio de 5 Unidades	Unidad Individual	Promedio de 5 Unidades	Unidad Individual
PH	3 (30)	2 (20)	17	20	7 a 13.5	14
PV	14 (140)	10 (100)	17	20	7 a 13.5	14
M	14 (140)	10 (100)	17	20	7 a 13.5	14

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 4205. Ingeniería Civil y Arquitectura Unidades de Mampostería de Arcilla Cocida. Ladrillos y Bloques Cerámicos.

#### 5.1.4. Propiedades de los ladrillos.

Las propiedades físicas de los ladrillos de arcilla para la construcción son: Color, Textura, Tamaño y Densidad.

Las propiedades mecánicas son: Resistencia a la compresión, Módulo de rotura, Módulo de elasticidad, Resistencia a la tracción, Absorción, Conductividad térmica y Resistencia al fuego.

Un ladrillo bueno debe tener caras planas, lados paralelos, y los bordes afilados. La textura debe ser uniforme, y los ladrillos deben tener un sonido claro cuando se golpean con fuerza. Un ladrillo, debe poder absorber menos del 20% de agua en peso, debe tener alta compresión y buen rendimiento en la flexión.

La densidad o el peso de una unidad de arcilla dependen principalmente de tres factores como por ejemplo; la densidad de la arcilla, el método de fabricación y el grado de quemadura. El peso específico de las arcillas oscila entre 2,6 hasta 2,8. La densidad del material quemado supera los 100 PCF (lb/pie<sup>3</sup>) (1600 kg/m<sup>3</sup>), un promedio de 125 PCF (lb/pie<sup>3</sup>) (2000 kg / m<sup>3</sup>).

Los ladrillos de arcilla son muy durables y requieren muy poco mantenimiento, tienen una muy buena resistencia al fuego y unas propiedades aislantes aceptables (transferencia de calor), así como los edificios de madera, los ladrillos al ser porosos son un mal conductor del calor, las casas de ladrillo bien construidas, son más frescas en verano y cálidas en invierno que otras construidas con materiales distintos. La no combustibilidad es una propiedad importante de los ladrillos, siendo este

el principal motivo por el que el ladrillo se utiliza como material de construcción de las chimeneas.

La absorción del agua de los ladrillos afecta en gran medida la durabilidad y la resistencia del mismo, algunos ladrillos de textura muy suave pueden absorber el agua aproximadamente un tercio de su peso, mientras que los ladrillos duros pueden absorber menos del 10% de su peso en agua, teniendo en cuenta que entre menor sea la cantidad de absorción, mayor es su durabilidad.

La absorción de los ladrillos (absorción de agua total) se define como el aumento del peso del ladrillo debido al agua, expresado como porcentaje del peso seco.

El coeficiente de saturación, está definido como una medida de resistencia al hielo, un coeficiente de saturación de gran tamaño indica relativamente pequeños poros y menos poros en el ladrillo. Se espera que los ladrillos con un mayor coeficiente de saturación tengan una menor resistencia a la acción perjudicial de las heladas que las unidades de menos coeficiente de saturación. El coeficiente de saturación, también llamado C/B ratio, se define como la relación entre la absorción después de 24 horas en agua fría y la absorción después de hervir durante 5 horas.

El módulo de rotura (MOR) es determinado mediante el apoyo de las unidades individuales en un montaje plano y la aplicación de una carga en el centro de la luz en la dirección transversal al elemento.

La mayoría de los ladrillos de arcilla tienen un módulo de rotura en cualquier parte entre 500 y 3800 psi (3,5 y 26,2 MPa). Los ladrillos duros tiene un valor de MOR por encima de 2500 psi (17,3 MPa), ladrillos con texturas suaves tendrán un valor cercano MOR a 500 psi (3,5 MPa).

La resistencia a la tracción de los ladrillos se encuentra situada en un rango de 30% a 40% del módulo de rotura.

## **5.2. El mortero.<sup>5</sup>**

Los muros se construyen con unidades de mampostería (arcilla o concreto) y el mortero. El mortero es una mezcla plástica con los materiales cementantes, compuesto por cemento, arena y agua que son utilizados en la elaboración de los muros de mampostería.

---

<sup>5</sup> The Science and Technology of Civil Engineering Materials. New Jersey. Prentice Hall. 1998.

La función principal del mortero es la unión de los ladrillos individuales de mampostería para que la estructura funcione como una sola unidad más grande. Además, sirve como un material de cama para las unidades de mampostería y permite la colocación de unidades en una superficie nivelada. Como aglutinante, el mortero es en parte responsable de las características de resistencia de la mampostería. Las juntas de mortero se pueden utilizar para proyectar algunas de las características estéticas, como el color y la apariencia.

El yeso es una mezcla de cemento Portland a base de cemento que se utiliza como un material de acabado para las paredes. Se utiliza para muros de mampostería.

El cemento, también llamado cemento Portland es fabricado por la quema de una mezcla de cal, sílice, alúmina y óxido de hierro. En general, el tipo I o II de cemento se utiliza con el mortero.

#### 5.2.1. Mortero para las Unidades de Mampostería.

Como se señaló anteriormente, el mortero realiza las siguientes funciones:

- Se adhiere a las unidades individuales.
- Sirve como un material de asiento para las unidades.
- Permite la nivelación y los asientos de las unidades y los sellos de las irregularidades.
- Se ofrece una gran rigidez a la pared.
- Se puede utilizar para proporcionar cualidades estéticas a la pared.

Hay cuatro tipos (grados) de mortero identificados por letras así:

- Tipo M
- Tipo S
- Tipo N
- Tipo O

Estos se preparan mediante la mezcla de cemento, arena, cal hidratada, y agua. El mortero tipo M tiene la menor cantidad de cal hidratada, mientras que el tipo O tiene la mayor cantidad.

En la Tabla 3 se muestran la resistencia a la compresión, retención mínima de agua, contenido máximo de aire y relación de agregados.

**Tabla 3. Requerimientos, especificaciones y relación de agregados del mortero de la unidad de mampostería**

<b>Tipo de Mortero</b>	<b>Resistencia mínima a la compresión a los 28 días kg/cm<sup>2</sup> (MPa)</b>	<b>Retención Mínima de Agua (%)</b>	<b>Contenido máximo de aire (%)</b>	<b>Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)</b>
M	175 (17.5)	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
S	125 (12.5)	75	12	
N	50 (5.0)	75	14	
O	25 (2.5)	75	14	

Fuente: <<http://www.umng.edu.co/www/resources/11art6.pdf>> [25-11-2010]

**Tabla 4. Proporciones en volumen de material cementante del mortero de pega.**

<b>Tipo de Mortero</b>	<b>Proporciones de volumen (materiales cementantes)</b>	
	<b>Cemento Portland o Portland Adicionado</b>	<b>Cal hidratada o apagada</b>
M	1	0.25
S	1	0.25 – 0.50
N	1	0.50 – 1.25
O	1	1.25 – 2.50

Fuente: <<http://www.umng.edu.co/www/resources/11art6.pdf>> [25-11-2010]

En las especificaciones de la proporción, cualquiera de los cuatro tipos de morteros antes mencionados debe ajustarse a las prescripciones en materia del diseño de mezcla realizado, para que se obtenga un material con una fluidez requerida en el mortero.

El mortero debe hacerse conforme a las especificaciones de las propiedades de una mezcla de cemento, cal, arena y agua para satisfacer los requisitos de resistencia. El mortero para satisfacer esta especificación debe ser probado en el laboratorio donde se determina su resistencia a la compresión, la retención de agua, y el contenido de aire. La resistencia a la compresión generalmente se determina al hacer unos cubos con unas

dimensiones de 50 mm x 50 mm y estas muestras deben ser sometidas a la prueba de compresión después de curar los cubos por un periodo 28 días, tiempo mismo que dura en curado los muretes de mampostería.

### 5.2.2. Mezcla y Propiedades de Morteros

El mortero es una mezcla que puede hacerse a mano o preferiblemente utilizando un mezclador de paletas. Para realizar una mezcla a mano solo se permite este método para volúmenes pequeños, este procedimiento consiste en mezclar los materiales en seco, para facilitar la mezcla, la arena y el cemento se pueden propagar en capas alternas y posteriormente se procede a añadir alrededor de dos tercios de agua y luego se mezclan hasta obtener una masa uniforme, el agua adicional se agrega hasta acertar con la funcionalidad deseada.

Un mortero premezclado se compone de materiales de cemento, arena y agua que se miden y se mezclan en un lugar central y es entregado a la obra para su uso en un plazo máximo de 2 horas. El procedimiento para realizar la mezcla de mortero en un mezclador de paletas consta de los siguientes pasos:

- Agregar el agua de la mezcla al equipo.
- Añadir el cemento.
- Mezclar a baja velocidad durante 30 segundos.
- Añadir cal y arena, mientras que el mezclador esté en funcionamiento.
- Mezclar a velocidad media durante 30 segundos.
- Ejecute el mezclador de 1 minuto a velocidad media y vuelque el mortero.

### 5.2.3. Comportamiento de mortero.

Este depende de la combinación de proporciones. Además, está influenciada por diversas propiedades de los morteros, como la viabilidad, la retención de agua, la fuerza de adhesión, la resistencia a la compresión y la durabilidad. La selección de un tipo de mortero debe basarse en estas propiedades, las unidades de mampostería y los requisitos de las Normas de Construcción.

La resistencia a la compresión de mortero depende de la cantidad de cemento en la mezcla. Por otro lado la fuerza cortante y resistencia a la flexión de la mampostería dependerá en gran medida de la fuerza de adherencia del mortero, y no directamente sobre la resistencia a la compresión del mortero. Como se explicó anteriormente, la cal hidratada mejora la resistencia de la unión del mortero y el ladrillo por lo tanto influye en su corte y en las fuerzas de flexión. Si se presenta un aumento

en el contenido de cal en un 100% puede aumentar la fuerza cortante y resistencia a la flexión hasta en un 100%, se debe tener en cuenta que no hay requisitos de los códigos en cuanto a la fuerza de adherencia mínima de un mortero.

En general, el mortero tipo M o el tipo S se pueden utilizar para paredes exteriores o por debajo de la estructura, tales como muros de cimentación, muros de contención, pozos, alcantarillas, aceras. Para las paredes exteriores por encima del nivel de carga se puede utilizar los morteros tipos N, S y M y en la construcción de interiores, como paredes de separación de carga o sin carga, se puede utilizar cualquier tipo de mortero, en zonas donde la actividad sísmica es alta, no se recomienda usar los morteros tipo N y O.

### **5.3. Yeso.<sup>6</sup>**

El yeso es una mezcla fluida de cal y cementante que se utiliza como material de acabado para las paredes exteriores o interiores. El estuco de yeso se utiliza como revestimiento de paredes exteriores, El estuco se aplica en tres capas: capa de adherencia, capa marrón y capa de acabado.

Una buena succión del material es necesaria para lograr una buena adherencia sobre mampostería. Además, la humectación de la superficie antes de enyesar libera el aire atrapado dentro de la superficie y, por consiguiente, ayuda a reducir la succión, como la aspiración excesiva puede retardar el proceso de hidratación, las capas de acabado deben mantenerse húmedas en forma continua durante menos de 2 días, empezando por el endurecimiento de la superficie. Cada capa se debe permitir que se seque completamente antes que se aplique la siguiente capa.

Cuando la mezcla es rica en material cementante, se agrieta debido a la contracción excesiva. La eflorescencia en los ladrillos puede causar daños severos a la superficie de yeso. La contracción de las paredes (muros de bloques de hormigón) puede causar grietas y rajaduras en el yeso. El cuarteo es el término utilizado para identificar la contracción en la superficie de pequeña grietas, formando así un patrón en la superficie.

---

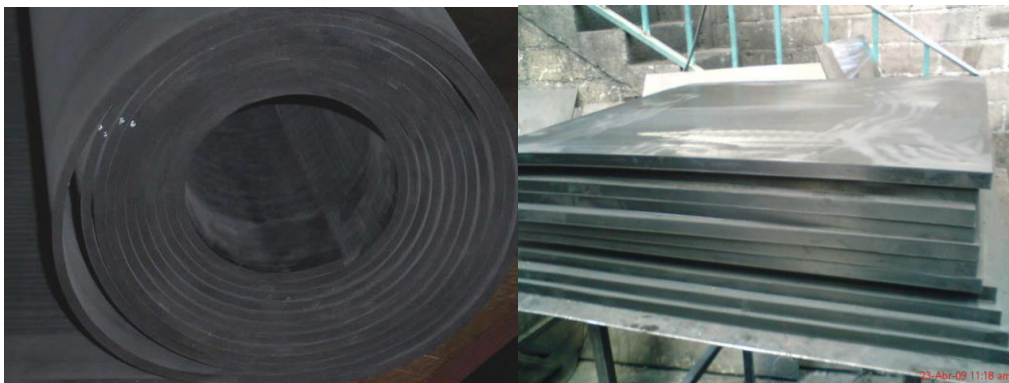
<sup>6</sup> YOUNG, FRANCIS. The Science and Technology of Civil Engineering Materials. New Jersey. Prentice Hall. 1998.

## 5.4. Neopreno.<sup>7</sup>

El neopreno es un material químico artificial muy similar al caucho normal, poseen características similares, siendo así, el neopreno en ocasiones puede sustituir al caucho en diversas tareas. Además de comportarse como tal, el neopreno es aun más resistente a la luz del sol, a los aceites y a las grasas que los mimos caucho no tolera en una forma excesiva. Teniendo en cuenta que el neopreno es un derivado de un elemento denominado acetileno y posee una formula química  $C_4H_5CL$ .

El neopreno tiene sus orígenes en el último periodo de la primera guerra mundial que se originó en Alemania, este material se creó por la necesidad de nuevos materiales para el armamento de guerra, al terminar este evento los estudios se paralizaron hasta comienzo de la segunda guerra mundial en donde nuevamente existió la necesidad de armas fue así como por medio de rigurosos ensayos en el laboratorio se llegó a la creación del neopreno.

Hoy en día es mucho mayor la producción con este material que en sus comienzos, gracias a las constantes investigaciones e innovaciones, el neopreno es un elemento al cual se le ha encontrado diversos usos al que fue creado, como por ejemplo en la fabricación de objetos cotidianos como equipos de buceo, llantas, suelas de zapatos entre otros.



Fuente: <http://www.ciapromase.com/Cauchos,%20neopreno%20y%20nitrilos.html> [25-11-2010] y [http://perfilesyempaquesdehulezaragoza.com/458459\\_PLACAS-DE-HULE.html](http://perfilesyempaquesdehulezaragoza.com/458459_PLACAS-DE-HULE.html) [25-11-2010]

**Figura 19. Rollos y Placas de Neopreno.**

### 5.4.1. Características del Neopreno

Los elastómeros o cauchos son materiales poliméricos cuyas dimensiones pueden cambiar drásticamente cuando se les aplica una

---

<sup>7</sup> VIDAL VALENCIA, JULIAN. Uso de Refrentado no Adherido en Ensayos de Resistencia a la Comprension de Cilindros De Hormigón: Comprobación de una Norma ASTM C1231 y NTC 3708-95. Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad Eafit. Medellín. 2004.

tensión y vuelven a sus dimensiones originales cuando se elimina la tensión.

Los elastómeros o cauchos son importantes para la ingeniería principalmente por su amplio rango de propiedades, relativas a la facilidad de moldeado en la forma deseada y su relativo bajo costo.

Las principales características del neopreno son:

- Una buena resistencia al desgarramiento
- Excelente resistencia a la abrasión
- Regular o buena deformación por compresión
- Buena resistencia a los disolventes.
- Buena resistencia al hinchamiento por aceite lubricante y gasolina, oxidación, ozono, envejecimiento a la luz solar, en caliente, bajas temperaturas, llama.

#### **5.4.2. Antecedentes del uso del neopreno como material de refrentado.**

En la Norma Técnica Colombiana (NTC-3708-95) se valida el uso de refrentado no adherido (Neopreno) para el ensayo a compresión en laboratorios de cilindros de concretos comunes.

#### **5.5. Compresión.<sup>8</sup>**

La prueba de compresión consiste en aplicar una fuerza axial a un área perpendicular; cuyo resultado es un esfuerzo uniforme de compresión. La mayor parte de las consideraciones que participan en los ensayos de tracción, como el tamaño de la muestra, la carga aplicada, etc, se aplican por igual a los ensayos de compresión. En general, en el rango elástico, la curva para la compresión es simplemente una extensión lineal de la curva esfuerzo deformación ( $\sigma$ -  $\epsilon$ ) del ensayo realizado en el esfuerzo de tensión. Es importante notar que llevar a la compresión los materiales dúctiles, es muy difícil por cuanto este material solo presenta la deformación en el rango elástico; dichos materiales son mejores caracterizarlos por el comportamiento a la tracción. El comportamiento a la compresión, se utiliza principalmente para caracterizar materiales frágiles, el cual es el caso específico del trabajo de grado. El esfuerzo axial necesario para provocar la falla en un material frágil es mucho mayor en la compresión que en la tensión.

Las grietas o defectos que inician la falla de la tensión tienden a cerrarse en la compresión y ya no actúan como elevadores del esfuerzo. Por lo

---

<sup>8</sup> SAMAYAJI, SHAN. Civil Engineering Materials. Englewood. Prentice Hall. 1995



tanto, es necesario el aumento en las cargas aplicadas para causar la falla, el mecanismo de falla es a menudo debido a la tensión secundaria, las cuales actúan perpendicularmente a la fuerza de compresión aplicada.

Como el material está cargado ante esfuerzos de compresión, aumenta la sección transversal, lo cual se produce a causa del módulo de Poisson, por lo tanto, la curva de ingeniería de esfuerzo deformación, presenta unos resultados más elevados que la curva esfuerzo deformación de compresión verdadera.

### **5.5.1. Determinación experimental de propiedades a la compresión.**

La prueba de compresión se realiza generalmente en probetas cilíndricas o cubos que se cargan en dos caras opuestas. Aunque sencillo de ejecutar, hay dos problemas que hay que superar, los cuales se discuten a continuación.

#### 5.5.1.1 Respuesta de los materiales al esfuerzo aplicado.

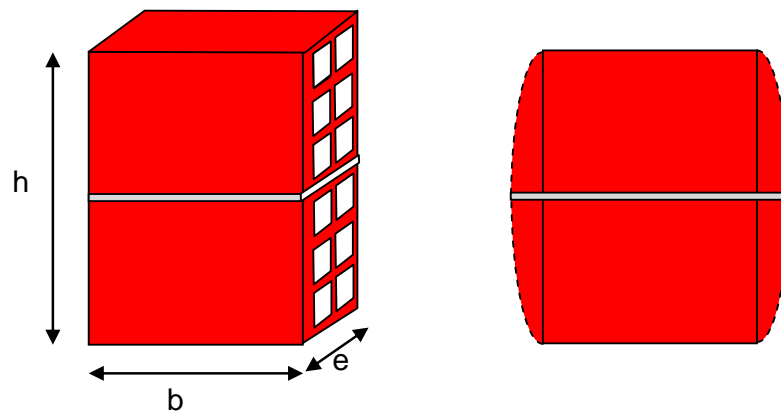
##### **Dificultad de aplicar una carga verdaderamente axial.**

Para aplicar la compresión uniaxial pura, los extremos de las muestras deben ser planos y paralelos. Si los extremos no presentan las caras paralelas, entonces se debe pensar en una ayuda para lograr que los esfuerzos sobre la muestra se apliquen de manera perpendicular, lo cual se logra utilizando una plantilla de nivelación o refrentado, el cual puede ser yeso de alta resistencia y azufre. Se debe evitar la utilización de capas muy blandas, tales como almohadillas de caucho (neopreno) o fibra suave, ya que el elemento falla lateralmente (hacia fuera) con carga, se presenta una superposición de esfuerzos de tensión en los extremos de la muestra, que en casos extremos puede provocar un error, dividir a la tracción perpendicular a la dirección de la carga. Para la mayoría de las muestras, una pequeña cantidad de falta de paralelismo de los extremos es inevitable. Por lo tanto, la máquina de ensayo debe estar prevista de un bloque de rodamiento esférico sentado de manera que la carga se distribuye uniformemente entre los extremos de la muestra.

##### **Confinamiento**

El problema más difícil al tratar de aplicar un esfuerzo de tal manera que sea únicamente compresión uniaxial es superar el efecto de inconfiamiento lateral, lo cual es causado por la expansión lateral de una muestra que acompaña a la compresión axial, por la relación de poisson que manejan los diferentes materiales, efecto que se presenta al momento de aplicar una carga axial, se presenta un aumento de las dimensiones de la probeta, que causa una reducción en el esfuerzo de

compresión, por cuanto el área es inversamente proporcional al esfuerzo. Sin embargo, la expansión de las dimensiones de la muestra obstaculiza por las fuerzas de fricción que se desarrollan entre el refrentado de la probeta y la platina que reparte uniformemente la carga en la muestra de ensayo. Esto tiende a mantener los extremos de la muestra cercanos a sus dimensiones originales, mientras que la parte central se expande lateralmente, lo que resulta en una muestra en forma de barril, como se muestra en la Figura 20.



Fuente: Propia

**Figura 20. Efectos del Coeficiente de Poisson en la Mampostería.**

Este efecto produce que la compresión se produzca cerca a los extremos. La compresión transversal es mayor justo en los extremos y luego disminuye hacia el centro de la muestra. La compresión uniaxial pura sólo se produce cerca a los extremos.

El efecto neto es producir una fuerza aparentemente superior a la compresión: esto es particularmente notable en especímenes cortos. Por ejemplo, para el concreto, la reducción de la relación altura / diámetro cuando se reduce de 2.0 a 1,0 según la Normativa, aumenta la fuerza aparente de compresión en un 20%. No hay forma de eliminar los efectos de los extremos por completo, a pesar de utilizar platinas de transmisión de carga que reducen estos efectos. Si la muestra es demasiado larga, se puede producir el pandeo. Por ejemplo. Cuando la madera se prueba en compresión paralela a la dirección de la fibra, la falla puede ocurrir por pandeo local de las fibras largas individuales que componen el material.

Con los años, muchas teorías han propuesto la falla. Las dos más recordadas, suponen que si no se produce cuando se alcanza la tensión principal máxima, se produce cuando se llega a la tensión de rotura en tracción simple (la teoría de Rankine) o cuando se alcanza la tensión principal máxima se presenta la falla por deformación en tensión simple (teoría de St. Venant). Sin embargo, estas teorías, y varias otras, a

menudo no concuerdan bien con los datos experimentales por lo que rara vez se utilizan.

La resistencia a la compresión de unidades de arcilla depende de la composición de la arcilla, método de fabricación y grado de quemadura. La Resistencia a la compresión depende de las pruebas individuales de las unidades (carga aplicada en la dirección de la altura de la unidad - ASTM C67).

Si el área neta es más del 75% del área bruta, y este último es utilizado para la resistencia a compresión, el mínimo promedio de la resistencia a compresión para los ladrillos SW es de 3000 psi (20,7MPa), los ladrillos de los grados MW y NW tienen una resistencia de 2500 y 1500 psi (17,3 MPa y 10,4 MPa, respectivamente).

### 5.6. Mecánica de fractura.<sup>9</sup>

Las fracturas frágiles han tenido presencia en los diferentes elementos de las estructuras. El más conocido de ellos son probablemente las fallas que ocurrieron en los buques mercantes y petroleros de la Libertad T-2 construidos durante la Segunda Guerra Mundial.



Fuente: [http://www.taringa.net/posts/info/1560649/Catastrofes-y-accidentes-petroleros\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/1560649/Catastrofes-y-accidentes-petroleros_.html)

**Figura 21. Falla del Buque Tanque T – 2.**

Esta falla ocurrió cuando el buque tanque T-2 fue atracado en Schenectady, en clima templado y con el mar en calma. El máximo momento de flexión en el buque se presentó cuando falló el buque. Más tarde se determinó que este valor era sólo la mitad de los momentos de diseño. Claramente, entonces, los procedimientos convencionales de diseño basados exclusivamente en el criterio de esfuerzo máximo no es adecuado en todas las circunstancias.

---

<sup>9</sup> SAMAYAJI, SHAN. Civil Engineering Materials. Englewood. Prentice Hall. 1995

El campo de la mecánica de la fractura proporciona un enfoque muy diferente para la predicción de la falla. La mecánica de la fractura se refiere principalmente a la presión y los campos de desplazamiento en la región de una grieta en materiales de bajo esfuerzo, sobre todo en el inicio de la formación de la grieta en el material inestable.

Las teorías de falla se definen en términos de tensiones y afectan la resistencia a la tracción y a la compresión del material. La mecánica de la fractura, por otra parte, se ocupa de las interrelaciones entre la tensión aplicada, el crack, y la tenacidad de fractura. Los conceptos de mecánica de la fractura son particularmente aplicables a los materiales frágiles.

## 6. ENSAYOS DE LABORATORIO.

### 6.1. Yeso.

Para el ensayo a compresión del yeso como material de refrentado, se trabajó en conjunto con un material denominado caolín, que se utiliza en la fabricación de porcelanas entre otras cosas, se utilizó esta combinación del yeso-caolín para que la mezcla tuviera una mejor manejabilidad ya que cuando se trabaja solo yeso, en presencia de agua se endurece rápidamente.

En dicha combinación de materiales se trabajaron tres (3) tipos de relaciones entre el yeso y el caolín, con el fin de encontrar la resistencia que más se acercará a lo que estipulaba la Norma Técnica Colombiana NTC - 4205.

En el análisis de la resistencia a compresión se utilizaron moldes para probetas cúbicas de 50 mm, un compactador de sección transversal 13mm x 25 mm y una longitud entre 120 mm y 150mm, ya teniendo las muestras listas para ensayar se procede a aplicarles carga, a una velocidad de 11 mm/seg y así observar la fuerza de falla y posteriormente la resistencia a compresión de los cubos de yeso - caolín.

Teniendo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC- 504 “Refrentado de Especímenes Cilíndricos de Concreto”, se observa que para este material el yeso debe tener una resistencia de 34.5 MPa. Por esta razón, y teniendo que el máximo esfuerzo que va a soportar el concreto es 21 MPa y la unidad de mampostería es 3 MPa, se decide realizar una mezcla que guarde la proporción de resistencias que se cumple en el concreto, por lo cual:

$$\sigma_{\text{refrentado mampostería}} = \frac{35\text{MPa} \cdot 3\text{MPa}}{21\text{MPa}} = 5.0\text{MPa}$$

Por esta razón se decidió utilizar el porcentaje de yeso – caolín que se acercará más a este valor.

Se desarrollaron tres mezclas de las cuales se observaran los resultados en las

**Tabla 5. Resultados Esfuerzos Yeso 70% - Caolín 30%.**

<b>RELACIÓN YESO 70% - CAOLÍN 30%</b>					
<b>Muestra</b>	<b>L1(mm)</b>	<b>L2(mm)</b>	<b>Carga (kN)</b>	<b>MPa</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
1	50	50	1743	6,972	69,72
2	50	50	1583	6,332	63,32
3	50	50	1673	6,692	66,92
4	50	50	1130	4,52	45,2
5	50	50	1673	6,692	66,92
6	50	50	1930	7,72	77,2
7	50	50	1492	5,968	59,68
8	50	50	1221	4,884	48,84
9	50	50	1382	5,528	55,28
10	50	50	1352	5,408	54,08
11	50	50	1167	4,668	46,68
12	50	50	1370	5,48	54,8
13	50	50	1478	5,912	59,12
14	50	50	1126	4,504	45,04
15	50	50	1866	7,464	74,64
16	50	50	1913	7,652	76,52
17	50	50	2173	8,692	86,92
18	50	50	1787	7,148	71,48
19	50	50	1626	6,504	65,04
20	50	50	1830	7,32	73,2
21	50	50	1773	7,092	70,92
22	50	50	1913	7,652	76,52
23	50	50	1595	6,38	63,8
24	50	50	2053	8,212	82,12
25	50	50	1210	4,84	48,4
26	50	50	2392	9,568	95,68
27	50	50	1525	6,1	61
28	50	50	1462	5,848	58,48
29	50	50	1374	5,496	54,96
30	50	50	1652	6,608	66,08

**Tabla 6. Resultados Esfuerzos Yeso 60% - Caolín 40%.**

<b>RELACIÓN YESO 60% - CAOLÍN 40%</b>					
<b>Muestra</b>	<b>L1(mm)</b>	<b>L2(mm)</b>	<b>Carga (kN)</b>	<b>MPa</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
1	51,7	51,1	2219	8,40	82,40
2	51,5	51,1	1692	6,43	63,07
3	51,4	51,3	2010	7,62	74,78
4	51	51,4	2001	7,63	74,88
5	51	51,3	2672	10,21	100,19
6	51	51,3	2259	8,63	84,70
7	51,4	51,6	2567	9,68	94,95
8	51,7	51	2191	8,31	81,52
9	51,1	51,3	2038	7,77	76,27
10	52	51,2	1794	6,74	66,10
11	51	52	2226	8,39	82,34
12	50,2	51,1	2350	9,16	89,87
13	51,1	51,9	1687	6,36	62,40
14	52	51,5	2653	9,91	97,18
15	51	51	2957	11,37	111,53
16	52	51,7	1830	6,81	66,78
17	51	51,1	1901	7,29	71,56
18	52	51,6	2057	7,67	75,21
19	51,5	51,5	2145	8,09	79,34
20	51	51	1871	7,19	70,57
21	51,9	51	1897	7,17	70,31
22	51,4	51,3	1870	7,09	69,57
23	51	51	1783	6,86	67,25
24	50,4	50,8	2097	8,19	80,35
25	50,1	50,6	2276	8,98	88,08
26	51	51	1873	7,20	70,64
27	51,9	51,2	1925	7,24	71,07
28	51,5	50,8	1923	7,35	72,11
29	51,7	51	2022	7,67	75,23
30	50,8	51,5	1850	7,07	69,37

**Tabla 7. Resultados Esfuerzos Yeso 50% - Caolín 50%**

<b>RELACIÓN YESO 50% - CAOLÍN 50%</b>					
<b>Muestra</b>	<b>L1(mm)</b>	<b>L2(mm)</b>	<b>Carga (kN)</b>	<b>MPa</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
1	50	50	992	3,968	39,68
2	50	50	1554	6,216	62,16
3	50	50	1458	5,832	58,32
4	50	50	1362	5,448	54,48
5	50	50	1375	5,5	55
6	50	50	1176	4,704	47,04
7	50	50	1102	4,408	44,08
8	50	50	1834	7,336	73,36
9	50	50	1652	6,608	66,08
10	50	50	1790	7,16	71,6
11	50	50	1415	5,66	56,6
12	50	50	1453	5,812	58,12
13	50	50	2019	8,076	80,76
14	50	50	1644	6,576	65,76
15	50	50	1171	4,684	46,84
16	50	50	1307	5,228	52,28
17	50	50	1514	6,056	60,56
18	50	50	1401	5,604	56,04
19	50	50	1190	4,76	47,6
20	50	50	937	3,748	37,48
21	50	50	1151	4,604	46,04
22	50	50	926	3,704	37,04
23	50	50	1162	4,648	46,48
24	50	50	926	3,704	37,04
25	50	50	1379	5,516	55,16
26	50	50	1518	6,072	60,72
27	50	50	1189	4,756	47,56
28	50	50	1028	4,112	41,12
29	50	50	1247	4,988	49,88
30	50	50	1181	4,724	47,24

## **6.2. Compresión en unidades de mampostería.**

El procedimiento comienza con la medición del material por refrentar se mide tanto largo como ancho de la muestra, ya que el ladrillo posee unas medidas estándar para cada tipo en particular, pero estas vienen con algunas imperfecciones de fábrica.



El proceso para refrentar la unidad de mampostería comienza con la preparación de la mezcla yeso caolín adicionando agua, después se esparce la mezcla en la máquina refrentadora y realizando el mismo proceso para las dos caras de la unidad, esta capa tiene un espesor de aproximadamente 3 mm.

Después de realizar el refrentado, a las cuarenta y ocho (48) horas, se procede a realizar el ensayo de compresión en la unidad y los muretes.

**Tabla 8. Esfuerzo de Compresión de Unidades H – 10 refrentadas con yeso y caolín.**

<b>LADRILLOS H-10 REFRENTADOS 60% YESO - 40% CAL</b>				
<b>muestra</b>	<b>L1(cm)</b>	<b>L2(cm)</b>	<b>Fuerza (kN)</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa)</b>
1	30,4	9,4	62,8	2,198
2	29,5	9,4	71,4	2,575
3	29,6	9,3	40,3	1,464
4	29,3	9,5	30,6	1,099
5	29,8	9,3	41,6	1,501
6	29,3	9,4	33,7	1,224
7	31	9,7	35,6	1,184
8	29,4	9,5	33,8	1,210
9	29,2	9,3	72,6	2,673
10	29,6	9,4	34,9	1,254
11	29,7	9,5	33,5	1,187
12	29,3	9,5	36,4	1,308
13	29,5	9,5	43,5	1,552
14	29,7	9,6	42,2	1,480
15	30	9,5	32,6	1,144
16	29,4	9,4	43,7	1,581
17	29,7	9,4	51,4	1,841
18	29,5	9,5	40,7	1,452
19	29,4	9,5	39,7	1,421
20	29,9	9,3	37,6	1,352
21	29,8	9,4	41,2	1,471
22	29,2	9,5	35,8	1,291
23	29,6	9,6	39,2	1,380
24	29,5	9,6	36,4	1,285
25	30,3	9,2	35,4	1,270
26	29,8	9,4	33,9	1,210
27	30,5	9,8	37,5	1,255
28	29,8	9,7	40,3	1,394
29	29,3	9,5	39,7	1,426
30	29,8	9,8	41,7	1,428

Fuente: Propia

**Tabla 9. Esfuerzo de Compresión de Unidades H – 15 refrentadas con yeso y caolín.**

<b>LADRILLOS H-15 REFRENTADOS 60% YESO - 40% CAL</b>				
<b>muestra</b>	<b>L1(cm)</b>	<b>L2(cm)</b>	<b>Fuerza (kN)</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa)</b>
1	29,6	14,7	40,8	0,938
2	28,9	15,1	45,6	1,045
3	29,5	14,8	54,1	1,239
4	29,2	15	64,9	1,482
5	29,3	15	55,4	1,261
6	29,5	15	55,5	1,254
7	29,6	14,8	62,2	1,420
8	29,4	14,9	60,1	1,372
9	29,4	14,9	37,1	0,847
10	29,6	14,7	70,9	1,629
11	29,7	14,8	59,1	1,345
12	29,6	14,8	55,8	1,274
13	29,4	14,8	65,8	1,512
14	28	14,9	89,9	2,155
15	29,8	14,7	46,7	1,066
16	29,5	14,8	63,5	1,454
17	29	15	74,4	1,710
18	29,3	14,9	53,5	1,225
19	30	14,7	58	1,315
20	29,6	14,8	49,7	1,134
21	28,9	14,7	40,5	0,953
22	29,8	14,8	53,5	1,213
23	29,3	14,8	41,4	0,955
24	29,3	14,6	43,4	1,015
25	29,4	14,8	64	1,471
26	29,6	14,7	40,2	0,924
27	29,3	14,9	61	1,397
28	29,6	14,9	54,3	1,231
29	29,8	14,8	45,8	1,038
30	29,5	14,6	42,1	0,977

Fuente: Propia

En la Tabla 8 y la Tabla 9, se observan los resultados de esfuerzos de compresión de unidades de mampostería refrentadas con yeso y caolín, en el Anexo 1 y el Anexo 2, se observan los resultados de los esfuerzos de compresión en unidades de mampostería refrentados con neopreno, realizados en el trabajo de grado anterior.

### 6.3. Compresión en mortero de pega tipo M.

En el ensayo a compresión del mortero de pega, se utilizó uno tipo M siendo esta clase la más usada en la construcción de mampostería además es una mezcla de alta resistencia que ofrece más durabilidad que otros morteros, para la toma de las muestras para ensayar, se utilizó el molde de probetas cubicas de 50 mm, ya teniendo las muestras listas se dejan por un periodo de 28 días para que dicho mortero alcance su resistencia máxima, luego de pasar este tiempo se procede a ensayarlas en la maquina universal y así obtener los datos de la resistencia a compresión.

Teniendo en cuenta la NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC- 3329), el mortero mezclado en el laboratorio, para determinar su conformidad con las especificaciones por propiedades, debe estar compuesto de los materiales que se van a emplear, en las proporciones indicadas en las especificaciones del proyecto.

**Tabla 10. Esfuerzos de Compresión Mortero de Pega.**

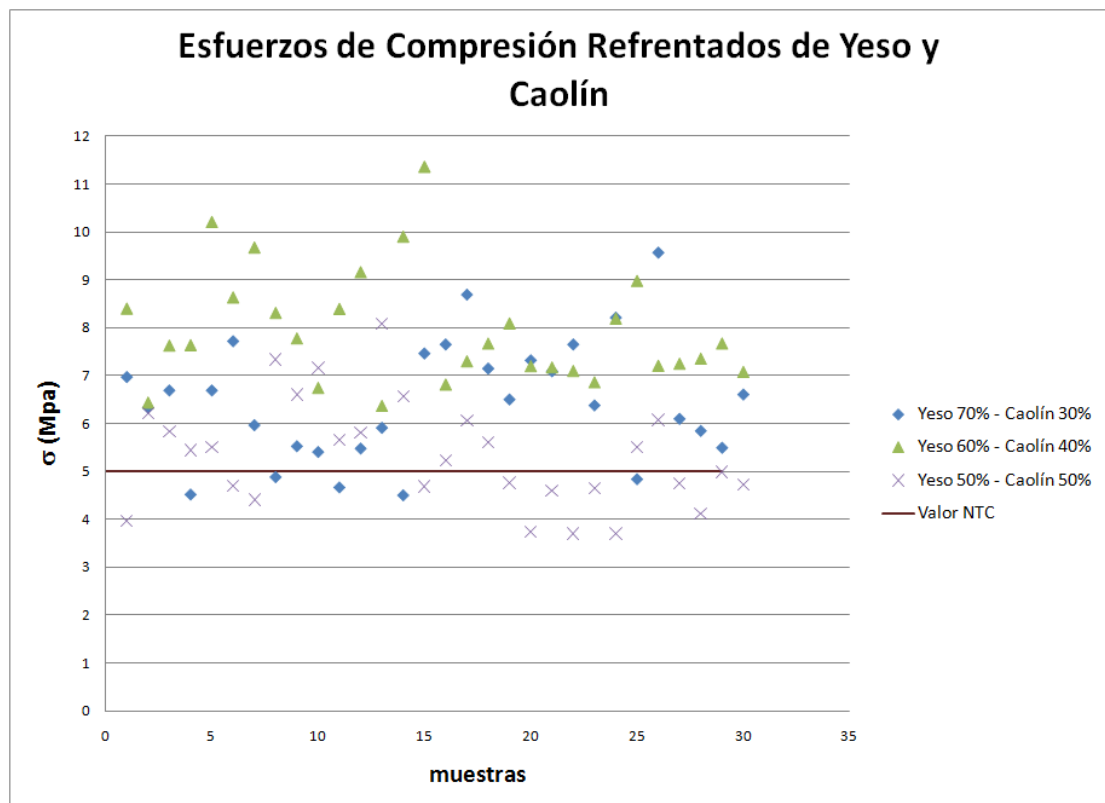
<b>MORTERO TIPO M</b>				
<b>cubo</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>KN</b>	<b>MPa</b>
1	51	50	3854	15,11
2	51	50	3846	15,08
3	52	49	3420	13,42
4	50	49	2940	12,00
5	50	49	3481	14,21
6	50	52	3080	11,85
7	50	50	2184	8,74
8	48	50	3125	13,02
9	51	50	4225	16,57

## 7. RESULTADOS.

En este capítulo se observan las gráficas de los ensayos desarrollados al refrentado en yeso – caolín, a las unidades de mampostería y a los muretes del mismo material, refrentados con neopreno y el material mencionado anteriormente.

### 7.1. Resistencia a la compresión cubos de mezcla yeso – caolín.

En este espacio se mostraran las diferencias entre los esfuerzos permitidos por la Norma Técnica Colombiana, y el que más se acerca es el de 60% - 40%, por cuanto ningún valor está por debajo del límite de la Norma Técnica Colombiana.



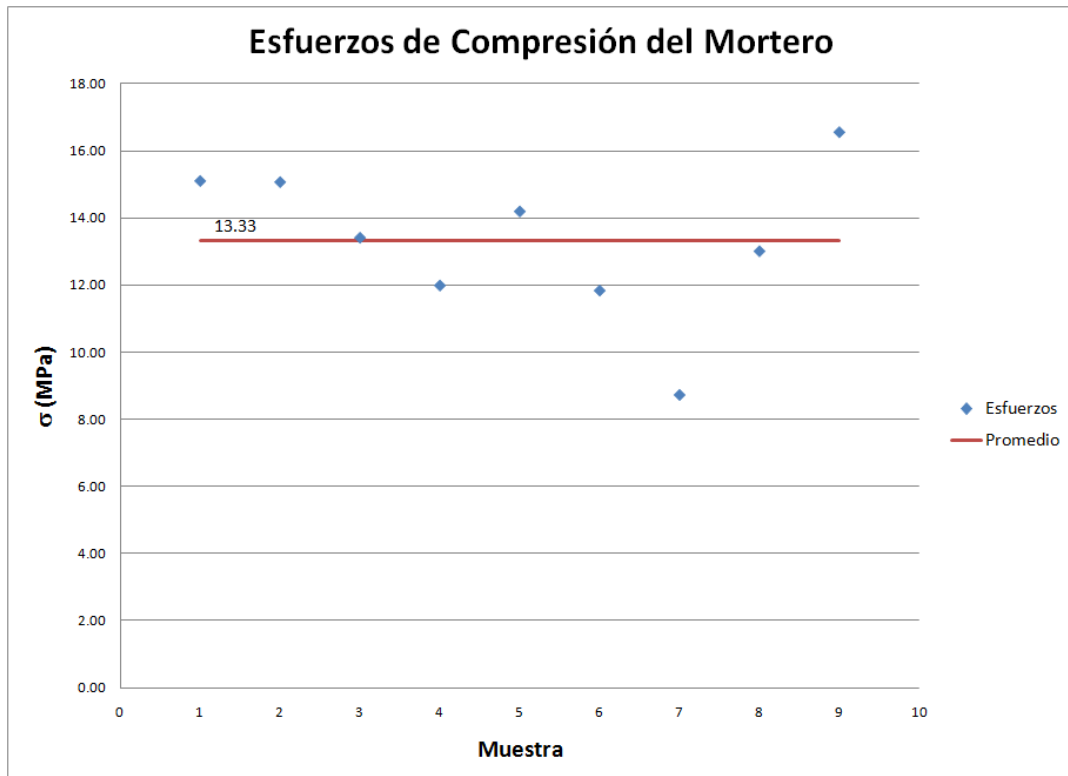
Fuente: Propia

**Figura 22. Esfuerzos de Compresión refrentado en yeso y caolín.**

### 7.2. Resistencia a la compresión del mortero de pega.

En este ensayo, se pudo observar que el esfuerzo de compresión está obtenido indica que es un mortero tipo S (12.5 MPa), aunque las adiciones de mezcla que se llevaron a cabo era para obtener un mortero tipo M. Esta situación, se presenta por cuanto el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad no ofrece un cuarto de curado para poder

correctamente desarrollar este procedimiento. Por lo anterior, los resultados obtenidos en el mortero no se asemejan a lo que se diseñó. Por lo tanto, se observa que el promedio de los resultados que se obtienen del mortero de pega son un mortero tipo S, también utilizado para desarrollar muros de mampostería no estructural. En la Figura 23, se observan los esfuerzos de compresión del mortero de pega, utilizado para la construcción de los muretes de mampostería H – 10.



Fuente: Propia

**Figura 23. Esfuerzos de Compresión del Mortero de Pega.**

### 7.3. Esfuerzo de Compresión en unidades de mampostería.

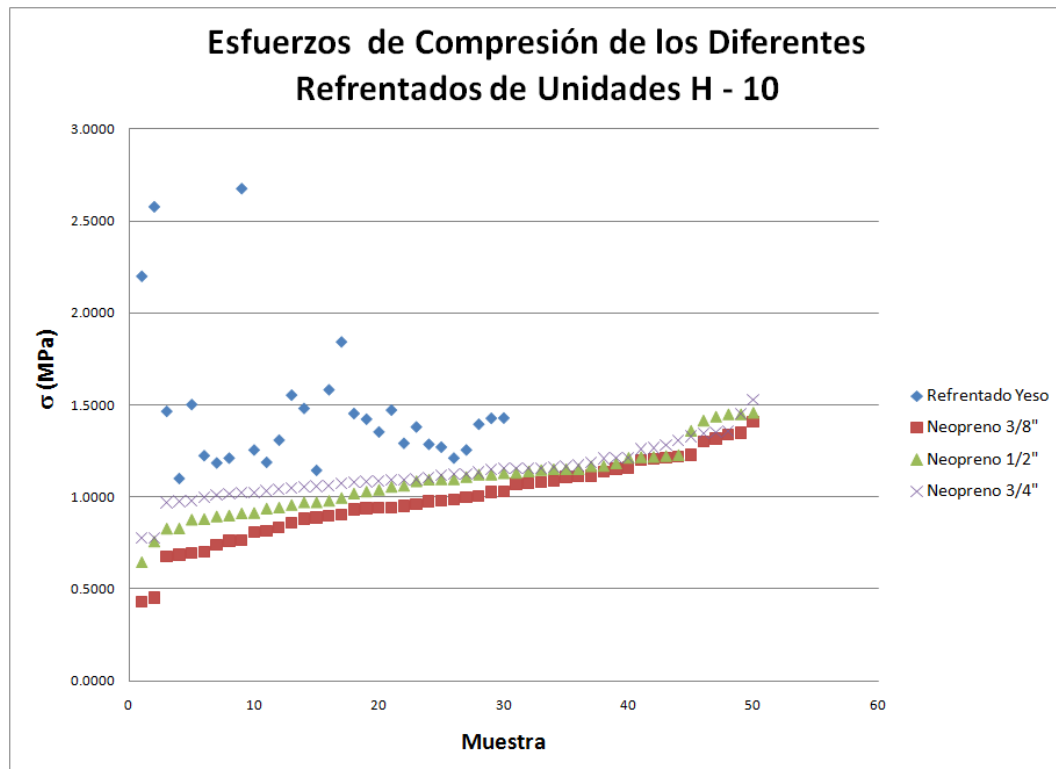
En este proceso se graficaron los resultados de los esfuerzos de compresión de las unidades H – 10 y H – 15, refrentados en yeso y los diferentes espesores de neopreno.

#### 7.3.1. Esfuerzos de compresión en Unidades H – 10.

Aunque no está el límite de la Norma Técnica Colombiana (NTC – 4205), este valor es 3 MPa, lo cual indica que la calidad de las unidades ensayadas no llega a este valor estipulado por la Norma. Aunque no cumple con las especificaciones, se observa que los esfuerzos obtenidos con el refrentado en yeso, casi todos, son mayores a los obtenidos con el refrentado en neopreno. Entre menor sea el espesor del neopreno, mayor

es el esfuerzo que soporta la unidad, lo que está indicando levemente que para realizar ensayos de compresión en unidades de mampostería, eventualmente, no se debe utilizar el neopreno, porque disminuye en un porcentaje el valor del esfuerzo obtenido con un refrentado en yeso.

Esta situación se puede observar en la Figura 24.



Fuente: Propia

**Figura 24. Esfuerzos de Compresión Unidades H – 10.**

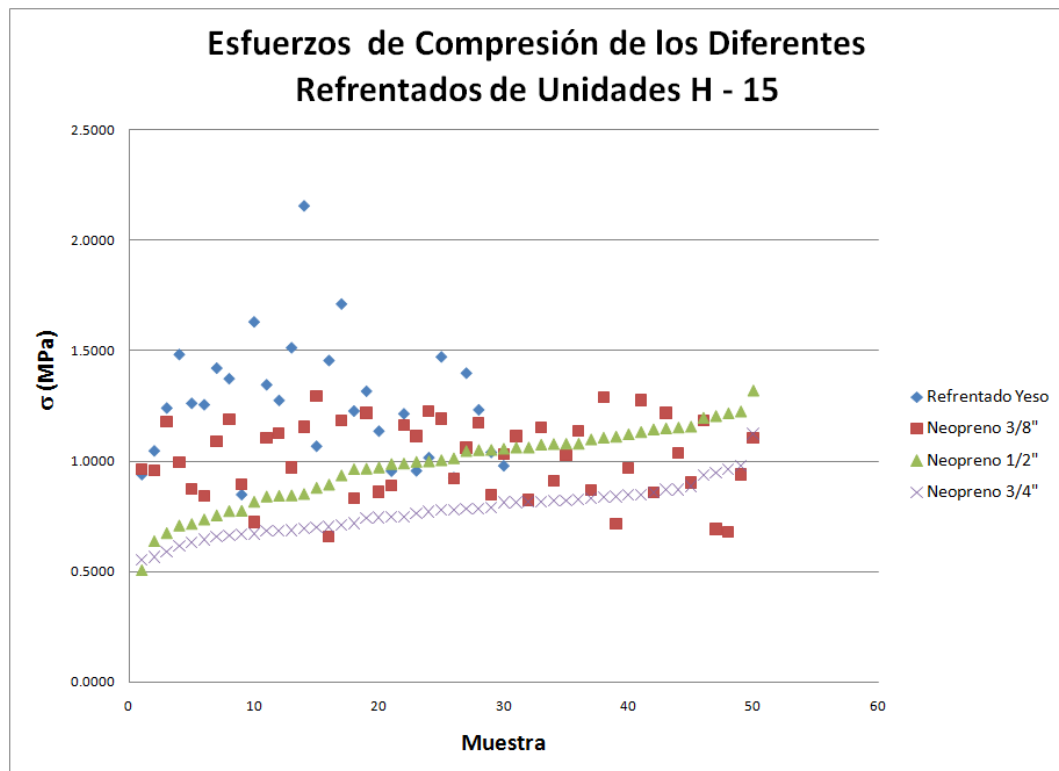
### 7.3.2. Esfuerzos de Compresión en Unidades H – 15.

Se puede observar en la Figura 25, la misma situación que en la unidad de mampostería H – 10, por cuanto la mayoría de esfuerzos de compresión obtenidos con el refrentado en yeso, son mayores que los obtenidos con el refrentado en neopreno. Esta situación se ve agravada también, por cuanto todos los esfuerzos obtenidos son inferiores al esfuerzo que exige la Norma Técnica Colombiana NTC – 4205 (3 MPa). Como se puede observar, ningún esfuerzo obtenido, ni con yeso – caolín y neopreno, llega a este valor superior.

Esto se puede estar presentando por los materiales con los cuales realizan la mezcla para el ladrillo, lo que sucede es que se está seguramente introduciendo más arenisca que la arcilla necesaria para producir las unidades no estructurales. En el marco teórico se observa que los procedimientos que se deben seguir para construir las unidades,

en su mayor composición es arcilla, por lo cual se induce que el material que se está utilizando para realizar estas unidades no es el adecuado.

Además el esfuerzo se determina sobre el área bruta, no el área neta (sin el área de los orificios).



Fuente: Propia

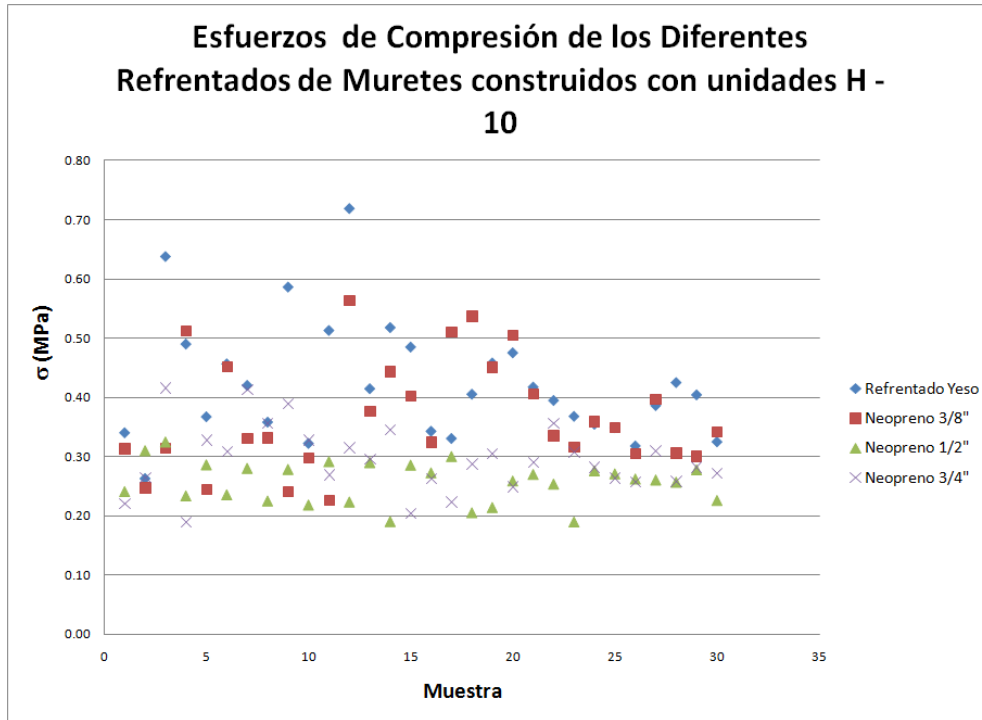
**Figura 25. Esfuerzos de Compresión Unidades H – 15.**

#### 7.4. Esfuerzos de Compresión en muretes construidos con Unidades H – 10.

En esta parte, los resultados obtenidos todos son propios de los autores, se hicieron 30 muretes refrentados con yeso – caolín, noventa (90) muretes para fallar con los tres (3) diferentes espesores de neopreno 1/2", 3/8" y 3/4".

En la Figura 26, se observan estos resultados y el refrentado que más cercano tiene los valores al esfuerzo del refrentado con yeso – caolín, es el refrentado con neopreno de 3/8", por lo cual se pensaría que entre menor sea el espesor del neopreno, mejor se comporta en la determinación del esfuerzo de compresión en las unidades de mampostería, lo que está indicando es que este material cerámico es muy sensible a la manera como se desarrollen los ensayos en el laboratorio.

Es importante aclarar que por comodidad, se puede hacer el refrentado en neopreno, pero se observa en este trabajo de grado que no es el mejor procedimiento, utilizar neopreno, a la hora de realizar el ensayo en laboratorio.



Fuente: Propia

**Figura 26. Esfuerzos de compresión con muretes de unidades H – 10.**



## 8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En esta parte del trabajo se realiza el análisis de algunas propiedades estadísticas como son promedio, desviación estándar (que tanto se desvían los datos de la media) y el coeficiente de relación entre la desviación estándar y el promedio, lo que nos indica un porcentaje de error de los ensayos de laboratorio, errores que tienen que ver con efectos ajenos a los autores del trabajo de grado, como son Unidades Desportilladas, mala realización de la nivelación de las unidades a probar con el neopreno, fallas humanas, etc.

En estos análisis se puede visualizar, en la mayoría de resultados, que el neopreno no es muy recomendable para utilizar al momento de realizar un refrentado en laboratorio.

### 8.1. Esfuerzos de Compresión en el refrentado realizado con yeso – caolín.

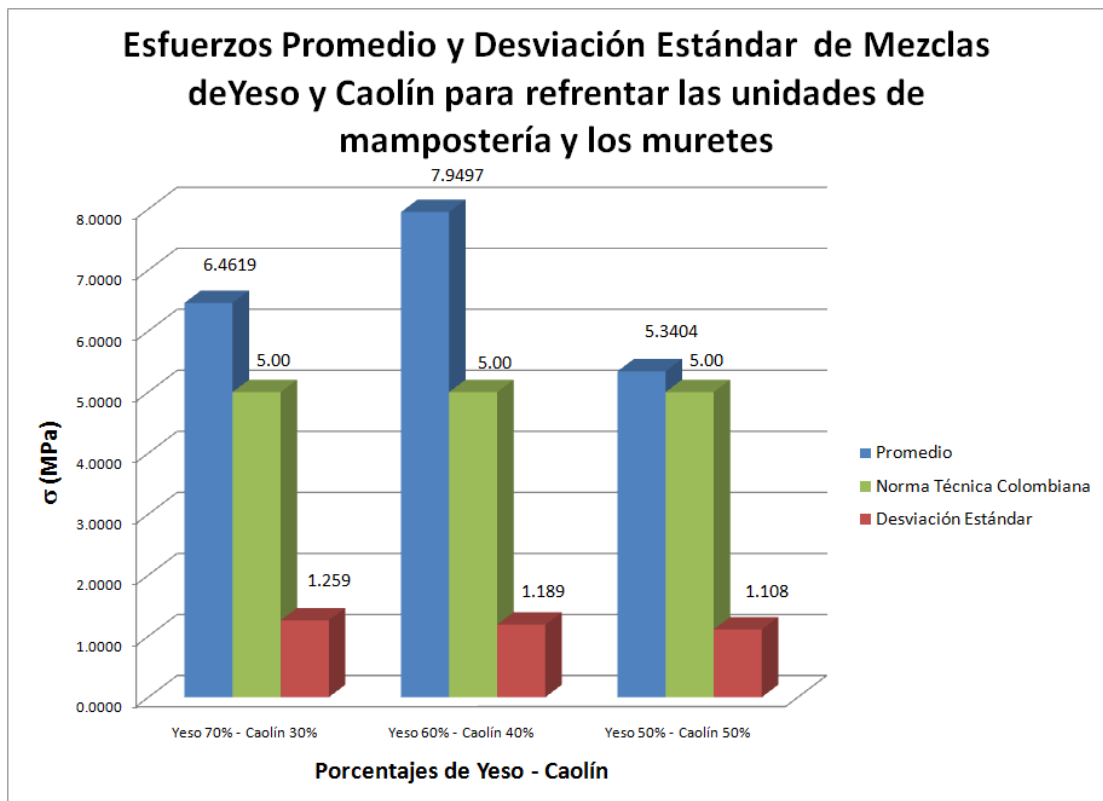
En la Tabla 11, se encuentra el resumen de resultados de los esfuerzos a compresión de las tres diferentes mezclas desarrolladas para el material de refrentado realizado con yeso y caolín. Se puede observar en la misma tabla los rangos en los cuales se encuentran los esfuerzos de compresión de los diferentes refrentados en yeso – caolín con sus diferentes proporciones.

**Tabla 11. Resultados resistencia a la compresión de la relación yeso-caolín.**

Mezcla	Promedio (MPa)	Desviación Estándar (MPa)	Correlación (%)	Límite Mínimo	Límite Máximo
Yeso 70% - Caolín 30%	6,4619	1,259	19,490	5.203	7.721
Yeso 60% - Caolín 40%	7,9497	1,189	14,952	6.761	9.138
Yeso 50% - Caolín 50%	5,3404	1,108	20,757	4.232	6.449

Fuente: Propia

Como se observa en la Figura 27, el esfuerzo máximo que se consiguió con las diferentes mezclas de yeso – caolín, fue la de 60% yeso – 40% caolín, por este motivo se decidió utilizar esta mezcla, aunque la mezcla de 50% yeso – 50% caolín, es la que más se acerca al valor que establece la Norma Técnica Colombiana.

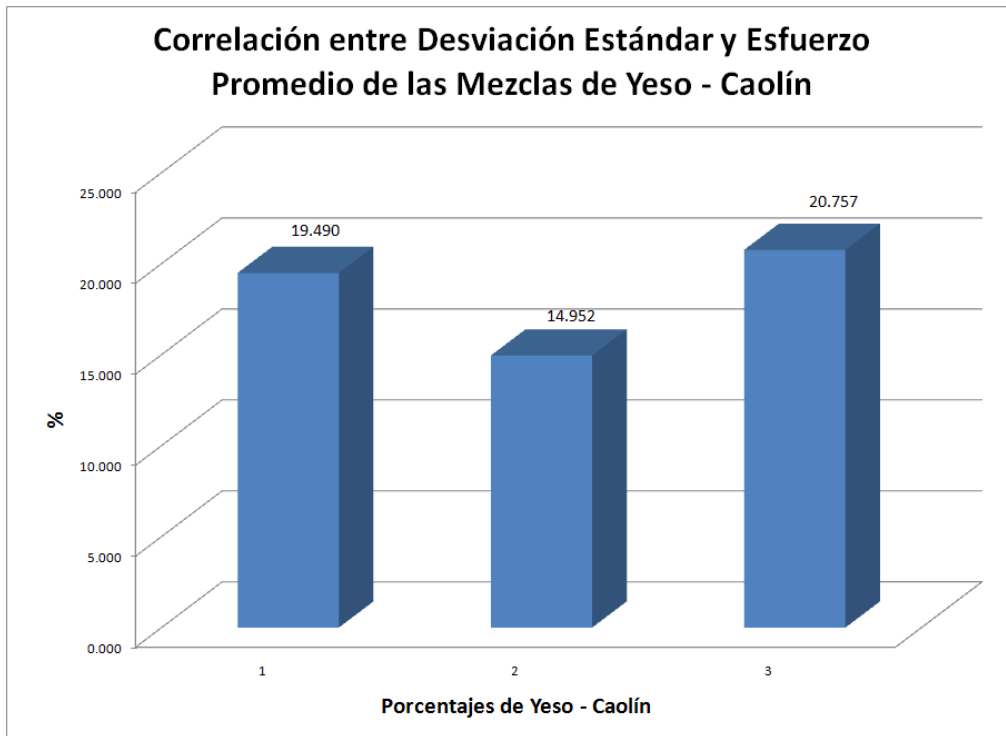


Fuente: Propia.

**Figura 27. Esfuerzos promedios, desviación estándar y valor de la Norma Técnica Colombiana yeso - caolín**

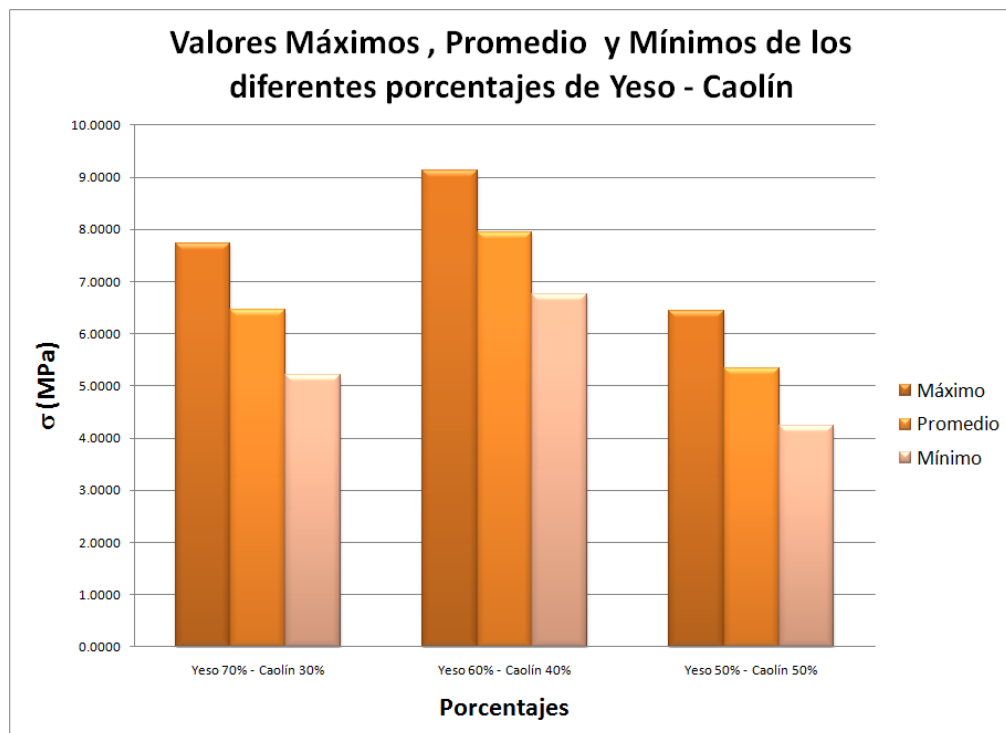
En la Figura 28, donde se muestran los valores de la correlación entre la desviación estándar y el promedio de las diferentes mezclas, se observó que el menor error se cometió con la muestra de 60% yeso – 40% caolín, lo cual también influyó en la decisión de escoger esta mezcla para realizar el refrentado de las unidades de mampostería con yeso.

En la Figura 29, se observan los rangos de datos entre los que oscilaron los diferentes esfuerzos de compresión de las tres mezclas de yeso – caolín desarrolladas en el laboratorio. Se observa que el límite mínimo de esfuerzos en el 60% yeso – 40% Caolín fue de 6.761 MPa, lo cual está por encima del valor que se requiere según la normativa. El refrentado de la mezcla 70% yeso – 30% caolín, tiene un esfuerzo mínimo de 5.203 MPa, ya es muy cercano al valor estipulado por la Norma Técnica Colombiana, por lo cual en definitivas, se tomó la decisión de utilizar la mezcla de 60% Yeso – 40% Caolín.



Fuente: Propia

**Figura 28.** Correlación entre desviación estándar y promedio para las diferentes mezclas de yeso – caolín.



Fuente: Propia

**Figura 29.** Datos máximos y mínimos de esfuerzos de compresión de las diferentes mezclas de yeso – caolín.

## 8.2. Esfuerzos de Compresión Unidades de Mampostería.

En esta parte se trabaja con los resultados del trabajo de grado anterior y los resultados obtenidos en el presente trabajo de grado. Los datos del trabajo de grado anterior, se encuentran en el Anexo 1 y el Anexo 2. Los datos determinados de promedio, desviación estándar, correlación, límite máximo y límite mínimo, se obtuvieron a partir de los resultados de ese proyecto y el propio.

### 8.2.1. Esfuerzos Unidades de Mampostería H – 10.

En la Tabla 12, se observan los resultados promedio de esfuerzos de compresión con los diferentes elementos, la desviación estándar que se presentó con cada una de los tipos de refrentado, la correlación entre la desviación estándar y el promedio y el límite mínimo y máximo de estos esfuerzos.

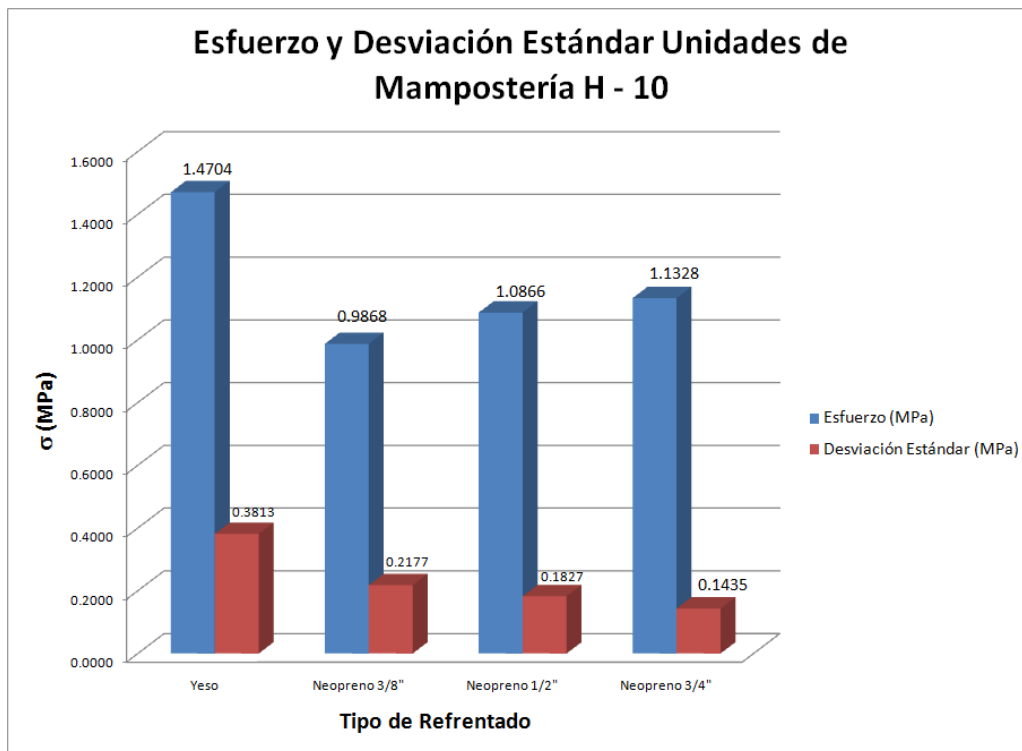
**Tabla 12. Promedio, Desviación Estándar, Correlación, Límite Mínimo y Máximo unidades H - 10.**

Refrentado	Promedio (MPa)	Desviación Estándar (MPa)	Correlación (%)	Límite Mínimo	Límite Máximo
Yeso	1.4704	0.3813	25.94	1.0890	1.8517
Neopreno 3/8"	0.9868	0.2177	22.07	0.7690	1.2045
Neopreno 1/2"	1.0866	0.1827	16.81	0.9039	1.2693
Neopreno 3/4"	1.1328	0.1435	12.66	0.9894	1.2763

Fuente: Propia - Unidades de Mampostería (H – 10, H – 15, Temosa) con Refrentado en Neopreno (Espesor 3/8", 1/2", 3/4").

En la Figura 30, se observa el comportamiento del promedio de las unidades refrentadas con yeso y las unidades refrentadas con neopreno de tres diferentes espesores. Se puede observar que el esfuerzo que se obtiene con el refrentado en neopreno, es evidente en la Tabla 12, que el esfuerzo disminuye en las unidades de mampostería H – 10, respecto al refrentado en yeso de la siguiente manera: 0.4836 MPa (33%) para el neopreno de espesor 3/8", 0.3838 MPa (26%) para el neopreno de espesor 1/2" y 0.3375 (23%) para el neopreno de espesor 3/4".

Como se puede observar es regular en todos los espesores de neopreno que disminuya la resistencia.



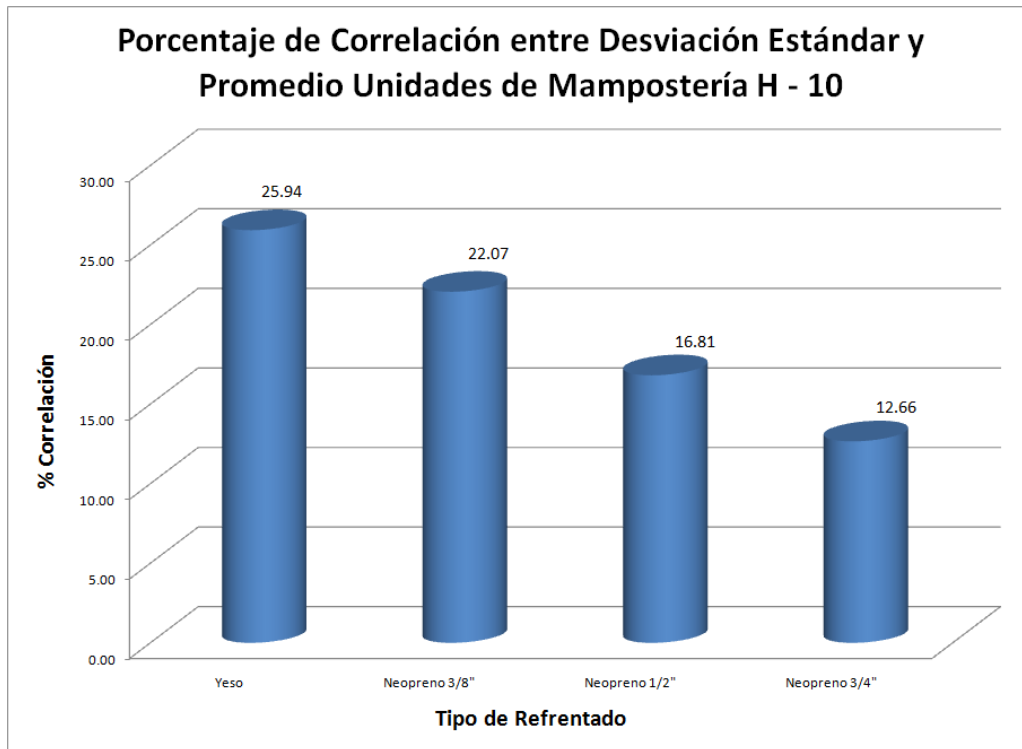
Fuente: Propia

**Figura 30. Esfuerzo y Desviación Estándar Unidades de Mampostería H – 10.**

Aunque se observa en la relación entre la desviación estándar y el promedio de esfuerzos de las unidades H – 10, que es menor el porcentaje de error con los esfuerzos obtenidos con el refrentado en yeso, por cuanto los espesores de los neoprenos siguen siendo los mismos y no se van a modificar, mientras que para cada unidad se realiza la mezcla para refrentar con yeso, por lo cual, varía de una unidad a otra con mayor proporción.

Es importante resaltar que aunque se presente estas diferencias en porcentajes de error, no es prudente refrentar con neopreno, por cuanto se disminuye el valor del esfuerzo de compresión que realmente soporta la pieza en aproximadamente un 30%, lo que muestra que no es prudente utilizar este material para nivelar las unidades de mampostería.

Se observa que entre mayor sea el espesor menor es el porcentaje de error, pero casi siempre disminuye más la resistencia entre mayor sea el espesor de neopreno.



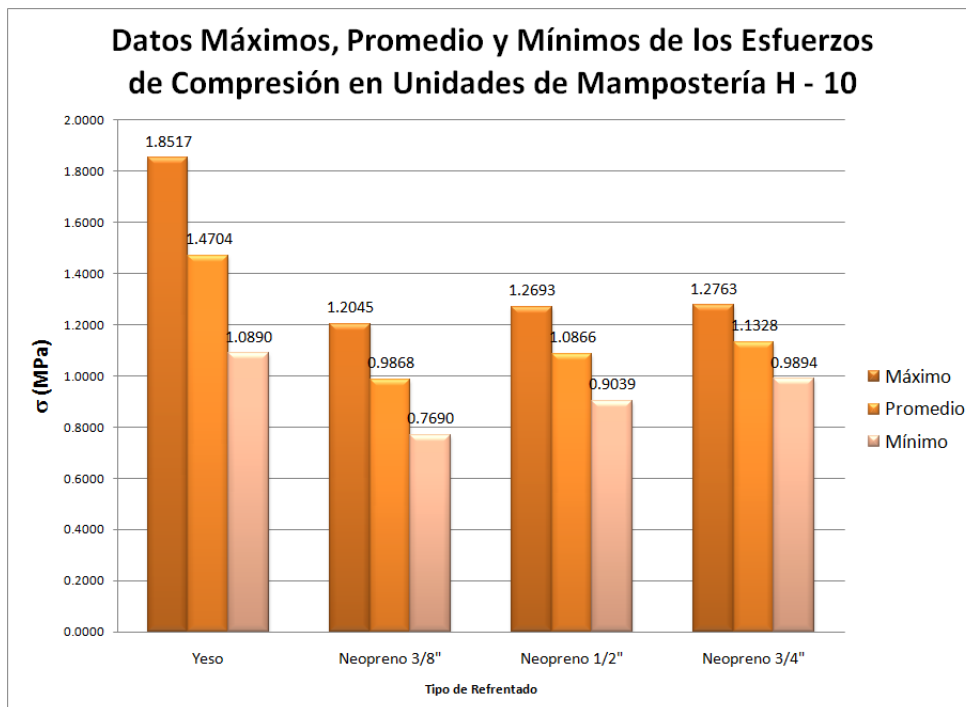
Fuente: Propia

**Figura 31. Porcentajes de Correlación entre Desviación Estándar y Promedio Unidades H – 10.**

En la Figura 32, se observa el rango de datos en el cual trabaja el refrentado en yeso y los refrentados con neopreno, todos los rangos no llegan casi ni al tope mínimo del refrentado en yeso, por esto se evidencia que no es prudente utilizar este tipo de refrentados en estos materiales cerámicos, porque a comparación con el concreto, los esfuerzos que soportan son muy pequeños y una leve variación en el resultado, se ve evidenciado altamente en los resultados que se entregan de calidad de los materiales.

Es evidente que, aunque se refrento con yeso, no se está cumpliendo en esta empresa con el esfuerzo de 3 MPa (Promedio), cuando se está trabajando con más de cinco (5) piezas.

Por esta razón es recomendable, para ésta y otras empresas que trabajen con unidades, revisar sus mezclas y evidenciar cual es la falla en el proceso de fabricación, para que se estén presentando esos valores de esfuerzos tan bajos respecto a la Norma Técnica Colombiana NTC – 4205.



Fuente: Propia

**Figura 32. Rango de datos de los esfuerzos obtenidos con refrentado en yeso y neopreno Unidades H – 10.**

### 8.2.2. Esfuerzos Unidades de Mampostería H – 15.

En esta sección, se comentarán los resultados obtenidos con el refrentado en yeso y los refrentados con los neoprenos de los tres diferentes espesores. Al igual que en el ítem anterior, se tomaron los resultados promedio de los esfuerzos obtenidos en el trabajo de grado anterior.

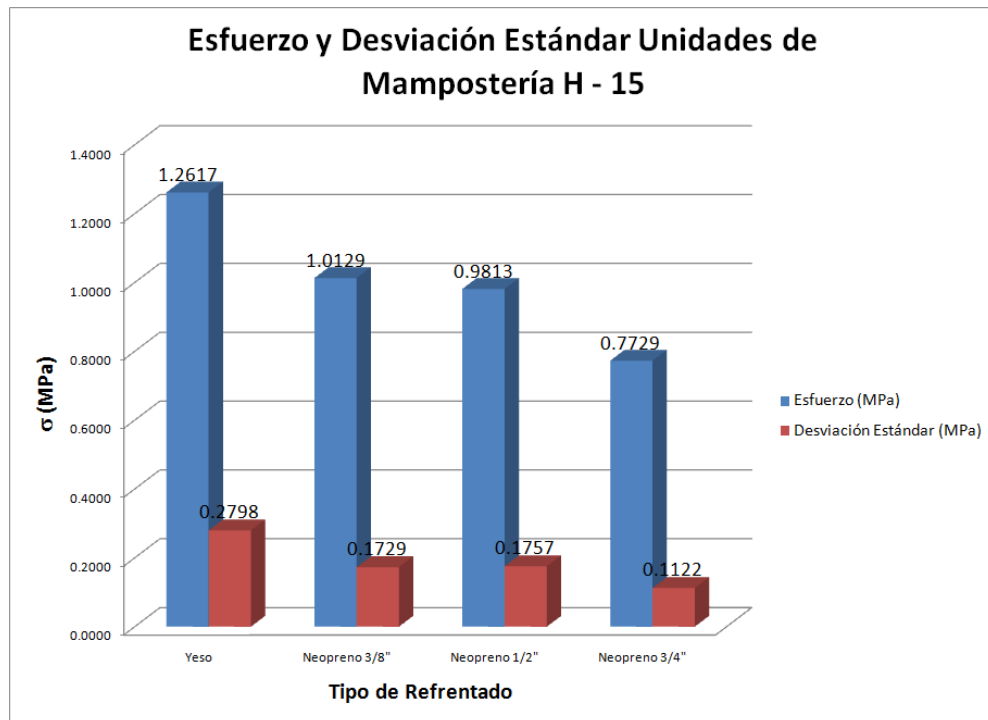
En la Tabla 13, se muestran los resultados de esfuerzo promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, límite mínimo y máximo, de las unidades de mampostería H – 15.

**Tabla 13. Promedio, Desviación Estándar, Correlación, Límite Mínimo y Máximo unidades H - 15.**

Refrentado	Promedio (MPa)	Desviación Estándar (MPa)	Correlación (%)	Límite Mínimo	Límite Máximo
Yeso	1.2617	0.2798	22.18	0.9819	1.5416
Neopreno 3/8"	1.0129	0.1729	17.07	0.8399	1.1858
Neopreno 1/2"	0.9813	0.1757	17.91	0.8056	1.1570
Neopreno 3/4"	0.7729	0.1122	14.52	0.6607	0.8851

Fuente: Propia - Unidades de Mampostería (H – 10, H – 15, Temosa) con Refrentado en Neopreno (Espesor 3/8", 1/2", 3/4").

En la Figura 33 se muestran los resultados de promedio y desviación estándar, y se sigue comportando de la misma manera que en la unidad de mampostería H – 10, la desviación estándar es menor para los refrentados en neopreno y un poco más alta para el refrentado en yeso.



Fuente: Propia.

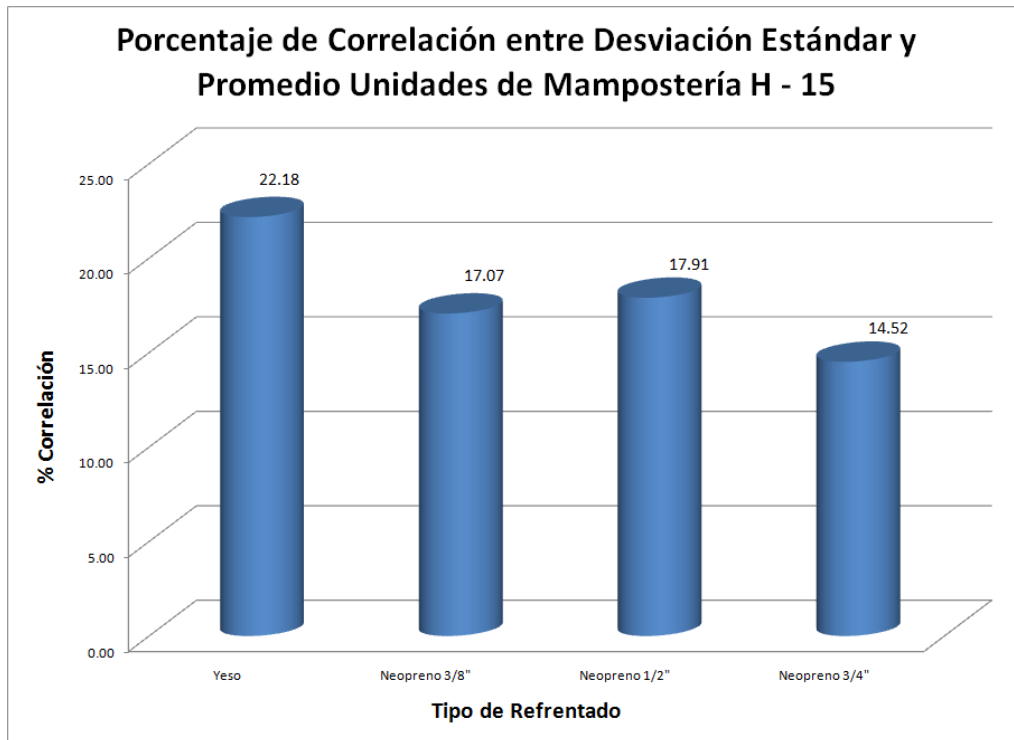
**Figura 33. Esfuerzos promedio y desviación estándar unidades de mampostería H – 15.**

El coeficiente de correlación entre la desviación estándar y el promedio de esfuerzos de la mampostería se muestra a continuación, en la Figura 34, se puede observar este comportamiento.

También en la Tabla 13, se observa que los esfuerzos de compresión promedios disminuyen con respecto al esfuerzos de compresión del refrentado de unidades con yeso de la siguiente manera: 0.2489 MPa (20%), 0.2804 (22%) y 0.4889 (39%) refrentados con espesores de neopreno de  $\frac{3}{8}$ ",  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ ", respectivamente.

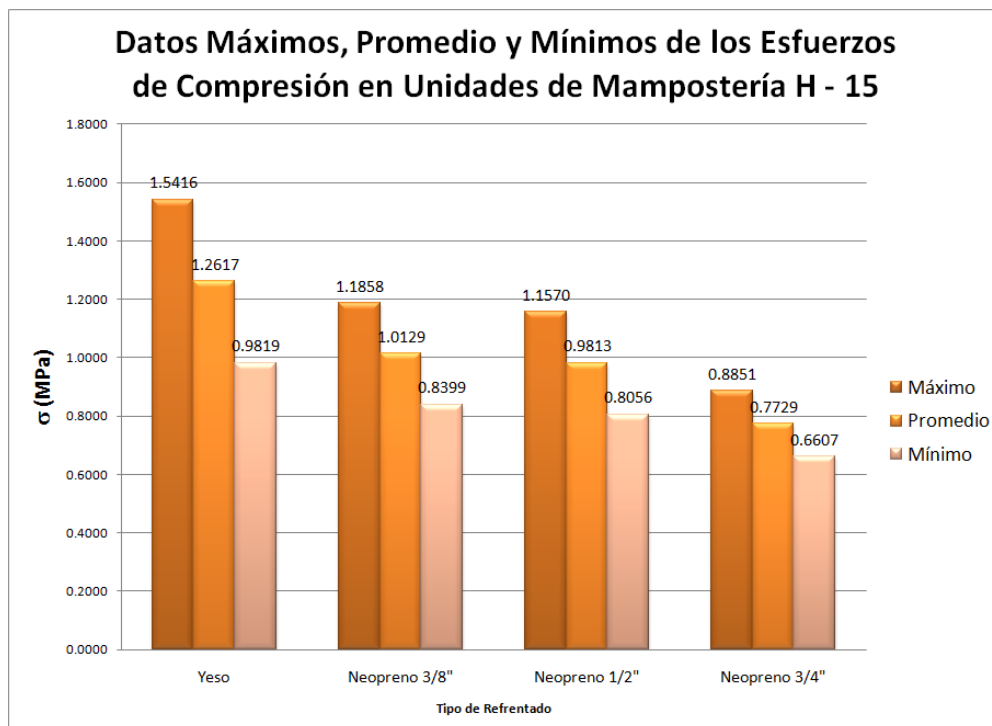
Con estos valores lo que se puede intuir es que definitivamente entre más grueso, es el espesor del neopreno ( $\frac{3}{4}$ " ), más se disminuye la resistencia respecto al refrentado en yeso.





Fuente: Propia

**Figura 34.** Correlación entre desviación estándar y promedio de esfuerzos en unidades de mampostería H – 15.



Fuente: Propia

**Figura 35.** Rango de datos de los esfuerzos obtenidos con refrentado en yeso y neopreno Unidades H – 15.

En la Figura 35, se observa que más rango de datos están dentro del rango encontrado con el refrentado en yeso, pero en todo caso el esfuerzo máximo obtenido no se alcanza con el refrentado en neopreno. Se evidencia aquí de la misma manera que entre menor sea el espesor del neopreno, mejor será el comportamiento de resistencia a la compresión.

De los límites máximos obtenidos con el esfuerzo de compresión con los neoprenos, alcanzan el valor del esfuerzo promedio de las unidades refrentadas con yeso.

Pareciera que entre mayor sea el espesor del ladrillo (10 – 15), mejor se comporta respecto a resistencia, independiente de ello, los datos no cumplen con lo estipulado por la Norma Técnica Colombiana NTC – 4205, respecto al esfuerzo promedio de cinco (5) piezas de mampostería – 3 MPa.

### 8.3. Esfuerzos de compresión muretes de unidades de mampostería H – 10.

En este trabajo de grado, se construyeron 120 muretes, constituidos cada uno con dos unidades de mampostería H – 10 y una brecha de mortero de pega tipo S de un (1) cm de espesor, treinta (30) de cada uno de los muretes fue ensayado a compresión cada uno con los diferentes refrentados que se analizan en el presente trabajo de grado.

En la Tabla 14, se observan los resultados de promedio, desviación estándar, correlación entre desviación y promedio, límite máximo y límite mínimo de los esfuerzos de compresión obtenidos con los diferentes refrentados utilizados.

Al igual que en las unidades, se observa un comportamiento similar, disminuyendo los esfuerzos respecto al esfuerzo promedio de las muestras refrentadas con yeso.

**Tabla 14. Promedio, Desviación Estándar, Correlación, Límite Mínimo y Máximo muretes con unidades H - 10.**

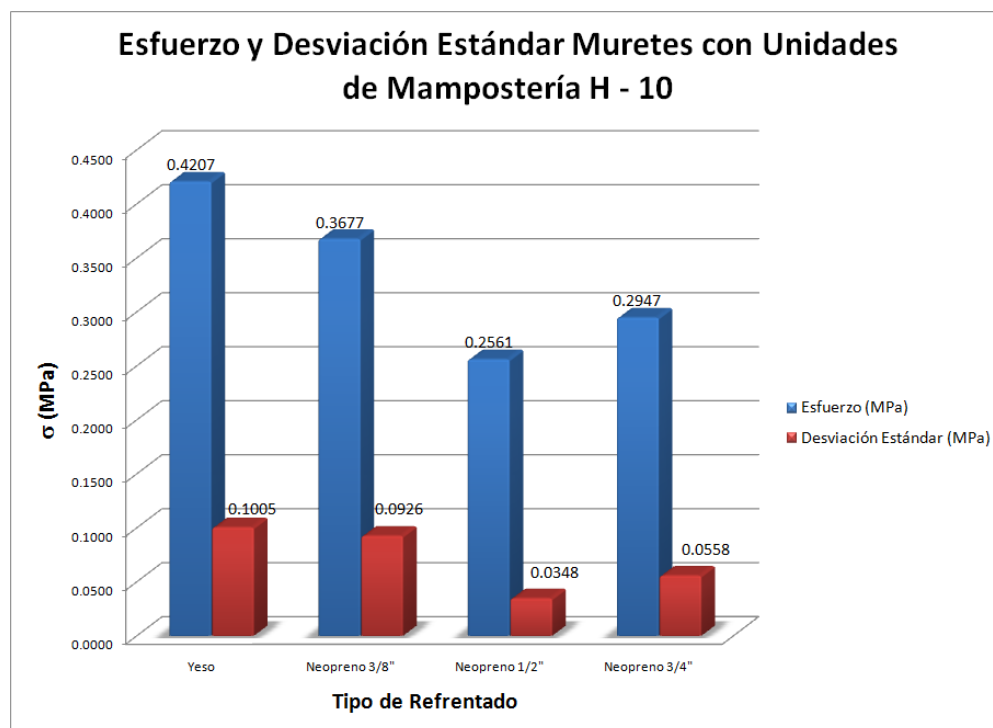
Refrentado	Promedio (MPa)	Desviación Estándar (MPa)	Correlación (%)	Límite Mínimo	Límite Máximo
Yeso	0.4207	0.1005	23.89	0.3202	0.5212
Neopreno 3/8"	0.3677	0.0926	25.20	0.2750	0.4603
Neopreno 1/2"	0.2561	0.0348	13.57	0.2213	0.2908
Neopreno 3/4"	0.2947	0.0558	18.93	0.2389	0.3505

Fuente: Propia

En la Tabla 14, se observa el cambio de esfuerzos entre el refrentado en yeso y neopreno de la siguiente manera: 0.053 MPa (13%), 0.1646 (39%) y 0.126 (30%), con neoprenos de  $\frac{3}{8}$ ",  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{4}$ ", respectivamente. Aunque el esfuerzo de compresión en muretes de mampostería está por debajo del obtenido con las unidades. Estos valores no están limitados en la Norma Técnica Colombiana, pero es lógico que si no cumplen las unidades individuales, mucho menos están cumpliendo las especificaciones de la mampostería.

En la Figura 36, se observa el promedio y la desviación estándar de los resultados de esfuerzos a la compresión en los muretes refrentados con yeso y tres (3) espesores de neopreno.

Es importante destacar aquí que cuando se refrenta con yeso y neopreno de espesor  $\frac{3}{8}$ ", se obtienen resultados muy similares tanto en esfuerzo como en desviación estándar.

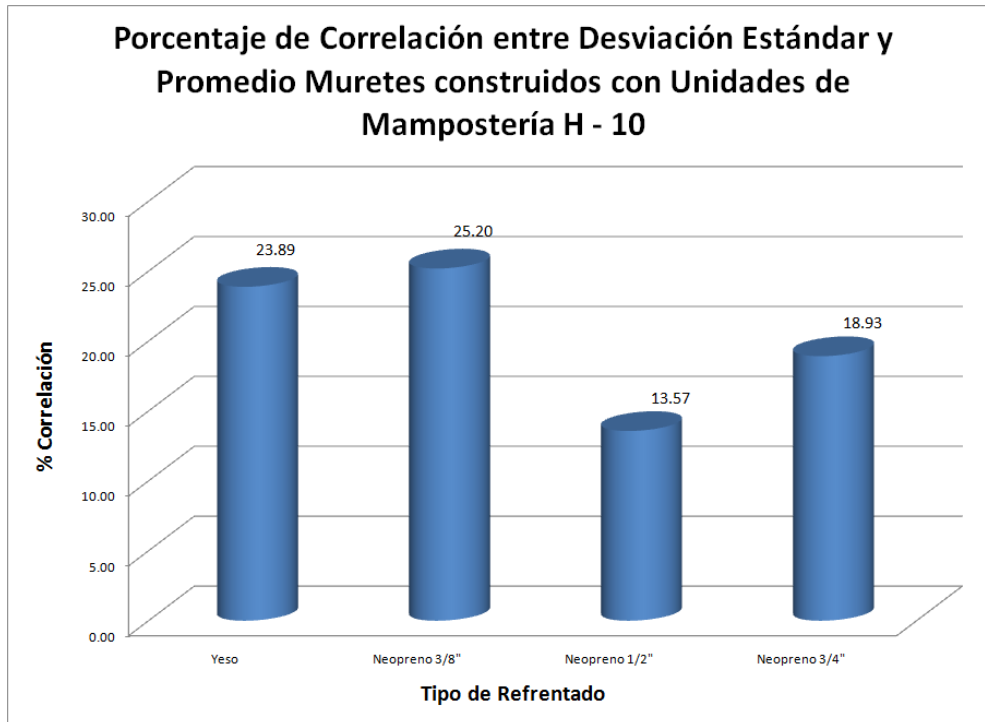


Fuente: Propia

**Figura 36. Esfuerzos y desviación estándar muretes construidos con unidades de mampostería H – 10.**

En la Figura 37, se observa que refrentar con yeso o neopreno de  $\frac{3}{8}$ ", implica casi el mismo porcentaje de error entre la desviación estándar y el promedio de esfuerzos obtenidos con los muretes. Los otros espesores de refrentado, ya disminuyen el porcentaje de error entre la desviación y el promedio, por cuanto son espesores más anchos que el primero. Por esto se evidencia además que entre más desgaste tenga el neopreno de

menor espesor, más cercanos son los resultados de esfuerzos de compresión en las unidades de mampostería refrentadas con yeso, esto se deduce por cuanto los esfuerzos en los muretes de mampostería construidos con unidades H – 10, fueron los últimos en realizarse, después de determinar los esfuerzos en las otras unidades, ya que se habían hecho todas las pruebas previas al ensayo de compresión de muretes.

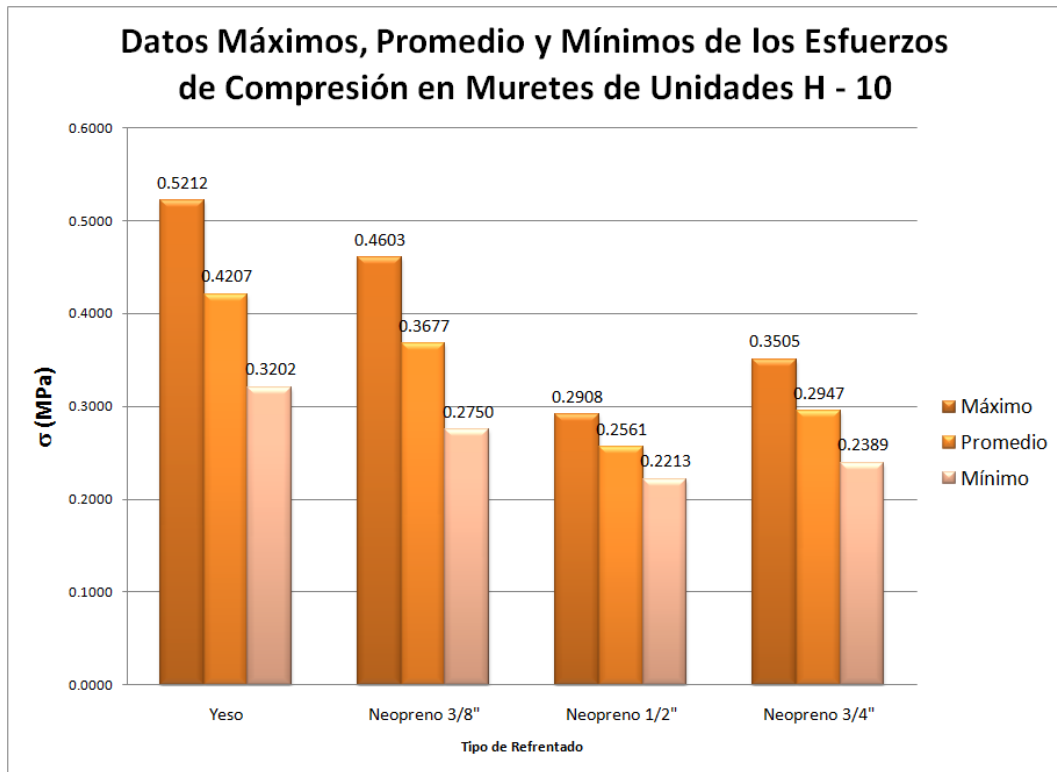


Fuente: Propia

**Figura 37. Coeficiente de relación de desviación estándar y promedio de esfuerzos en muretes de unidades H – 10.**

Como se puede observar en la Figura 38, el rango de datos está más cercano entre el esfuerzo de compresión con yeso y neopreno de espesor  $\frac{3}{8}$ ", lo cual ratifica una vez más lo observado en todos los otros resultados, que entre menor sea el espesor del neopreno, más cercanos serán los resultados de esfuerzos a la compresión en muretes de mampostería refrentados con yeso, se intuyera que el espesor de neopreno óptimo, sería el de 3 mm (aproximadamente  $\frac{1}{8}$ ").

Se recomendaría para un posterior estudio, utilizar espesores más pequeños que el de  $\frac{3}{8}$ ", si se consiguen comercialmente, o de lo contrario seguir refrentando con yeso las unidades de mampostería en el laboratorio de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.



Fuente Propia.

**Figura 38. Rango de datos de los esfuerzos obtenidos con refrentado en yeso y neopreno Muretes con unidades H – 10.**

## 9. CONCLUSIONES

En el proceso de escogencia de la mejor relación entre el yeso y el caolín se encontró que la (60-40) respectivamente, alcanzo mejores resultados en cuanto a la compresión, estando por encima de lo establecido en la Norma Técnica Colombiana.

En el momento de ejecutar los ensayos a compresión en los muretes en la máquina universal, las fallas en las muestras no fueron comunes debido a que el material utilizado para refrentar (neopreno) acumula el esfuerzo y al trasmitirlo a los muretes estos fallan de una forma repentina y explosiva.

En el análisis de los datos obtenidos en los ensayos realizados a las unidades de mampostería H-10 y H-15, encontramos que no es recomendable refrentar con el neopreno debido a que este material entre mayor sea su espesor, provoca la disminución de la resistencia a compresión de las unidades de mampostería.

En el estudio de los datos obtenido en los ensayos del laboratorio, se observó que el refrentado con yeso, arrojó mejores resultados que las muestras refrentadas con neopreno en cuanto a la resistencia a la compresión de las unidades de mampostería H-10 y H-15.

Para el refrentado con yeso y caolín para las muestras de los muretes armados con mampostería H-10, se les aplicó una capa de más o menos 3 mm de espesor de una mezcla de caolín con el fin de nivelar la cara superior y la cara inferior, para que en el momento de aplicarles las cargas esta sea lo más uniforme posible.

En el análisis de los datos obtenidos en los ensayos a compresión realizados en la máquina universal a los muretes armados con mampostería H-10, analizamos que el refrentado en yeso y la del neopreno 3/8 presentaron resultados similares en los esfuerzos.

En la comparación de los resultados obtenidos mediante los ensayos de laboratorio con trabajos de grado anteriores, se observó que la relación yeso-caolín presento mayores esfuerzos en unidades de mampostería y muretes de unidades de mampostería construido con unidades H – 10, por esta razón es recomendable seguir trabajando con este material.

Con la realización de los ensayos a compresión en el laboratorio, se pudo observar que los dos tipos de unidades utilizadas no cumplen con las especificaciones de la norma técnica colombiana (NTC-4205).

En el proceso de armado tanto de las unidades de mampostería como en los muretes muchas de las muestras fueron expuestas a la intemperie, provocando cambios o alteraciones de sus propiedades físicas que alteran la resistencia a compresión de la unidad.

## 10. RECOMENDACIONES

Se recomienda en un próximo trabajo de grado, disminuir los espesores de neopreno, para observar si la resistencia a la compresión, se asemeja a la obtenida con el refrentado en yeso – caolín.

Es importante anotar que antes de desarrollar los ensayos de compresión con neopreno, independiente, se debe desarrollar una nivelación de material, lo que conlleva el mismo trabajo que sí se refrenta de una vez con la mezcla de yeso – caolín necesaria para soportar los esfuerzos de compresión requeridos en el laboratorio.

Es importante que se realicen análisis de la calidad y composición de los ladrillos distribuidos en Bucaramanga ya que no están registrando la resistencia sugerida por la NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC-4205).

Recomendamos ubicar los ladrillos bajo techo para que no sufran los cambios de clima, con esto garantizar que los ladrillos estén en una buena condición óptima para ser ensayados.



## 11. BIBLIOGRAFÍA

- SAMAYAJI, SHAN. Civil Engineering Materials. Englewood. Prentice Hall. 1995.
- YOUNG, FRANCIS. The Science and Technology of Civil Engineering Materials. New Jersey. Prentice Hall. 1998.
- Norma Técnica Colombiana NTC-4205. Ingeniería Civil y Arquitectura Unidades de Mampostería de Arcilla Cocida. Ladrillos y Bloques Cerámicos. 2006
- Norma técnica colombiana. NTC-504. Ingeniería Civil y Arquitectura Refrentado de Especímenes Cilíndricos de Concreto. ICONTEC instituto colombiano de normas técnica y certificación.. 2006
- Norma técnica colombiana. NTC-3708. Ingeniería Civil y Arquitectura Uso de Refrentado no Adherido para la Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto Endurecido. ICONTEC Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2004.
- ASTM C62 – 10. Standard Specification for Building Brick (Solid Masonry Units Made From Clay or Shale). 2010.
- VIDAL VALENCIA, JULIAN. Uso de Refrentado no Adherido en Ensayos de Resistencia a la Compresión de Cilindros De Hormigón: Comprobación de una Norma ASTM C1231 y NTC 3708-95. Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad Eafit. Medellín. 2004.
- DOMÍNGUEZ ACERO, JHON EDINSON. NIÑO GUTIÉRREZ, OSCAR MAURICIO. Unidades de Mampostería (H – 10, H – 15, Temosa) con Refrentado en Neopreno (Espesor 3/8", 1/2", 3/4"). Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingenieros Civiles. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. 2008.
- BARRIOS JARAMILLO, LUIS HEBER. Manual de Ensayos de Laboratorio de Mampostería Estructural. Segunda Edición. Universidad de los Andes. Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil. 1998.

## ANEXO 1. ESFUERZOS DE COMPRESIÓN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA H – 15 REFRENTADAS CON NEOPRENO.<sup>10</sup>

UNIDAD H - 15 NEOPRENO ESP 3/8"				
Nº	Largo (cm)	Ancho(cm)	Fza (kN)	$\sigma$ (MPa)
1	32.7	15	47.2	0.962
2	33.6	14.8	47.7	0.959
3	32.7	14.9	57.5	1.180
4	32.8	14.9	48.7	0.996
5	32.8	14.9	42.7	0.874
6	32.5	14.8	40.5	0.842
7	33	14.9	53.5	1.088
8	32.8	14.8	57.7	1.189
9	33	14.8	43.7	0.895
10	33.1	14.8	35.5	0.725
11	32.7	14.8	53.5	1.105
12	33	14.8	55	1.126
13	33.2	14.8	47.7	0.971
14	33.4	14.9	57.5	1.155
15	32.4	14.9	62.5	1.295
16	33.9	14.9	33.3	0.659
17	33	14.7	57.5	1.185
18	33.4	14.8	41.2	0.833
19	33	14.8	59.5	1.218
20	33.3	14.9	42.7	0.861
21	32.7	15	43.7	0.891
22	33.2	14.9	57.5	1.162
23	33.2	14.8	54.7	1.113
24	33.1	14.5	58.9	1.227
25	32.5	14.9	57.7	1.192
26	32.9	14.9	45.2	0.922
27	32.6	14.9	51.5	1.060
28	33.2	14.8	57.7	1.174
29	32.8	15.2	42.2	0.846
30	33	14.9	50.7	1.031
31	33.6	14.9	55.7	1.113
32	33.4	14.8	40.7	0.823
33	33.3	14.9	57.2	1.153
34	33.5	15	45.7	0.909
35	32.7	14.8	49.7	1.027
36	33.1	14.8	55.7	1.137
37	33.4	14.8	43	0.870
38	33.5	14.7	63.5	1.289
39	32.3	14.7	34	0.716
40	33.7	14.9	48.7	0.970
41	32.9	14.7	61.7	1.276
42	33.1	14.8	42	0.857
43	33.6	14.7	60.2	1.219
44	32.4	14.8	49.8	1.039
45	34.2	14.8	45.7	0.903

<sup>10</sup>DOMÍNGUEZ ACERO, JHON EDINSON. NIÑO GUTIÉRREZ, OSCAR MAURICIO. Unidades de Mampostería (H – 10, H – 15, Temosa) con Refrentado en Neopreno (Espesor 3/8", 1/2", 3/4"). Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingenieros Civiles. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. 2008.

UNIDAD H - 15 NEOPRENO ESP 3/8"				
Nº	Largo (cm)	Ancho(cm)	Fza (kN)	$\sigma$ (MPa)
46	33.4	14.9	59	1.186
47	32.2	14.8	33	0.692
48	33.7	14.7	33.7	0.680
49	33.1	14.7	45.7	0.939
50	32.6	14.9	53.7	1.106

UNIDAD H - 15 NEOPRENO ESP 1/2"				
Nº	Largo (cm)	Ancho(cm)	Fza (kN)	$\sigma$ (MPa)
1	33	14.7	24.5	0.505
2	33.2	14.7	31.1	0.637
3	33.2	14.8	33.1	0.674
4	32.7	14.9	34.5	0.708
5	32.8	14.8	34.7	0.715
6	32.8	14.8	35.7	0.735
7	33.1	14.7	36.7	0.754
8	33.2	14.8	38	0.773
9	33.1	14.9	38.2	0.775
10	33.8	14.9	41.1	0.816
11	33.6	14.6	41.2	0.840
12	32.8	14.9	41.2	0.843
13	33.2	14.9	41.8	0.845
14	32.8	14.9	41.6	0.851
15	32.8	14.8	42.7	0.880
16	32.8	14.9	43.7	0.894
17	32.5	14.8	45	0.936
18	33	14.8	47.1	0.964
19	33	14.9	47.5	0.966
20	32.8	14.9	47.5	0.972
21	32.3	14.8	47.2	0.987
22	32.8	15	48.7	0.990
23	33.6	14.8	49.6	0.997
24	33.2	14.8	49.1	0.999
25	33.5	15	50.5	1.005
26	32.7	15	49.7	1.013
27	33.7	14.8	52.2	1.047
28	32.8	14.8	51	1.051
29	32.8	14.5	50	1.051
30	32.9	14.9	51.8	1.057
31	33.3	14.7	52	1.062
32	32.5	14.8	51.1	1.062
33	32.8	14.8	52.2	1.075
34	32.8	14.9	52.7	1.078
35	33.1	14.7	52.5	1.079
36	33.6	14.8	53.7	1.080
37	33.4	14.9	54.7	1.099
38	33.6	14.7	54.7	1.107
39	33.1	15	55.2	1.112
40	33.3	14.9	55.7	1.123
41	32.8	14.8	55	1.133
42	33.1	14.7	55.7	1.145
43	33.2	14.6	55.7	1.149
44	33	14.9	56.7	1.153
45	33.4	14.8	57.2	1.157

UNIDAD H - 15 NEOPRENO ESP 1/2"				
Nº	Largo (cm)	Ancho(cm)	Fza (kN)	$\sigma$ (MPa)
46	33.4	14.8	59.2	1.198
47	32.9	14.8	58.7	1.206
48	32.4	15	59.2	1.218
49	33	14.7	59.5	1.227
50	33.9	14.6	65.4	1.321

UNIDAD H - 15 NEOPRENO ESP 3/4"				
Nº	Largo (cm)	Ancho(cm)	Fza (kN)	$\sigma$ (MPa)
1	33.4	14.9	27.5	0.553
2	32.8	14.8	27.5	0.566
3	32.6	14.9	28.7	0.591
4	33.2	14.8	30.2	0.615
5	32.8	14.8	30.7	0.632
6	33.2	14.8	31.7	0.645
7	32.3	14.9	31.7	0.659
8	32.9	14.9	32.5	0.663
9	32.7	14.9	32.5	0.667
10	33.1	14.7	32.7	0.672
11	33.2	15	34	0.683
12	32.5	14.9	33.2	0.686
13	32.8	15	33.8	0.687
14	33.5	14.8	34.5	0.696
15	32.7	14.7	33.7	0.701
16	33.2	14.8	34.5	0.702
17	33.2	14.8	35	0.712
18	32.6	14.8	34.7	0.719
19	33.2	14.9	36.7	0.742
20	33.5	14.9	37.2	0.745
21	33	15	37	0.747
22	32.2	14.8	35.7	0.749
23	33.7	14.8	38	0.762
24	33.5	14.8	38.2	0.770
25	32.8	14.8	37.8	0.779
26	32.9	14.8	38	0.780
27	33.2	15	39	0.783
28	33.6	14.7	38.7	0.784
29	32.9	14.7	38.2	0.790
30	33.2	14.9	40.2	0.813
31	33	14.8	39.7	0.813
32	33.4	14.7	40	0.815
33	33.5	14.8	40.5	0.817
34	34	14.8	41.3	0.821
35	33.5	14.9	41	0.821
36	32.3	15	40	0.826
37	32.5	14.8	40	0.832
38	33.1	14.9	41.2	0.835
39	33.3	14.9	41.7	0.840
40	33.5	14.8	42	0.847
41	33	14.9	41.7	0.848
42	33.1	14.7	41.7	0.857
43	32	14.7	41	0.872

<b>UNIDAD H - 15 NEOPRENO ESP 3/4"</b>				
<b>Nº</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho(cm)</b>	<b>Fza (kN)</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa)</b>
44	33.1	14.8	42.7	0.872
45	33	14.8	43.3	0.887
46	32.9	14.8	45.7	0.939
47	33.2	14.7	46.2	0.947
48	32.8	14.8	46.7	0.962
49	32.7	14.9	47.7	0.979
50	33.5	14.8	55.7	1.123

## ANEXO 2. ESFUERZOS DE COMPRESIÓN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA H – 10 REFRENTADAS CON NEOPRENO.<sup>11</sup>

UNIDAD H - 10 NEOPRENO ESP 3/8"				
Nº	Largo (cm)	Ancho(cm)	Fza (kN)	$\sigma$ (MPa)
1	34.2	10	14.7	0.430
2	33.9	9.9	15.2	0.453
3	32.4	9.9	21.7	0.677
4	33.8	10	23.2	0.686
5	32.5	10.3	23.2	0.693
6	32.7	9.9	22.7	0.701
7	33.4	10	24.7	0.740
8	33.4	9.9	25.2	0.762
9	34.1	9.8	25.5	0.763
10	33.7	10	27.3	0.810
11	32.8	10	26.7	0.814
12	33	10	27.5	0.833
13	33.2	10	28.5	0.858
14	32.3	10	28.5	0.882
15	32.7	10	29	0.887
16	33.5	10	30	0.896
17	32.9	10	29.7	0.903
18	33.8	10	31.5	0.932
19	32.2	10	30.2	0.938
20	33.8	9.8	31.2	0.942
21	32.9	10	31	0.942
22	33.1	10	31.5	0.952
23	33.9	10	32.5	0.959
24	32.9	9.8	31.5	0.977
25	33.7	9.9	32.7	0.980
26	33.2	10	32.7	0.985
27	33.7	10	33.7	1.000
28	32.8	10	33	1.006
29	34.3	10	35.2	1.026
30	32.5	10	33.5	1.031
31	33.8	9.8	35.5	1.072
32	33.7	10	36.2	1.074
33	33.2	9.8	35.2	1.082
34	32.9	10	35.7	1.085
35	34.1	10.1	38.2	1.109
36	33.1	10	36.8	1.112
37	33.9	10	37.8	1.115
38	33	9.9	37.2	1.139
39	33.4	9.8	37.7	1.152
40	33.4	10	38.7	1.159
41	32.8	9.9	39	1.201
42	34.1	10	41.2	1.208
43	34.1	9.9	41	1.214
44	33.7	9.9	40.7	1.220

<sup>11</sup>DOMÍNGUEZ ACERO, JHON EDINSON. NIÑO GUTIÉRREZ, OSCAR MAURICIO. Unidades de Mampostería (H – 10, H – 15, Temosa) con Refrentado en Neopreno (Espesor 3/8", 1/2", 3/4"). Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingenieros Civiles. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. 2008.

UNIDAD H - 10 NEOPRENO ESP 3/8"				
Nº	Largo (cm)	Ancho(cm)	Fza (kN)	$\sigma$ (MPa)
45	33.4	10	41	1.228
46	34.2	9.9	44	1.300
47	34.1	9.8	44	1.317
48	32.9	9.8	43.2	1.340
49	32.5	9.7	42.5	1.348
50	33.5	9.9	46.7	1.408

UNIDAD H - 10 NEOPRENO ESP 1/2"				
Nº	Largo (cm)	Ancho(cm)	Fza (kN)	$\sigma$ (MPa)
1	33.7	10	21.7	0.644
2	33.7	10	25.5	0.757
3	32.6	10.2	27.5	0.827
4	33.2	10	27.5	0.828
5	34	9.9	29.5	0.876
6	34	10	29.9	0.879
7	33	10	29.5	0.894
8	32.5	10.1	29.5	0.899
9	32.4	10	29.5	0.910
10	33.2	9.8	29.7	0.913
11	33.3	10	31.2	0.937
12	33.1	10.1	31.5	0.942
13	34	9.9	32.2	0.957
14	33.5	9.9	32.2	0.971
15	33.5	9.9	32.2	0.971
16	32.9	10	32.2	0.979
17	32.9	9.9	32.4	0.995
18	33.4	9.9	33.7	1.019
19	33.6	10	34.6	1.030
20	33.3	10	34.6	1.039
21	33	10.1	35.2	1.056
22	34.1	10	36.2	1.062
23	34	9.8	36.2	1.086
24	32.8	9.8	35.2	1.095
25	34.2	10	37.5	1.096
26	33	10	36.2	1.097
27	34	10	37.7	1.109
28	33.4	10	37.5	1.123
29	32.9	9.8	36.2	1.123
30	33.5	9.9	37.5	1.131
31	33	10.1	37.7	1.131
32	32.9	10	37.5	1.140
33	33.2	9.9	37.7	1.147
34	33.4	9.8	37.7	1.152
35	33.4	9.8	37.7	1.152
36	32.5	9.8	36.7	1.152
37	32.8	10.1	38.7	1.168
38	32.7	9.8	37.5	1.170
39	32.7	10	38.7	1.183
40	34.1	9.9	41	1.214
41	32	9.8	38.2	1.218
42	34.2	10	41.7	1.219
43	33	9.9	40	1.224

<b>UNIDAD H - 10 NEOPRENO ESP 1/2"</b>				
<b>Nº</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho(cm)</b>	<b>Fza (kN)</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa)</b>
44	31.8	9.9	38.7	1.229
45	32.4	9.9	43.7	1.362
46	34.2	10	48.5	1.418
47	32.6	9.7	45.5	1.439
48	33.4	10	48.5	1.452
49	33.4	10	48.5	1.452
50	33.2	10	48.5	1.461

<b>UNIDAD H - 10 NEOPRENO ESP 3/4"</b>				
<b>Nº</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho(cm)</b>	<b>Fza (kN)</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa)</b>
1	34.1	10	26.5	0.777
2	33.7	10.1	26.5	0.779
3	33.4	10	32.4	0.970
4	33.2	10.1	32.7	0.975
5	33.3	9.8	32	0.981
6	33.1	9.9	32.7	0.998
7	33.5	10.1	34.2	1.011
8	33.1	10	33.7	1.018
9	32.9	10	33.7	1.024
10	34	10.1	35.2	1.025
11	33.5	10	34.6	1.033
12	34.1	10	35.5	1.041
13	33.1	10	34.7	1.048
14	33.7	9.9	35.2	1.055
15	33.6	9.9	35.2	1.058
16	33.5	9.9	35.2	1.061
17	33.1	9.9	35.2	1.074
18	34	10	36.7	1.079
19	33.6	10	36.4	1.083
20	34.6	9.9	37.2	1.086
21	32.8	10.1	36.2	1.093
22	33.8	9.8	36.2	1.093
23	32.4	10	35.5	1.096
24	33.4	9.8	36.2	1.106
25	33.3	10	37.2	1.117
26	34.1	9.9	38	1.126
27	33	9.9	36.8	1.126
28	33.4	9.9	37.5	1.134
29	33.2	9.9	37.8	1.150
30	33.1	10	38.2	1.154
31	33.5	10	38.7	1.155
32	33	10	38.2	1.158
33	33	10	38.2	1.158
34	32.3	10	37.5	1.161
35	33.2	10	38.7	1.166
36	33	10	38.7	1.173
37	34	9.9	40	1.188
38	32.8	10	39.7	1.210
39	33.1	9.9	39.7	1.212
40	33	10	40	1.212
41	33.1	10	41.7	1.260
42	33.6	9.8	41.7	1.266



UNIDAD H - 10 NEOPRENO ESP 3/4"				
Nº	Largo (cm)	Ancho(cm)	Fza (kN)	$\sigma$ (MPa)
43	30.5	9.9	38.7	1.282
44	33	9.9	42.7	1.307
45	33.2	9.9	43.7	1.330
46	32.8	9.8	43.2	1.344
47	32	10.1	43.7	1.352
48	33.8	10.1	46.4	1.359
49	33.2	9.9	47.7	1.451
50	30.1	9.9	45.5	1.527