

**VALIDACIÓN DEL REFRENTADO EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA  
UTILIZANDO PORCENTAJES DE MEZCLA DE YESO – CAOLÍN  
(FASE I)**

**LUIS FERNANDO ORTIZ ARIZA  
EDWIN ENRIQUE RAMÍREZ PITA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL  
BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2008**

**VALIDACIÓN DEL REFRENTADO EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA  
UTILIZANDO PORCENTAJES DE MEZCLA DE YESO – CAOLÍN (FASE  
I)**

**LUIS FERNANDO ORTIZ ARIZA  
EDWIN ENRIQUE RAMÍREZ PITA**

**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 Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2008**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bucaramanga, Septiembre de 2008.

*Este logro se lo dedicamos a todas las personas que creyeron en nosotros, y que contribuyeron en nuestra formación tanto en lo moral como en lo profesional, aportándonos un granito de enseñanza para así alcanzar nuestros propósitos los cuales no terminan aquí, sino que es el comienzo de un gran sendero por recorrer.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a DIOS nuestro señor todo poderoso por permitirnos vivir a plenitud y darnos fortaleza para alcanzar las metas que nos proponemos, a nuestros padres que están incondicionalmente apoyándonos a diario, nuestros docentes que compartieron sus conocimientos haciéndonos crecer como personas, tanto en lo moral como en lo profesional.

Damos gracias también a todas aquellas personas que directa e indirectamente aportaron para permitirnos alcanzar este logro tan importante en nuestras vidas y esperamos aplicar de buena manera todo lo aprendido de dichas personas para el bien mismo y de nuestra sociedad.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	4
1. OBJETIVOS .....	5
1.1. Objetivo General.....	5
1.2. Objetivos Específicos.....	5
2. METODOLOGIA.....	6
2.1. Diseño de la Máquina Refrentadora.....	6
2.2. Análisis del Yeso Utilizado para Refrentado.....	6
2.3. Manejo de la Máquina Refrentadora (Consejos Útiles).....	6
2.4. Refrentado de Unidades de Mampostería con Yeso.....	6
2.5. Ensayo de Compresión en Unidades de Mampostería de Tres Empresas.....	6
2.6. Análisis de Resultados.....	7
2.7. Conclusiones y Recomendaciones.....	7
3. JUSTIFICACIÓN .....	8
4. ALCANCE.....	9
5. MARCO TEÓRICO.....	10
5.1. Los Materiales e Ingeniería.....	10
5.1.1. Tipos de Materiales.....	10
5.1.1.1. Materiales Metálicos.....	11
5.1.1.2. Materiales poliméricos.....	11
5.1.1.3. Materiales cerámicos.....	11
5.2. Materiales Metálicos.....	11
5.2.1. Aceros.....	12
5.2.1.1. Acero Inoxidable.....	12
5.3. Materiales Cerámicos.....	13
5.3.1. Cerámicos Tradicionales.....	14
5.3.1.1. Yeso.....	14
5.3.1.2. Caolín.....	17
6. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	18
6.1. Resistencia a la Compresión del Yeso - Caolín para Refrentar.....	18
6.1.1. Preparación de las muestras y llenado de los moldes.....	18
6.1.2. Procedimiento de ensayo.....	20
6.2. Refrentado de Piezas de Mampostería.....	22
6.2.1. Procedimiento del ensayo.....	23
6.3. Ensayo de Compresión de las Piezas de Mampostería.....	25
6.3.1. Procedimiento del Ensayo.....	25
7. DISEÑO Y ELABORACIÓN DE MOLDE REFRENTADOR PARA MAMPOSTERÍA.....	28
7.1. Procedimiento para Proceso de Refrentado de Unidades de Mampostería.....	30
7.2. Modelo de la Máquina para Refrentado de Unidades de Mampostería.....	39
8. RESULTADOS.....	40
8.1. Resistencia a la Compresión de las Muestras de Refrentado.....	40

8.2.	Resultados de Compresión de las Unidades de Mampostería.	41
8.2.1.	Resultados de las unidades de mampostería Empresa A	41
8.2.2.	Resultados de las unidades de mampostería Empresa B	42
8.2.3.	Resultados de las unidades de mampostería Empresa C	43
8.3.	Resultados Generales de la Resistencia a la Compresión de los bloques de perforación horizontal H – 10 y H - 15.	43
8.4.	Comparación Resultados Trabajos de Grado Anteriores.	47
8.5.	Fallas de los Ensayos de Resistencia a la Compresión.	48
9.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	51
9.1.	Conceptos Estadísticos.	51
9.1.1.	Promedio o media aritmética.	51
9.1.2.	Mediana.	51
9.1.3.	Moda.	51
9.1.4.	Desviación Estándar ( $\sigma$ ).	51
9.1.5.	Coeficiente de Desviación.	51
9.1.6.	Distribución Normal.	51
9.2.	Resultados Resistencia Compresión Yeso – Caolín Refrentado.	52
9.3.	Resultados Estadísticos Resistencia Bruta de Compresión Bloque H – 10.	55
9.4.	Resultados Estadísticos Resistencia Bruta de Compresión Bloque H – 15.	57
9.5.	Comparación Trabajos de Grado Anteriores.	59
10.	CONCLUSIONES.	63
11.	RECOMENDACIONES	64
12.	BIBLIOGRAFÍA.	65
	ANEXO 1. REFRENTADO UNIDADES DE MAMPOSTERÍA.	66
	ANEXO 2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MEZCLA YESO - CAOLÍN.	70
	ANEXO 3. DIMENSIONES DE LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA	74
	ANEXO 4. RESULTADOS ENSAYOS COMPRESIÓN DE LADRILLOS.	80

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Propiedades Físicas de las Unidades de Mampostería no Estructural. ....	27
Tabla 2.	Propiedades Físicas de las Unidades de Mampostería Estructural. ....	27
Tabla 3.	Promedio de Esfuerzo Mezcla Yeso - Caolín .....	40
Tabla 4.	Resultados de Compresión Ladrillo H – 10 Empresa A. ....	42
Tabla 5.	Resultados de Compresión Ladrillo H – 15 Empresa A. ....	42
Tabla 6.	Resultados de Compresión Ladrillo H – 10 Empresa B. ....	42
Tabla 7.	Resultados de Compresión Ladrillo H – 15 Empresa B. ....	43
Tabla 8.	Resultados de Compresión Ladrillo H – 10 Empresa C. ....	43
Tabla 9.	Resultados de Compresión Ladrillo H – 15 Empresa C. ....	43
Tabla 10.	Resultado Resistencia Empresa B Bloque H – 10. ....	47
Tabla 11.	Resultado Resistencia Empresa B Bloque H – 15. ....	47



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Espectro del Conocimiento de Materiales. ....	10
Figura 2.	Limpieza de Moldes. ....	18
Figura 3.	Vertido de yeso – caolín en moldes. ....	19
Figura 4.	Muestras en tiempo de secado o curado. ....	20
Figura 5.	Cubos de YESO/CAOLIN listos para fallar en el laboratorio. ....	20
Figura 6.	Medidas de Muestras. ....	20
Figura 7.	Ubicación de la Muestra en la Máquina Universal. ....	21
Figura 8.	Cubo Ubicado en la Máquina. ....	22
Figura 9.	Cubo Fallado. ....	22
Figura 10.	Secado Natural Piezas de Mampostería. ....	23
Figura 11.	Aplicación Laca a las Unidades de Mampostería. ....	24
Figura 12.	Muestras Centradas. ....	26
Figura 13.	Iniciación Aplicación Carga. ....	26
Figura 14.	Ladrillo H – 10 Fallado. ....	27
Figura 15.	Refrentador de mampostería patentado en ESPAÑA. ....	28
Figura 16.	Equipo refrentador de mampostería en acero inoxidable. ....	29
Figura 17.	Lámina Fondo de 3 mm. ....	30
Figura 18.	Limpieza Fondo. ....	30
Figura 19.	Nivelación Aparato. ....	31
Figura 20.	Ubicación del Ladrillo ángulo 90°. ....	31
Figura 21.	Garantizar ángulo de 90°. ....	32
Figura 22.	Unidad Ajustada con Tornillos. ....	32
Figura 23.	Limpieza de la Superficie Inferior del Aparato. ....	33
Figura 24.	Filtro de Papel Mantequilla. ....	33
Figura 25.	Filtro Húmedo de Papel Mantequilla. ....	34
Figura 26.	Ubicación del Límite de Refrentado. ....	34
Figura 27.	Preparación de la Mezcla. ....	35
Figura 28.	Vertido Mezcla Yeso – Caolín Aparato Refrentador. ....	35
Figura 29.	Enrasada de Mezcla Yeso – Caolín. ....	35
Figura 30.	Ubicación de la Unidad ya Ajustada en el Refrentado. ....	36
Figura 31.	Retiro Parte Superior Aparato Refrentador. ....	36
Figura 32.	Corte de la Mezcla Sobrante del Borde de la Unidad. ....	36
Figura 33.	Retiro de la Unidad de la Base del Aparato. ....	37
Figura 34.	Ladrillo Refrentado por una Cara. ....	37
Figura 35.	Refrentado Otra Cara de la Unidad. ....	37
Figura 36.	Ladrillo Refrentado. ....	38
Figura 37.	Mesón Nivelado. ....	38
Figura 38.	Unidad Sobre Mesón Nivelado. ....	39
Figura 39.	Modelo Solid Edge. ....	39
Figura 40.	Resistencia Compresión Mezcla Yeso – Caolín para Refrentado. ....	41
Figura 41.	Resistencia Bruta a la Compresión de Bloques de Perforación Horizontal H – 10. ....	44

Figura 42.	Resistencia Neta a la Compresión de Bloques de Perforación Horizontal H – 10.....	45
Figura 43.	Resistencia Bruta a la Compresión Bloque H – 15.....	46
Figura 44.	Resistencia Neta a la Compresión Bloque H – 15.....	46
Figura 45.	Ladrillo listo para ser ensayado .....	48
Figura 46.	Falla Inminente del Bloque.....	49
Figura 47.	Ladrillo fallado .....	49
Figura 48.	Bloque H-15 Ensayado a Compresión.....	50
Figura 49.	Refrentado Después de Falla del Bloque. ....	50
Figura 50.	Distribución Normal Adiciones Yeso – Caolín Refrentado. .	53
Figura 51.	Promedio y Desviación Estándar Mezclas Yeso – Caolín para Refrentado. ....	54
Figura 52.	Coficiente de Desviación Estándar Mezclas Yeso – Caolín Refrentado.....	54
Figura 53.	Distribución Normal Bloque H – 10.....	55
Figura 54.	Promedio y Desviación Estándar Bloque H – 10.....	56
Figura 55.	Coficiente de Desviación Estándar Bloque H – 10.....	56
Figura 56.	Distribución Normal Bloque H – 15.....	57
Figura 57.	Promedio y Desviación Estándar Bloque H – 15.....	58
Figura 58.	Coficiente de Desviación Estándar Bloque H – 15.....	58



## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

<b>TÍTULO:</b>	VALIDACIÓN DEL REFRENTADO EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE MEZCLA DE YESO – CAOLÍN (FASE I)
<b>AUTOR(ES):</b>	LUIS FERNANDO ORTIZ ARIZA EDWIN ENRIQUE RAMÍREZ PITA
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Ingeniería Civil
<b>DIRECTOR(A):</b>	Claudia Patricia Retamoso Llamas

### RESUMEN

El trabajo de grado se realiza con el fin de optimizar el refrentado en yeso en las unidades de mampostería, implementando un sistema refrentador el cual garantiza los 3 mm de espesor de la capa de refrentado en yeso exigida en la Norma Técnica Colombiana y un total paralelismo entre las dos caras del ladrillo refrentadas. Se refrentarán ladrillos H-10 y H-15 de 3 empresas distintas de la ciudad de Bucaramanga empresas (A, B y C), garantizando el cubrimiento homogéneo de la pieza de mampostería. Para saber cuál es la mezcla óptima de yeso/caolín se hicieron ensayos a compresión de la mezcla en cubos de 50 mm en 4 porcentajes distintos de yeso y caolín, y se escogió la mezcla que garantiza una resistencia a la compresión de aproximadamente 5 MPa, la cual es la resistencia necesaria para un refrentado de unidades de mampostería de perforación horizontal. Se explica el refrentado en el sistema implantado paso por paso. Las piezas de mampostería ya refrentadas se someterán al ensayo de compresión en la máquina universal para conocer su resistencia ante la carga aplicada, obteniéndose de la división entre la fuerza aplicada y el área de la superficie, la cual se toma antes de hacer el refrentado en yeso. De esta forma se obtendrá una mejor precisión en la distribución de la carga aplicada en las caras del ladrillo ensayado. Con los resultados obtenidos se realizará un análisis estadístico conciso acerca de la calidad de las unidades de mampostería, comparando resultados con los obtenidos en un trabajo de grado realizado anteriormente donde se refrentó de modo manual, y así sacar conclusiones de que tanto influye un buen refrentado en las unidades de mampostería.

**PALABRAS CLAVES:** Refrentado, Resistencia a la Compresión, Ladrillo, Mampostería. Yeso. Caolín.



## GENERAL SUMMARY OF GRADE WORK

**TÍTULO:** VALIDATION OF THE SAMPLING IN UNITS OF MASONRY USING DIFFERENT PERCENTAGES OF MIXTURE OF PLASTER - KAOLIN (PHASE I)

**AUTHOR(S):** LUIS FERNANDO ORTIZ ARIZA  
EDWIN ENRIQUE RAMÍREZ PITA

**FACULTY:** CIVIL ENGINEERING

**DIRECTOR:** CLAUDIA PATRICIA RETAMOSO LLAMAS

## ABSTRACT

The work of degree is realized in order to optimize the leveling sample in plaster in the units of masonry, implementing a leveling sample system which guarantees 3 mm of thickness of the cap of plaster demanded in the Technical Colombian Norm and a total parallelism between both faces of the leveling brick. It works with bricks H-10 and H-15 of 3 different companies from Bucaramanga city (A, B and C), guaranteeing the homogeneous coverage of the piece of masonry. To know which is the ideal mixture of plaster / kaolin essays were done to compression of the mixture in buckets of 50 mm in 4 percentages different from plaster and kaolin, and there was chosen the mixture that guarantees a resistance to the compression of approximately 5 MPa, which is the resistance necessary for a leveling sample of units of masonry of horizontal perforation. The cap explains in the well-established system it happen step by step. The pieces of masonry already leveling will surrender to the compression test in the universal machine to know its resistance before the applied load, being obtained of the division between the applied force and the area of the surface, which takes before doing the leveling in plaster. Of this form a better precision will be obtained in the distribution of the load applied in the faces of the tested brick. With the obtained results there will be realized a statistical concise analysis it brings over of the quality of the units of masonry, comparing results with the obtained ones in a work of degree realized previously where made manual cap of plaster, and like that way to extract conclusions of which so much a good leveling sample influences the units of masonry.

**KEY WORDS:** Leveling sample, compression resistance, brick, masonry, plaster, kaolin

## INTRODUCCIÓN

En estudios preliminares que ha realizado la Universidad Pontificia Bolivariana se ha observado que las piezas de mampostería producidas en el Área Metropolitana de Bucaramanga no cumplen con la resistencia estipulada por la Norma Técnica Colombiana.

Por esta razón se han realizado diversos estudios en los trabajos de grado aplicados a este suceso, tratando en cada trabajo de grado ir mejorando el ensayo a la compresión en unidades de mampostería como en este caso se enfocará en el refrentado al yeso en unidades de mampostería, para lo cual se diseñó un sistema refrentador el cual garantiza los 3 mm de espesor de la capa de refrentado en yeso y el total paralelismo entre las caras refrentadas del espécimen, para así obtener resultados más confiables a la hora de ensayar las unidades de mampostería a compresión en el Laboratorio.

Antes se realizaba el refrentado manualmente, lo que no garantizaba el paralelismo entre las caras y mucho menos el espesor de tres (3) mm necesario para este ensayo como exige la Norma Técnica Colombiana.

Después de realizado el prototipo de máquina, se obtuvieron excelentes resultados en cuanto al refrentado de las piezas, y si se quiere, se puede dejar de utilizar el azufre como refrentado, por cuanto, causa daños serios en la salud de los trabajadores del laboratorio, que termina siendo un objetivo tácito de este trabajo de grado.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. Objetivo General.**

Establecer un sistema que proporcione un óptimo refrentado en mampostería, para así obtener mejores resultados en los ensayos de compresión de unidades de mampostería en el Laboratorio de Ingeniería Civil de la UPB seccional Bucaramanga.

### **1.2. Objetivos Específicos.**

- Diseñar y elaborar un sistema, el cual permita cumplir las Normas NTC para el refrentado con yeso en la mampostería.
- Realizar pruebas de compresión al yeso utilizado para el refrentado.
- Se trabajaran ladrillos H-10 Y H-15 de las mismas empresas utilizadas en un trabajo de grado anterior.
- Comparar resultados de esfuerzos de compresión con el refrentado Manual y el refrentado sistematizado, para observar cual es la variación en los mismos.
- Realizar un análisis estadístico de todos los resultados y observar como es el comportamiento de los mismos respecto al trabajo de grado anterior.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Diseño de la Máquina Refrentadora.

En primera instancia se realizará el diseño de la máquina que se utilizará para refrentar las unidades de mampostería en el laboratorio. Se buscarán diseños preliminares y después se observará si se realiza un diseño propio para ese fin.

### 2.2. Análisis del Yeso Utilizado para Refrentado.

Se necesitan conocer las propiedades del yeso que se utilizara para el refrentado de las piezas, por esta razón, se realiza un análisis estadístico de las muestras utilizadas para determinar cuál es el esfuerzo que alcanza el yeso utilizado para el refrentado de las piezas y garantizar que este material no falle al momento de aplicar la carga normal a las unidades.

Para determinar el esfuerzo que debe soportar el yeso, se recurrió a la Norma Técnica Colombiana, respecto a la resistencia necesaria del yeso utilizado en el ensayo de compresión del concreto. Se hizo una relación y se determinó cual es el valor de esfuerzo que debe soportar el yeso, para el esfuerzo que se va a aplicar en la máquina universal.

### 2.3. Manejo de la Máquina Refrentadora (Consejos Útiles).

Se realizará un manual del usuario para la utilización de la máquina refrentadora, de tal manera que quede a disposición de la comunidad en general como es la utilización de esta herramienta, muy útil a la hora de realizar el refrentado en unidades de mampostería en el Laboratorio de Ingeniería Civil.

### 2.4. Refrentado de Unidades de Mamposteria con Yeso.

En esta parte, se explicará el procedimiento que se siguió para refrentar las unidades de mampostería, siempre con los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana (NTC).

### 2.5. Ensayo de Compresión en Unidades de Mampostería de Tres Empresas.

Se escogieron tres (3) empresas aleatoriamente y solo una se puede comparar con los resultados de tesis anteriores, por cuanto se cerraron algunas de las empresas que se habían trabajado. Por este motivo, solo se realizan comparación de resultados con esa sola empresa.

## **2.6. Análisis de Resultados.**

Aquí se realizará el análisis estadístico propio y la comparación de resultados con los trabajos anteriores. De esto se obtendrá una conclusión importante sobre la garantía del buen refrentado en estas unidades.

## **2.7. Conclusiones y Recomendaciones.**

Se realizarán las conclusiones y recomendaciones del trabajo de grado, de tal manera que se muestre la importancia de la elaboración del aparato para futuros proyectos de grado y trabajos de laboratorio.



### **3. JUSTIFICACIÓN**

En el momento en que se decidió realizar el aparato para hacer el refrentado de las unidades de mampostería en el laboratorio, no se contaba con ninguna pieza que garantizara la perpendicularidad entre las caras de las unidades. Por esta razón, se decidió trabajar la máquina refrentadora para garantizar, de ahora en adelante, la perpendicularidad de las caras de las unidades de mampostería cuando van a ser falladas y el espesor requerido tres (3) milímetros, que exige la Norma Técnica Colombiana, en las especificaciones particulares.

#### 4. ALCANCE

En la búsqueda de facilitar y optimizar el refrentado de yeso para unidades de mampostería, se requiere diseñar un sistema mecánico el cual brinde una mayor nivelación a la hora de refrentar el material para una mejor postura en la máquina universal a la hora de ser fallado. Teniendo los resultados de los ensayos de ladrillos fallados en laboratorio con el nuevo sistema de refrentado, se prosigue a comparar resultados con los que fueron ensayados con el sistema manual, y determinar si la resistencia obtenida es mayor a la de los ensayos con el sistema anterior.

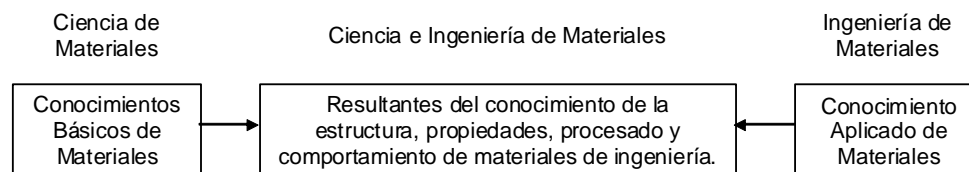
## 5. MARCO TEÓRICO.

El desarrollo del trabajo de grado está principalmente enfocado al manejo de la máquina para refrentado de unidades de mampostería, la cual quedó físicamente en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

### 5.1. Los Materiales e Ingeniería.<sup>1</sup>

Los materiales son sustancias de las que cualquier cosa está compuesta o hecha. Desde el comienzo de la civilización, los materiales junto con la energía han sido utilizados por el hombre para mejorar su nivel de vida. Se pueden encontrar materiales en cualquier lugar del entorno ya que cualquier cosa está hecha a partir de ellos. Algunos de los materiales que más comúnmente se encuentran son: madera, concreto, ladrillo, acero, plástico, vidrio, caucho, aluminio, cobre y papel. Los constantes trabajos de investigación y desarrollo en este campo dan origen frecuentemente a nuevos materiales.

La ciencia de los materiales está ligada fundamentalmente a la búsqueda de conocimientos básicos sobre la estructura interna, propiedades y procesado de materiales. La Ingeniería de materiales está principalmente relacionada con el uso de los conocimientos básicos y aplicados de los materiales para la conversión de estos materiales en productos necesarios o requeridos por la sociedad. La ciencia de los materiales tiene como fin básico el conocimiento del conjunto de materiales existentes y la ingeniería de materiales tiene como fin un conocimiento aplicado, no existiendo una línea de demarcación entre ellas, como se muestra en la Figura 1. Figura 1



**Figura 1. Espectro del Conocimiento de Materiales.**

#### 5.1.1. Tipos de Materiales.

Por conveniencia, los materiales se introducen dentro de tres grandes grupos que son: Metálicos, poliméricos y cerámicos.

<sup>1</sup> Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. William F. Smith. Editorial Mc Graw Hill. Tercera Edición. 1998.

#### 5.1.1.1 Materiales Metálicos.

Estos materiales son sustancias inorgánicas que están formadas por uno o más elementos metálicos y pueden contener también algunos elementos no metálicos. En este trabajo de grado en particular se utilizó el acero inoxidable, para la elaboración de la máquina refrentadora de unidades de mampostería.

#### 5.1.1.2 Materiales poliméricos.

La mayoría de los materiales poliméricos están conformados por largas cadenas de moléculas orgánicas (conteniendo carbono) o redes. Estructuralmente la mayoría de los materiales poliméricos son no cristalinos pero algunos contienen mezclas de regiones cristalinas y amorfas. La resistencia y ductilidad de los materiales poliméricos varía mucho. Debido a la naturaleza de su estructura interna la mayoría de los materiales poliméricos son malos conductores.

#### 5.1.1.3 Materiales cerámicos.

Los materiales cerámicos son materiales inorgánicos formados por elementos metálicos y no metálicos unidos químicamente. Los materiales cerámicos pueden ser cristalinos, amorfos o mezclas de ellos. La mayor parte de los cerámicos tienen alta dureza y resistente altas temperaturas pero tienden a tener fragilidad mecánica. Las ventajas de los materiales cerámicos para aplicaciones de ingeniería son su bajo peso, su alta resistencia y dureza, su buena resistencia al calor y la humedad, su reducida fricción y propiedades aislantes.

### 5.2. Materiales Metálicos.<sup>2</sup>

Los metales y aleaciones poseen muchas propiedades útiles en ingeniería, por lo que presentan gran aplicación en los diseños de ingeniería. El hierro y sus aleaciones (principalmente el acero) suponen aproximadamente el noventa por ciento de la producción mundial de metales, fundamentalmente por la buena resistencia, tenacidad y ductilidad a un costo relativamente bajo. Cada metal posee propiedades especiales para el uso en diseños de ingeniería.

---

<sup>2</sup> Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. William F. Smith. Editorial Mc Graw Hill. Tercera Edición. 1998.

### 5.2.1. Aceros.

Los aceros ordinarios al carbono son esencialmente aleaciones de hierro y carbono con un contenido de hasta aproximadamente 1.2% de carbono. Sin embargo, la mayoría de los aceros contienen menos de un 0.5% de carbono. La mayoría de los aceros se obtiene mediante oxidación del carbón y otras impurezas del arrabio hasta que el contenido de carbono de hierro se reduce al nivel requerido.

#### 5.2.1.1 Acero Inoxidable.<sup>3</sup>

El acero inoxidable también es un tipo de acero resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro. Sin embargo, esta capa puede ser afectada por algunos ácidos, dando lugar a que el hierro sea atacado y oxidado por mecanismos intergranulares o picaduras generalizadas. Contiene, por definición, un mínimo de 10,5% de cromo. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el níquel y el molibdeno. Al igual que la mayoría de los aceros, vienen regulados en España por la norma UNE 36001 que los clasifica dentro de la serie F310.

#### **Tipos de Acero Inoxidable**

Los aceros inoxidables que contienen solamente cromo se llaman ferríticos, ya que tienen una estructura metalográfica formada básicamente por ferrita. Son magnéticos y se distinguen porque son atraídos por un imán. Con porcentajes de carbono inferiores al 0,1%C, estos aceros no son endurecibles por tratamiento térmico. En cambio, aceros entre 0,1% y 1% en C sí son templables y se llaman aceros inoxidables "martensíticos", por tener martensita en su estructura metalográfica. Éstos también son magnéticos.

Los aceros inoxidables que contienen más de un 7% de níquel se llaman austeníticos, ya que tienen una estructura formada básicamente por austenita a temperatura ambiente (el níquel es un elemento "gammágeno" que estabiliza el campo de la austenita). No son magnéticos.

Los aceros inoxidables austeníticos se pueden endurecer por deformación, pasando su estructura metalográfica a contener martensita. Se convierten en parcialmente magnéticos, lo que en algunos casos dificulta el trabajo en los artefactos eléctricos.

---

<sup>3</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Acero\\_inoxidable](http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_inoxidable)

También existen los aceros dúplex ( $20\% < Cr < 30\%$ ), ( $5\% < Ni < 8\%$ ), ( $C < 0.03\%$ ), no endurecibles por TT, muy resistentes a la corrosión por picaduras y buen comportamiento bajo tensión. Estructura de ferrita y austenita.

A todos los aceros inoxidable se les puede añadir un pequeño porcentaje de molibdeno, para mejorar su resistencia a la corrosión por cloruros.

### **Usos.**

Los aceros inoxidable se utilizan principalmente en cuatro tipos de mercados:

- Electrodomésticos: grandes electrodomésticos y pequeños aparatos para el hogar.
- Automoción: especialmente tubos de escape.
- Construcción: edificios y mobiliario urbano (fachadas y material).
- Industria: alimentación, productos químicos y petróleo.

Su resistencia a la corrosión, sus propiedades higiénicas y sus propiedades estéticas hacen del acero inoxidable un material muy atractivo para satisfacer diversos tipos de demandas, como lo es la industria médica.

### **5.3. Materiales Cerámicos.<sup>4</sup>**

Los materiales cerámicos usados para aplicaciones de ingeniería pueden clasificarse en dos grupos: materiales cerámicos tradicionales y materiales cerámicos de uso específicos en ingeniería. Normalmente los cerámicos tradicionales están constituidos por tres componentes básicos: arcilla, sílice (pedernal) y feldespato. Ejemplos de este tipo de materiales son las tejas y unidades de mampostería utilizados en la industria de la construcción y las porcelanas para el uso de la industria eléctrica.

Los cerámicos de ingeniería, por el contrario, están constituidos típicamente por compuestos puros o casi puros tales como óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), carburo de silicio (SiC) y nitruro de silicio ( $Si_3N_4$ ). Ejemplos de aplicación de este tipo de materiales es el carburo de silicio en las áreas de alta temperatura del motor y el óxido de aluminio en la base del soporte de los circuitos integrados de los chips en un módulo de conducción térmica.

---

<sup>4</sup> Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. William F. Smith. Editorial Mc Graw Hill. Tercera Edición. 1998.

### 5.3.1. Cerámicos Tradicionales.

Los cerámicos tradicionales, como se expuso anteriormente están compuestos por arcilla, sílice (sílex) y feldespato. La arcilla está compuesta principalmente por silicatos de aluminio hidratados ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) con pequeñas cantidades de otros óxidos.

Las arcillas en los materiales cerámicos tradicionales se pueden trabajar antes de que el material se endurezca por el fuego y constituyen el cuerpo principal del material. La sílice ( $\text{SiO}_2$ ), también llamada sílex o cuarzo, funde a altas temperaturas y es el material refractario de los cerámicos tradicionales. El feldespato potásico, que tiene una composición básica  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ , funde a bajas temperaturas y se transforma en vidrio cuando la mezcla cerámica se somete a alta temperatura y une los componentes refractarios.

Productos estructurales de la arcilla tales como ladrillos de construcción, tuberías de desagüe, tejas para cubiertas y tabletas para piso están hechos de arcilla natural que contiene los tres componentes básicos.

Entre los materiales cerámicos además se encuentran el yeso y el caolín que son los materiales específicos que se utilizan para el refrentado de las unidades de mampostería, y de los cuales se va a especificar más a profundidad.

Las unidades de mampostería, han sido estudiadas más a profundidad en trabajos de grado anteriores, por cuanto el objetivo principal tenía que ver con sus propiedades específicas, pero en este trabajo de grado se necesita específicamente las propiedades del yeso y del caolín.

#### 5.3.1.1 Yeso.<sup>5</sup>

El yeso es un producto preparado básicamente a partir de una piedra natural denominada aljez, mediante deshidratación, al que puede añadirse en fábrica determinadas adiciones para modificar sus características de fraguado, resistencia, adherencia, retención de agua y densidad, que una vez amasado con agua, puede ser utilizado directamente. También, puede ser empleado para la elaboración de elementos prefabricados.

El yeso como producto industrial es sulfato de calcio hemihidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ), también llamado vulgarmente "yeso cocido". Se comercializa molido, en forma de polvo.

---

<sup>5</sup> <http://www.wikipedia.es/enciclopedia/Yeso>

El término aljez significa en castellano yeso, piedra de yeso, yeso crudo o yeso natural; proviene del mozárabe "aljez" y éste del latín "gypsum".

En Aragón (España), en los pueblos del Valle del Ebro, se denominan "aljezares" las zonas donde aparece este mineral, que es muy abundante. "Aljecero" o yesero es la persona que fabrica o vende yeso. "Aljezón" es un cascote de yeso.

El afloramiento yesífero de Sorbas es de extremada calidad debido al tipo y tamaño de la cristalización del yeso, está libre casi por completo de impurezas, y se encuentra depositado en estratos de más de 20 metros de espesor perfectamente definidos, por lo que es muy apreciado en el sector minero y por ello en la zona existen tres canteras a cielo abierto con diversos frentes de explotación que suministran materia prima a gran parte del mundo.

El aljez, o piedra de yeso, es una roca sedimentaria de origen químico. Los depósitos de aljez se originaron como consecuencia de disoluciones acuosas sobresaturadas en mares de poca profundidad, cuyas aguas se evaporaron. Este fenómeno tuvo lugar en los períodos Triásico y Terciario. En España, el aljez corresponde a depósitos terciarios del Eoceno.

El yeso mineral cristaliza en el sistema monoclinico. Los cristales son de hábito prismático; tabular paralelo al segundo pinacoide; de forma rómbica con aristas biseladas en las caras.

Se presenta en cristales a veces grandes, maclados en punta de flecha y en punta de lanza; también en masas y agregados espáticos. Con frecuencia fácilmente exfoliable (selenita); sacaroideo y translúcido (alabastro). Incoloro, blanco, grisáceo, amarillento, rojizo o aun negro.

### **Estado Natural.**

En estado natural el aljez, piedra de yeso o yeso crudo, contiene 79,07% de sulfato de calcio anhidro y 20,93% de agua y es considerada como una piedra sedimentaria, incolora o blanca en estado puro, sin embargo, generalmente presenta impurezas que le confieren variadas coloraciones, entre las que se encuentra la arcilla, oxido de hierro, sílice, caliza, etc.

En la naturaleza se encuentra la anhidrita o karstenita, sulfato cálcico,  $SO_4Ca$ , presentando una estructura compacta y sacaroidea, que absorbe rápidamente el agua, ocasionando un incremento en su volumen hasta de 30% o 50%, siendo el peso específico 2,9 y su dureza es de 3 en la escala de Mohs.



También se puede encontrar en estado natural la basanita, sulfato cálcico semihidrato,  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ , aunque raramente, por ser más inestable.

### **Proceso.**

El yeso natural, o sulfato cálcico bihidrato  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , está compuesto por sulfato de calcio con dos moléculas de agua de hidratación.

Si se aumenta la temperatura hasta lograr el desprendimiento total de agua, fuertemente combinada, se obtienen durante el proceso diferentes yesos empleados en construcción, los que de acuerdo con las temperaturas crecientes de deshidratación pueden ser:

- Temperatura ordinaria: piedra de yeso, o sulfato de calcio bihidrato:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .
- 107 °C: formación de sulfato de calcio hemihidrato:  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ .
- 107 - 200 °C: desecación del hemihidrato, con fraguado más rápido que el anterior: yeso comercial para estuco.
- 200 - 300 °C: yeso con ligero residuo de agua, de fraguado lentísimo y de gran resistencia.
- 300 - 400 °C: yeso de fraguado aparentemente rápido, pero de muy baja resistencia
- 500 - 700 °C: yeso Anhidro o extra cocido, de fraguado lentísimo o nulo: yeso muerto.
- 750 - 800 °C: empieza a formarse el yeso hidráulico.
- 800 - 1000 °C: yeso hidráulico normal, o de pavimento.
- 1000 - 1400 °C: yeso hidráulico con mayor proporción de cal libre y fraguado más rápido.

### **Usos.**

Es utilizado profusamente en construcción como pasta para guarnecidos, enlucidos y revocos; como pasta de agarre y de juntas. También es utilizado para obtener estucados y en la preparación de superficies de soporte para la pintura artística al fresco, además para refrentado de unidades de mampostería en los laboratorios.

Prefabricado, como paneles de yeso (Dry Wall o Sheet rock) para tabiques, y escayolados para techos.

Se usa como aislante térmico, pues el yeso es mal conductor del calor y de la electricidad.

Para confeccionar moldes de dentaduras, en Odontología. Para usos quirúrgicos. en la regeneración ósea.

En los moldes utilizados para preparación y reproducción de esculturas.

En la elaboración de tizas para escritura.

#### 5.3.1.2 Caolín.<sup>6</sup>

El caolín o caolinita, es una arcilla blanca muy pura que se utiliza para la fabricación de porcelanas y de aprestos para almidonar. También es utilizada en ciertos medicamentos y como agente absorbente. Cuando la materia no es muy pura, se utiliza en fabricación de papel. Conserva su color blanco durante la cocción. Su fórmula es  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  ó  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (disilicato aluminico dihidratado).

Su nombre viene del chino kao = alta y ling = colina, que indicaba, en la provincia de Kiangsi, cerca de Jauchu Fa, el lugar donde los chinos encontraron por primera vez este tipo de arcilla al natural.

#### **Composición.**

Es silicato de aluminio hidratado formado por la descomposición de feldespato y otros silicatos de aluminio. Esta descomposición se debe a los efectos prolongados de la erosión. La formación del caolín se debe a la descomposición del feldespato por la acción del agua y del dióxido de carbono.

Está formado por pequeñas capas hexagonales de superficie plana. En su estructura cristalina se distinguen dos láminas, una formada por tetraedros, en cuyos vértices se situarían los átomos de oxígeno y el centro estaría ocupado por el átomo de silicio, y otra formada por octaedros, en cuyos vértices se situarían los átomos del grupo hidróxido y el oxígeno, y en el centro el átomo de aluminio.

---

<sup>6</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Caol%C3%ADn>

## 6. ENSAYOS DE LABORATORIO.

### 6.1. Resistencia a la Compresión del Yeso - Caolín para Refrentar

Este método de ensayo describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la resistencia a la compresión del yeso para refrentar usando cubos de 50 mm de lado.

Para realizar el ensayo se utilizan los siguientes elementos, necesarios para el desarrollo de las probetas y la prueba de compresión de las mismas.

1. Moldes: Los moldes para probetas cúbicas de 50 mm de lado no deben tener más de tres compartimientos.
2. Compactador: Debe tener una sección transversal rectangular de 13 mm x 25 mm y una longitud entre 120 mm y 150 mm, de un material que no sea absorbente, abrasivo no quebradizo.
3. Palustre o espátula: para enrasar la muestra.
4. Máquina de ensayo: Puede ser hidráulica o mecánica.

#### 6.1.1. Preparación de las muestras y llenado de los moldes.

Antes de cualquier cosa, se deben limpiar los moldes en los cuales se verterá la mezcla de yeso – caolín, como se observa en la Figura 2. A las caras interiores de los moldes se les aplica una carga delgada de aceite mineral o de grasa lubricante ligera retirando el exceso de cada uno de los compartimientos. Después se coloca el molde en una placa plana no absorbente la cual debe estar cubierta con una pequeña capa de aceite o grasa ligera. La temperatura ambiente y la temperatura de los elementos a utilizar debe estar entre 20°C y 27.5°C.



Figura 2. Limpieza de Moldes.

Luego de la preparación de la mezcla y del molde se toma una cantidad de la mezcla de yeso - caolín y agua suficiente para llenar tres cubos, como se observa en la Figura 3. El llenado de los moldes debe hacerse después de dos minutos y medio de haber terminado la mezcla. En cada uno de los compartimientos del molde se coloca una capa de mezcla de 25 mm y se compacta con 32 golpes durante 10 segundos. Estos golpes se aplican sobre la superficie de la muestra, en cuatro etapas de 8 golpes adyacentes cada una. Los golpes de cada etapa deben darse siguiendo una dirección perpendicular a los de la anterior.



**Figura 3. Vertido de yeso – caolín en moldes.**

La presión de compactador debe ser tal que asegure el llenado uniforme de los compartimientos. Se deben completar las cuatro etapas de compactación en cada compartimiento antes de seguir con el siguiente. Una vez terminada la operación anterior en todos los compartimientos, se llenan con una segunda capa y se compactan como se hizo con la primera. Durante la compactación de la segunda capa, al completar cada etapa y antes de iniciar la siguiente, se introduce con los dedos en los compartimientos el yeso que se ha depositado en los bordes del molde. Al finalizar la compactación, las caras superiores de los cubos deben quedar un poco más altas que los bordes superiores del molde. Finalmente se enrasa y se alisa la superficie del yeso con la ayuda del palustre o la espátula.

En la Figura 4, se observan las muestras después de retiradas de los moldes para realizar las muestras.

En la Figura 5, se observan los cubos de yeso – caolín listos para probar en la máquina de compresión.



**Figura 4. Muestras en tiempo de secado o curado**



**Figura 5. Cubos de YESO/CAOLIN listos para fallar en el laboratorio**

#### **6.1.2. Procedimiento de ensayo.**

Antes de iniciar el ensayo de compresión, se toman las medidas de todos los cubos que se probaran en la máquina universal. En la Figura 6, se observa la toma de datos de estas muestras.



**Figura 6. Medidas de Muestras.**

Se coloca cuidadosamente el cubo, centrándolo debajo del bloque superior de la máquina de ensayo, y se comprueba que el bloque puede moverse libremente en cualquier dirección. No se deben utilizar materiales amortiguadores entre el cubo y los bloques, como se observa en la Figura 7.



**Figura 7. Ubicación de la Muestra en la Máquina Universal.**

Cuando se espera que el cubo resista una carga máxima mayor a 15 KN se aplica a éste una carga inicial igual a la mitad del valor esperado, a una velocidad moderada; si se estima que la carga sea menor no se debe aplicar carga inicial al cubo.

La velocidad de aplicación de la carga se calcula de tal forma que la carga que falta para romper el cubo con resistencia estimada mayor a 15KN, y la carga total en otros casos, se aplique sin interrupción en un tiempo no menor de 20 y no mayor de 80 segundos. Cuando el cubo esté cediendo antes de la rotura no debe hacerse ningún ajuste a los controles de la máquina.

Al colocar el cubo en la máquina de ensayo, como se observa en la Figura 8, debe tenerse en cuenta que las superficies sobre las que se ejerce presión sean las que estuvieron en contacto con las paredes del molde, adicionalmente, a las que se haya tomado la medida respectiva de área de la sección.



**Figura 8. Cubo Ubicado en la Máquina.**

Después de realizado el ensayo, se logra una falla de compresión en la pieza como se muestra en la Figura 9.



**Figura 9. Cubo Fallado.**

## **6.2. Refrentado de Piezas de Mampostería.**

La siguiente metodología de ensayo tiene por objeto preparar las muestras de mampostería para ser sometidas a esfuerzos de compresión.

Con el fin de garantizar una superficie de contacto perfectamente lisa, y hacer paralelas las caras de carga tales que aseguren que no se presenten concentración de esfuerzos en la pieza es necesario realizar el proceso de refrentado.

### 6.2.1. Procedimiento del ensayo.

El proceso de refrentado se realiza a ladrillos y piezas de mampostería que tengan irregularidades que se puedan considerar que alteren el resultado del ensayo a que se va a someter la pieza.

El ladrillo debe tener sus superficies secas y frías, con el fin de garantizar una buena adherencia del material de refrentado y la pieza, este proceso se observa en la Figura 10.



**Figura 10. Secado Natural Piezas de Mampostería**

El material para refrentado puede consistir de capas de yeso de alta resistencia, capas de azufre puro, mortero de azufre, o con una capa delgada de pasta de cemento Pórtland, en el trabajo de grado particular se utiliza el refrentado en yeso con caolín, para lograr la resistencia necesaria a la hora de probar las unidades de mampostería.

Para obtener la resistencia necesaria del yeso que se utilizará para estos ensayos, se hace una interpolación de la resistencia necesaria en el yeso que se debe utilizar para los cilindros de concreto.

Según la NTC 504<sup>7</sup> para un espécimen de concreto de 21 Mpa, el yeso de refrentado debe tener una resistencia de 34,5 MPa, debido a que no hay datos de resistencia del yeso para refrentar unidades de mampostería en arcilla, se recurrió a establecer una regla de tres simple, utilizando el dato de resistencia a la compresión del yeso para refrentar cilindros de concreto de 21 Mpa con la resistencia a la compresión de la unidad de mampostería de perforación horizontal de 3 MPa.

---

<sup>7</sup> NTC 504. Refrentado de Especímenes cilíndricos de concreto.



21 MPa--→ 34,5 Mpa  
3 MPa--→ X

X = 4,93 Mpa

Respecto al porcentaje de agua en masa con respecto al yeso debe estar entre el 28% y el 30%.

Cuanto menor sea la cantidad de agua empleada, mayor es la posibilidad de lograr resistencias aceptables después de una a dos horas. No se deben usar yesos corrientes empleados en la construcción.

Se cubren con laca las dos caras opuestas de carga de cada espécimen, como se observa en la Figura 11 y se dejan secar bien. Se asienta una de las capas con laca seca sobre una pasta de yeso calcinado, extendida en una superficie engrasada no absorbente, como vidrio o metal. La superficie de vaciado debe ser plana, con una tolerancia de 0.1 mm en 400 mm y suficientemente rígida; debe estar apoyada de tal manera que no se flexione considerablemente durante la operación de refrentado. Se aplica ligeramente una capa de aceite u otro material adecuado y se repite este procedimiento con la otra superficie lacada. Las superficies opuestas deben quedar lo mas paralelas que sea posible y perpendiculares al eje del espécimen.



**Figura 11. Aplicación Laca a las Unidades de Mampostería.**

El espesor del refrentado debe ser aproximadamente el mismo de las dos caras y no debe exceder los 3 mm. El refrentado debe dejarse secar mínimo 24 horas antes de ser ensayados los especímenes.

Cuando se observe la utilización de la máquina refrentadora, se especificaran más a detalle los pasos a seguir para utilizar la herramienta.

### **6.3. Ensayo de Compresión de las Piezas de Mampostería.**

Este método de ensayo tiene por objeto establecer el procedimiento que debe seguirse para determinar la resistencia a la rotura por compresión de ladrillos y piezas refractarias prismáticas de caras planas.

Se utiliza para realizar este ensayo los siguientes aparatos:

1. Máquina de compresión: provista de plato con rótula de segmento esférico, siempre que las áreas de las superficies de contacto de los apoyos, sean iguales o mayores que las de la muestra de prueba.
2. Flexómetro: para determinar las dimensiones de la muestra
3. Balanza: Debe permitir lecturas de por lo menos 0.5% del peso de la muestra.

La resistencia a la compresión de una pieza de mampostería es un indicativo directo de la calidad de la misma. Sin embargo no puede usarse para comparar directamente unidades de materiales distintos y mucho menos de formas distintas. Esto se debe a que por fricción, la máquina de ensayo, ejerce restricciones a las deformaciones laterales en las caras de carga.

Se recomienda ensayar como mínimo cinco piezas, las cuales no deben tener ni fisuras ni irregularidades en los bordes.

Antes de ensayar la muestra se deben alisar y hacer paralelas las caras de carga y perpendiculares a las otras aristas, mediante el proceso de refrentado, el cual es el objetivo general de este trabajo de grado. Las muestras se deben ensayar después de dejar enfriar las capas durante un período de tiempo mínimo de 2 horas.

Cuando la superficie de la muestra presente hendiduras, se llenan con pasta de cemento Pórtland, que se deja fraguar durante 24 horas, después de las cuales se procede a la aplicación de las capas de refrentado.

#### **6.3.1. Procedimiento del Ensayo.**

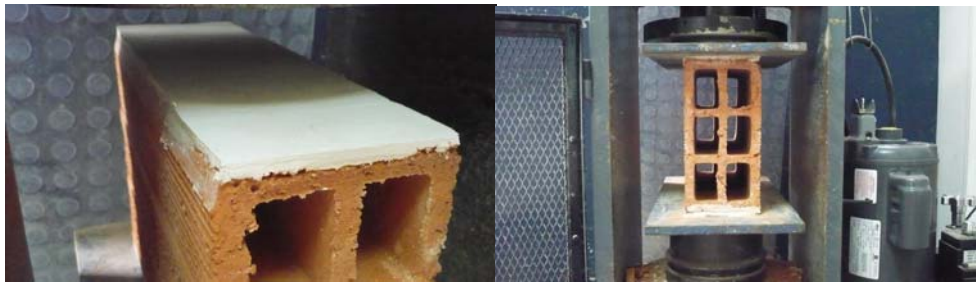
Se determinan las dimensiones de la muestra. (Largo, ancho y alto), debe hacerse antes del refrentado.

Se especifican las características principales de la muestra: Tipo de ladrillo, color, textura, forma y consistencia.

Las muestras se ensayan, centrándolas con respecto a la rótula y de manera que la carga se aplique en la misma dirección de servicio de la muestra (espesor).



**Figura 12. Muestras Centradas**



**Figura 13. Iniciación Aplicación Carga**

La carga última, es la carga máxima que soporta la muestra antes de volverse inestable, perder sus características geométricas básicas o de que aparezcan grietas claramente visibles.

Hasta la mitad de la carga última esperada se aplica la carga a una velocidad moderada, como se observa en la Figura 13. La carga restante se aplica gradualmente en un tiempo no inferior a un minuto ni superior a dos, como se observa en la Figura 14.

Se observa que la falla que se presenta en la muestra es por carga axial, esto es por el refrentado que se utiliza que tiene todas las especificaciones técnicas que exige la Norma Técnica Colombiana, de tal manera que distribuye los esfuerzos de una manera horizontal a lo largo de toda la superficie de la unidad de mampostería.



**Figura 14. Ladrillo H – 10 Fallado.**

Las unidades de mampostería de arcilla cocida para la mampostería deben cumplir con la resistencia mínima a la compresión que se especifica en la Tabla 1 y la Tabla 2.

**Tabla 1. Propiedades Físicas de las Unidades de Mampostería no Estructural.**

TIPO	Resistencia mínima a la compresión Mpa(Kgf/cm <sup>2</sup> )		Absorción de agua en % (interior y exterior)			
	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad
PH	3,0(30)	2,0(20)	17	20	7 a 13,5	14
PV	14,0(140)	10,0(100)	17	20	7 a 13,5	14
M	14,0(140)	10,0(100)	17	20	7 a 13,5	14

PH = Unidad de mampostería de perforación horizontal

PV = Unidad de mampostería de perforación vertical

M = Unidad de mampostería maciza

**Tabla 2. Propiedades Físicas de las Unidades de Mampostería Estructural.**

TIPO	Resistencia mínima a la compresión Mpa(Kgf/cm <sup>2</sup> )		Absorción de agua en % (interior y exterior)			
	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad
PH	5,0(50)	3,5(35)	13	16	7 a 13,5	14
PV	18,0(180)	15,0(150)	13	16	7 a 13,5	14
M	20,0(200)	15,0(150)	13	16	7 a 13,5	14

PH = Unidad de mampostería de perforación horizontal

PV = Unidad de mampostería de perforación vertical

M = Unidad de mampostería maciza

## 7. DISEÑO Y ELABORACIÓN DE MOLDE REFRENTADOR PARA MAMPOSTERÍA.

Se investigó sobre equipos refrentadores de mampostería ya existentes, en la web se encontró un modelo patentado en España, el cuál sirvió como guía para diseñar el equipo refrentador de mampostería para el Laboratorio de Ingeniería Civil de la U.P.B Seccional Bucaramanga.

En la Figura 15, se observa el aparato que está patentado en España, sobre su construcción y manejo, la construcción del equipo de la Universidad se basó completamente en esta estructura y se realizó con Láminas de Acero Inoxidable, para poder garantizar la superficie lisa necesaria en el refrentado de las piezas.



Fuente: <http://www.sistemasdeensayo.com/productos.asp?IdFam=7&IdSubFam=41>

**Figura 15. Refrentador de mampostería patentado en ESPAÑA**

Además el acero inoxidable, se utilizó también para garantizar un mayor tiempo de vida útil, se diseñó con dimensiones las cuales satisfacen los distintos tamaños de ladrillos y debidos apoyos para garantizar la buena postura del ladrillo al momento de refrentarse, dos niveles para garantizar una óptima nivelación.

El resumen de la patente de la máquina refrentadora de ladrillos se muestra a continuación:<sup>8</sup>

“El dispositivo refrentador de ladrillos, esencialmente caracterizado por estar constituido a partir de un cuerpo base, preferentemente prismático y rectangular, considerablemente aplanado y de dimensiones y peso apropiados, sobre cuya cara superior, centradamente y afectando mayoritariamente a la misma, se establece un rebaje, también de planta rectangular y dimensionalmente superior a la cara de los ladrillos a refrentar, presentando dicho rebaje un fondo perfectamente plano y paralelo a la franja perimetral de la cara superior del cuerpo base que lo

<sup>8</sup> <http://patentados.com/invento/dispositivo-refrentador-de-ladrillos.html>

enmarca, habiéndose previsto que con dicho cuerpo base colabore un marco complementario, independiente de aquel, estructurado mediante la combinación funcional de un semimarco en y un larguero acoplable a la embocadura del citado semimarco, contando este marco con medios de fijación en su seno para un ladrillo a refrentar y estando asistido a su vez por medios posicionadores con respecto al cuerpo base, con la particularidad además de que con la estructura descrita colabora un grupo de tres chapas, de reducidas dimensiones y escaso espesor, que adecuadamente dispuestas sobre el fondo del rebaje del cuerpo base actúan como distanciadoras para el ladrillo, determinando el espesor de la capa de refrentado.”

Esta patente fue obtenida por FOMBELLA GUILLEM, RICARDO. MONJO CARRIO, JUAN, de tal manera que fue el diseño utilizado en el trabajo de grado en particular.

La capa de refrentado garantizada con el aparato refrentador es de tres (3) mm así como se exige en la Norma Técnica Colombiana NTC 4205 y ASTM C 67, la cual indica cual es el espesor adecuado de este tipo de refrentado.

El equipo refrentador propio, que se muestra en la Figura 16 consta de:

- Una base de 8 mm de espesor totalmente lisa de 430 mm de largo y 340 mm de ancho.



**Figura 16. Equipo refrentador de mampostería en acero inoxidable.**

- Otra lámina de 3 mm de espesor la cual mide 430 mm de largo y 340 mm de ancho tiene una ventana de 360 mm de largo y 270 mm de ancho totalmente centrada, la cual satisface las longitudes de los ladrillos H-15 Y H-10 y los 3 mm son el espesor requerido para refrentado por las NTC.
- Unas paredes laterales de 1 ½ pulgada de alto y 1 pulgada de espesor, que forman un rectángulo con las mismas dimensiones de la base en donde queda ajustado el ladrillo a refrentar.



**Figura 17. Lámina Fondo de 3 mm.**

- 2 tornillos de  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro y 25 cm de largo con sus respectivas mariposas para ajustar el ladrillo en forma lateral, y otros 2 tornillos de  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro y 15 cm para ajustar el ladrillo de forma frontal.
- 2 niveles uno en la cara frontal y otro en la cara lateral del equipo para una óptima nivelación
- 4 bases con rosca para nivelar el equipo. ( plásticas)
- Todo el equipo va en acero inoxidable excepto las bases giratorias.

#### **7.1. Procedimiento para Proceso de Refrentado de Unidades de Mampostería.**

Antes de iniciar el procedimiento para refrentar las unidades de mampostería, se debe limpiar bien el aparato, paredes y base donde se apoyará el bloque o unidad, como se observa la Figura 18.



**Figura 18. Limpieza Fondo.**

Después de limpiar, se debe montar la parte superior del aparato y nivelarlo completamente en la superficie de apoyo, como se observa en la Figura 19.



**Figura 19. Nivelación Aparato.**

La unidad de mampostería debe estar seca y lacada para empezar a realizar el montaje en la máquina refrentadora, este procedimiento se mostro en el numeral 6.2.1 del presente documento, en donde se explica el procedimiento para refrentar piezas de mampostería.

Después que se nivela, se acomoda el ladrillo contra el ángulo de 90 grados opuesto a los tornillos que sostienen la unidad de mampostería y ajustarlo bien en las dos caras, lateral y frontal.



**Figura 20. Ubicación del Ladrillo ángulo 90°.**

Es importante mencionar que se debe garantizar el ángulo de 90° para garantizar la perpendicularidad del refrentado en las caras en las cuales se aplicará la carga axial en la unidad de mampostería, por cuanto este es el objetivo principal de realizar el refrentado de las piezas de mampostería, como se observa en la Figura 20.





**Figura 21. Garantizar ángulo de 90°.**

Después de garantizar el ángulo de 90°, se procede a retirar la parte superior del aparato con el ladrillo perfectamente ajustado con los tornillos de  $\frac{1}{2}$ ", como se observa en la Figura 22.



**Figura 22. Unidad Ajustada con Tornillos.**

Después de retirar la parte superior del aparato, se limpia la superficie donde se verterá la mezcla del refrentado, para que no existan impurezas en esta, como se observa en la .



**Figura 23. Limpieza de la Superficie Inferior del Aparato.**

Se coloca un filtro de papel mantequilla recortado al tamaño de la unidad, este reemplaza al lubricante utilizado en otros métodos para refrentar, como se observa en la Figura 24.



**Figura 24. Filtro de Papel Mantequilla.**

Se humedece el papel mantequilla o filtro y se extiende de manera uniforme sin que queden arrugas ni burbujas de aire, para garantizar una superficie de refrentado totalmente lisa, como se observa en la Figura 25.



**Figura 25. Filtro Húmedo de Papel Mantequilla**

Se coloca una lamina de acero de 3 mm de espesor y largo igual al de la superficie del aparato refrentador, limitando las dimensiones laterales del ladrillo



**Figura 26. Ubicación del Límite de Refrentado.**

Se procede a mezclar la muestra, debidamente pesada en sus porcentajes de yeso/caolín seca hasta encontrar un color homogéneo, después se añade agua en un 50% de la muestra y se mezcla uniformemente hasta encontrar una pasta semi-líquida, como se observa en la Figura 27.



**Figura 27. Preparación de la Mezcla.**

Se vierte la mezcla sobre el papel filtro y con el límite de la guía que esta sobre el aparato refrentador, como se observa en la Figura 28.



**Figura 28. Vertido Mezcla Yeso – Caolín Aparato Refrentador.**

Se enrasa la mezcla a los 3 mm lo cual se logra con las 2 guías, tanto el borde del aparato como la regilla de acero que limita las dimensiones de la unidad de mampostería lateralmente, como se observa en la Figura 29.



**Figura 29. Enrasada de Mezcla Yeso – Caolín.**

Se coloca la parte superior del aparato donde está la unidad previamente ajustada pisando la mezcla ya vertida en la base del mismo, como se observa en la Figura 30.



**Figura 30. Ubicación de la Unidad ya Ajustada en el Refrentado.**

Después de unos 20 segundos se suelta la unidad de la parte superior, se aflojan los tornillos y se procede a retirar la parte superior del aparato, como se observa en la Figura 31.



**Figura 31. Retiro Parte Superior Aparato Refrentador.**

Después de retirada esta parte del aparato, se corta con espátula la mezcla restante de los bordes del ladrillo, como se observa en la Figura 32.



**Figura 32. Corte de la Mezcla Sobrante del Borde de la Unidad.**

Se limpian los lados de la unidad, y se desliza suavemente el ladrillo hasta poder retirarlo por completo de la base, como se observa la Figura 33.



**Figura 33. Retiro de la Unidad de la Base del Aparato.**

Después de retirada la unidad de mampostería de la base del aparato, se observa el refrentado perfecto de 3 mm como se observa en la Figura 34.



**Figura 34. Ladrillo Refrentado por una Cara.**

Para finalizar el proceso, se realiza el mismo procedimiento con la otra cara de la unidad, como se muestra en la Figura 35.



**Figura 35. Refrentado Otra Cara de la Unidad.**

Para proceder a realizar el ensayo de compresión en la unidad de mampostería, se debe esperar aproximadamente veinticuatro (24) horas, de tal manera que se garantice que el refrentado este totalmente seco.



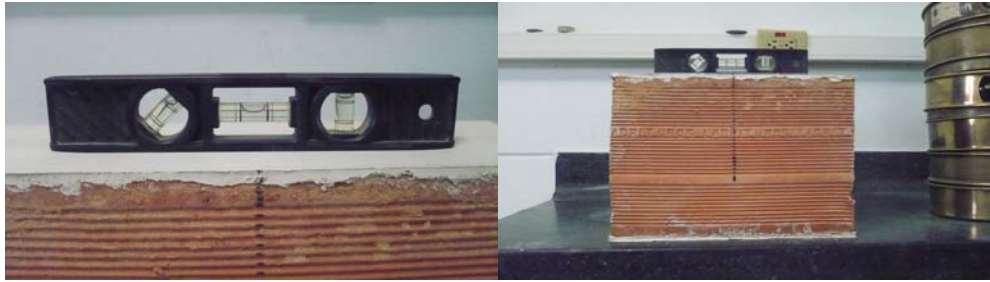
**Figura 36. Ladrillo Refrentado.**

Para comprobar que la unidad de mampostería este nivelada, primero se procede a observar la nivelación del sitio en el cual se ubicara la muestra, en este caso particular se utilizo el mesón del laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil, como se observa en la Figura 37, el mesón está totalmente nivelado.



**Figura 37. Mesón Nivelado.**

Después de comprobar la nivelación del sitio donde se ubicara la unidad, se comprueba que la pieza esté nivelada también como se muestra en la Figura 38. En este paso se demuestra que se garantizó totalmente la nivelación de la pieza de mampostería que era lo que se quería alcanzar con la realización de la máquina refrentadora de unidades de mampostería.



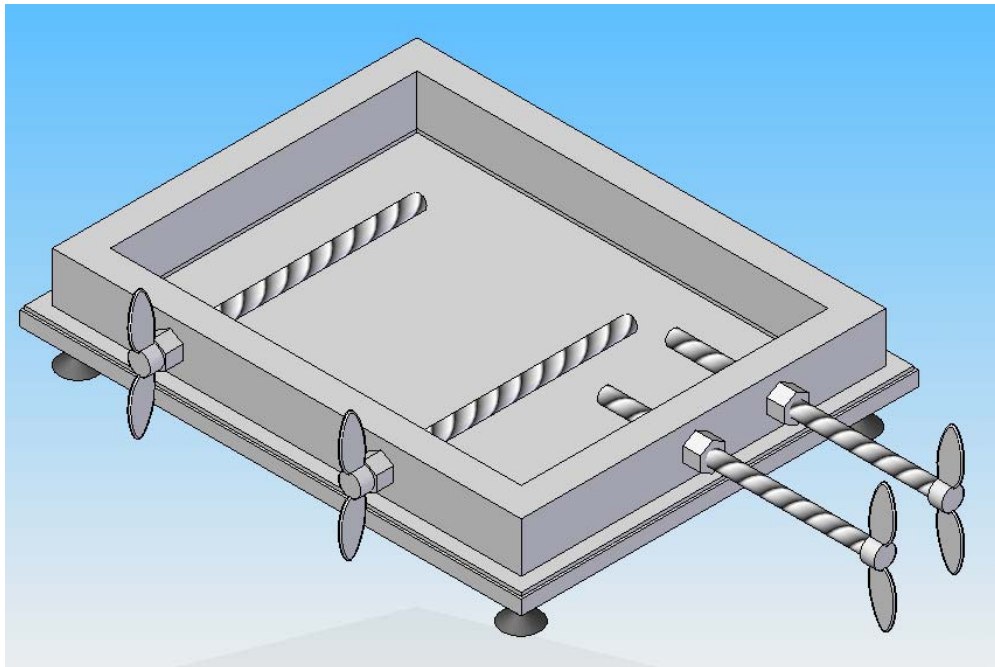
**Figura 38. Unidad Sobre Mesón Nivelado.**

Después de realizado este procedimiento, se realiza el ensayo de compresión de unidades de mampostería, como se mostró en el numeral 6.3 del presente documento.

## **7.2. Modelo de la Máquina para Refrentado de Unidades de Mampostería.**

Se realizó un modelo en el programa Solid Edge©, el cual desarrollo un estudiante de Ingeniería Mecánica.

Este modelo está disponible para que se puedan desarrollar más máquinas refrentadoras, en otra ocasión.



**Figura 39. Modelo Solid Edge.**



## 8. RESULTADOS.

Se realizaron ensayos de compresión a ciento ochenta (180) unidades de mampostería en total, distribuidas de la siguiente manera, tres (3) empresas diferentes, cada una con treinta (30) unidades de bloque de perforación horizontal H – 10 y treinta (30) de bloque H – 15, en cada empresa se adquirieron sesenta (60) unidades, algunas se compraron y otras fueron donadas para poder conocer los resultados de los ensayos de laboratorio.

### 8.1. Resistencia a la Compresión de las Muestras de Refrentado.

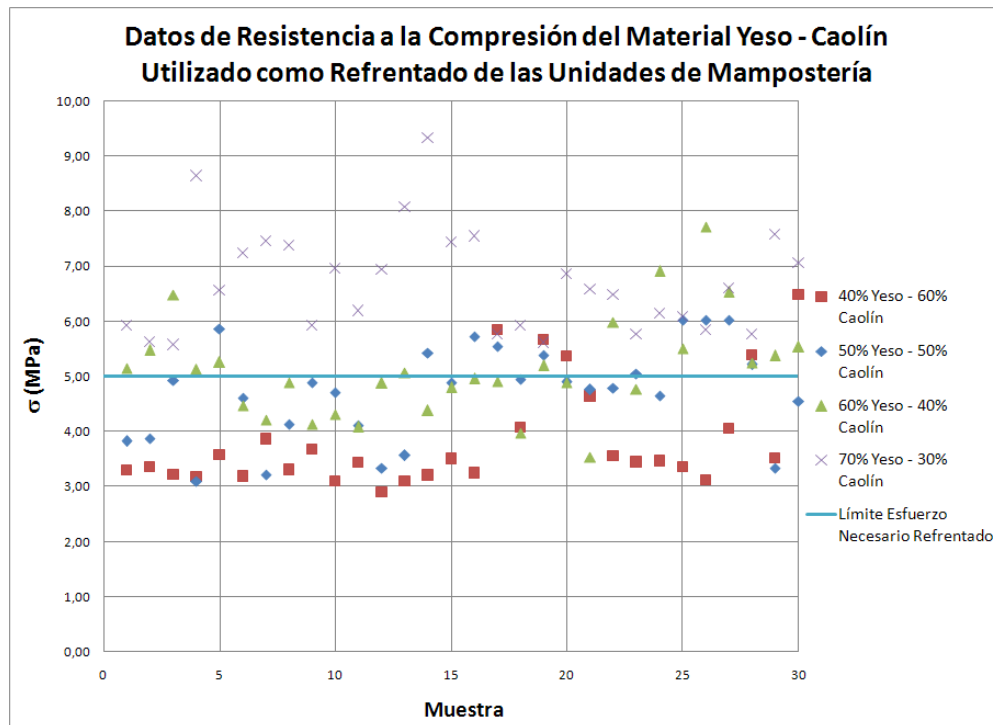
Para cumplir con el esfuerzo necesario de la mezcla del material de refrentado, se requería empezar a realizar diferentes proporciones de yeso y caolín, para lograr datos estadísticos que permitieran seleccionar la muestra que se aproximara al dato requerido según el cálculo realizado en el numeral 6.1 del presente documento, en donde se indica que el valor necesario de resistencia soportado por el material de refrentado debe ser de 4.93 MPa.

En el Anexo 1, se muestran los resultados de la compresión de todas las muestras desarrolladas para obtener el valor de la resistencia a la compresión del yeso – caolín utilizado. En la Tabla 3, se observa el resumen de los resultados para todas las muestras realizadas. Se decidió trabajar con el porcentaje de sesenta por ciento (60%) de yeso y cuarenta por ciento (40%) de caolín, el cual es un poco superior al requerido según los cálculos desarrollados que se muestran en el párrafo anterior.

**Tabla 3. Promedio de Esfuerzo Mezcla Yeso - Caolín**

% Yeso - % Caolín	$\sigma_{\text{promedio}}$ (Mpa)	desviación
40 - 60	3,83	0,95
50 - 50	4,71	0,87
60 - 40	5,12	0,91
70 - 30	6,69	0,95

A continuación en la Figura 40 se observan los resultados de los ensayos a compresión del yeso y el caolín para el refrentado en los diferentes porcentajes asumidos y el límite del esfuerzo requerido según los cálculos desarrollados.



**Figura 40. Resistencia Compresión Mezcla Yeso – Caolín para Refrentado.**

En la Figura 40 se observa que la mezcla más cercana al Límite del Esfuerzo Necesario para el refrentado es la de sesenta por ciento (60%) de yeso y cuarenta por ciento (40%) de caolín.

## 8.2. Resultados de Compresión de las Unidades de Mampostería.

A continuación se muestran los resultados de los esfuerzos de compresión de las diferentes empresas a las cuales se obtuvieron los resultados de resistencia a la compresión de unidades de mampostería.

### 8.2.1. Resultados de las unidades de mampostería Empresa A

En el Anexo 2, se muestran los resultados específicos de dimensiones de todos los ladrillos ensayados para esta empresa y en el Anexo 3, se observan los resultados de Resistencia a la Compresión de todos los ladrillos ensayados. En total se ensayaron treinta (30) bloques de perforación horizontal H-10 y treinta (30) bloques de perforación horizontal H-15 de la empresa A.

En la Tabla 4, se muestran los resultados estadísticos de los esfuerzos netos y brutos de los bloques H - 10.

**Tabla 4. Resultados de Compresión Ladrillo H – 10 Empresa A.**

<b>Propiedades Estadísticas</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa) bruto</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa) neto</b>
Promedio	1,17	3,37
mediana	1,25	3,55
moda	1,27	3,46
desviación	0,26	0,77
coeficiente desviación	21,98	22,74

En la Tabla 5, se observan los resultados de compresión de los bloques de perforación horizontal H – 15 de la empresa A.

**Tabla 5. Resultados de Compresión Ladrillo H – 15 Empresa A.**

<b>Propiedades Estadísticas</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa) bruto</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa) neto</b>
Promedio	1,22	5,28
mediana	1,13	4,84
moda	1,07	4,67
desviación	0,28	1,26
coeficiente desviación	22,98	23,79

#### **8.2.2. Resultados de las unidades de mampostería Empresa B**

A continuación se muestran en la Tabla 6, las resistencias a compresión promedio de los bloques de perforación horizontal H - 10 y las demás características estadísticas de las unidades de mampostería de la Empresa B, en el Anexo 2 y en el Anexo 3 se pueden observar las dimensiones de la pieza y la resistencia a la compresión respectivamente de cada pieza ensayada.

**Tabla 6. Resultados de Compresión Ladrillo H – 10 Empresa B.**

<b>Propiedades Estadísticas</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa) bruto</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa) neto</b>
Promedio	1,33	3,94
mediana	1,35	3,99
moda	1,37	4,03
desviación	0,15	0,47
coeficiente desviación	11,19	11,81

En la 0 se muestran los resultados de compresión de los ladrillos H – 15 de la empresa B, en esta tabla se observa el promedio, la mediana, la moda, la desviación estándar y el coeficiente de desviación estándar con el cual se observa el porcentaje de error entre la desviación estándar y el promedio.

**Tabla 7. Resultados de Compresión Ladrillo H – 15 Empresa B.**

<b>Propiedades Estadísticas</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa) bruto</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa) neto</b>
Promedio	1,08	4,24
mediana	1,06	4,18
moda	0,97	4,59
desviación	0,18	0,69
coeficiente desviación	16,99	16,18

### **8.2.3. Resultados de las unidades de mampostería Empresa C**

A continuación, en la Tabla 8, se muestran los resultados del promedio de resistencia a la compresión de los ladrillos, mediana, moda, desviación estándar y el promedio de las unidades de mampostería H-10 de esta empresa.

**Tabla 8. Resultados de Compresión Ladrillo H – 10 Empresa C.**

<b>Propiedades Estadísticas</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa) bruto</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa) neto</b>
Promedio	2,46	6,21
mediana	2,45	6,21
moda	2,73	6,45
desviación	0,37	0,95
coeficiente desviación	15,09	15,36

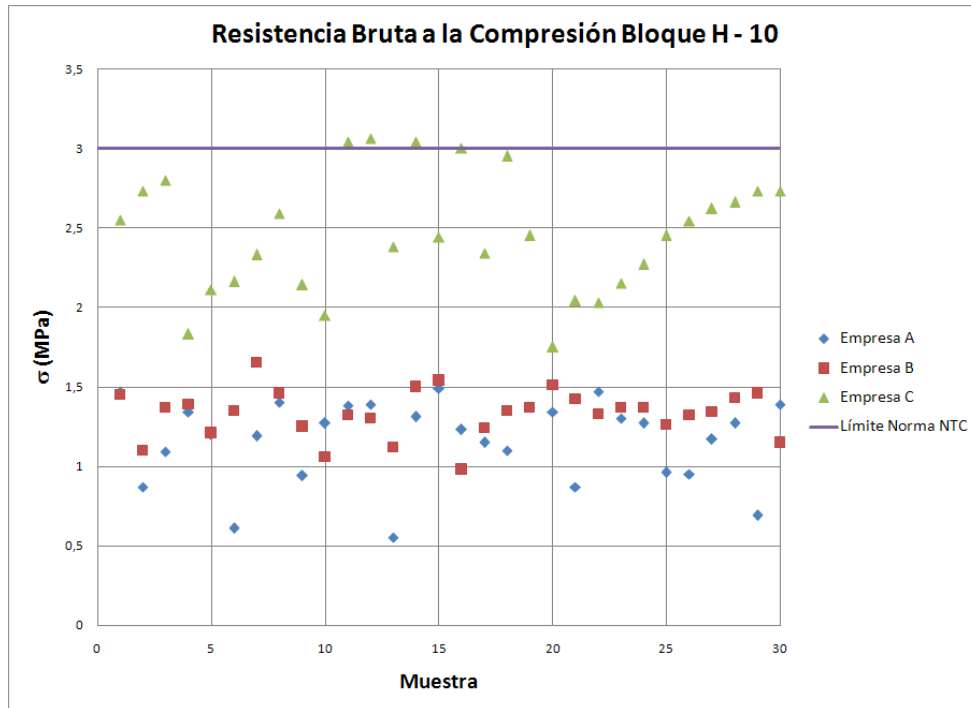
En la Tabla 9, se muestran los resultados de las propiedades estadísticas de los bloques de perforación horizontal H – 15 de la empresa C.

**Tabla 9. Resultados de Compresión Ladrillo H – 15 Empresa C.**

<b>Propiedades Estadísticas</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa) bruto</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa) neto</b>
Promedio	1,39	5,30
mediana	1,37	5,40
moda	1,36	5,1
desviación	0,24	0,93
coeficiente desviación	16,92	17,46

### **8.3. Resultados Generales de la Resistencia a la Compresión de los bloques de perforación horizontal H – 10 y H - 15.**

Se puede observar en la Figura 41 los resultados de todos los ensayos de resistencia a la compresión bruta realizados a las unidades de mampostería, señalando el respectivo límite establecido por la Norma Técnica Colombiana (NTC 4205). En el Anexo 3 se muestran los resultados numéricos de todos los ensayos.

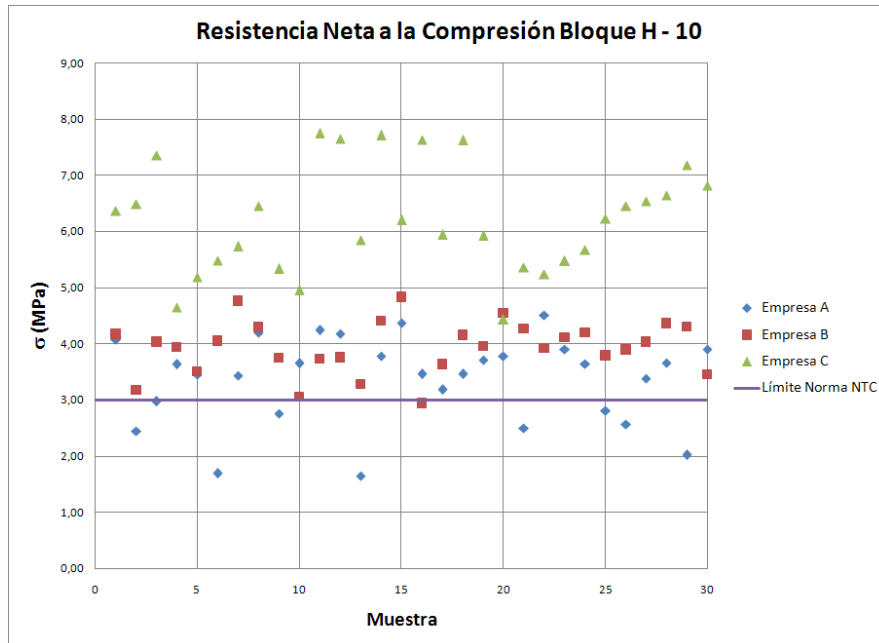


**Figura 41. Resistencia Bruta a la Compresión de Bloques de Perforación Horizontal H – 10.**

En la Figura 41, se observa que la Empresa C dio ligeramente mejores resultados de resistencia bruta al someterse al ensayo de compresión ya que las resistencias están más cerca al límite establecido por la NTC 4205.

En la Figura 42, se observan los resultados de la resistencia a la compresión neta de los bloques de perforación horizontal H – 10.

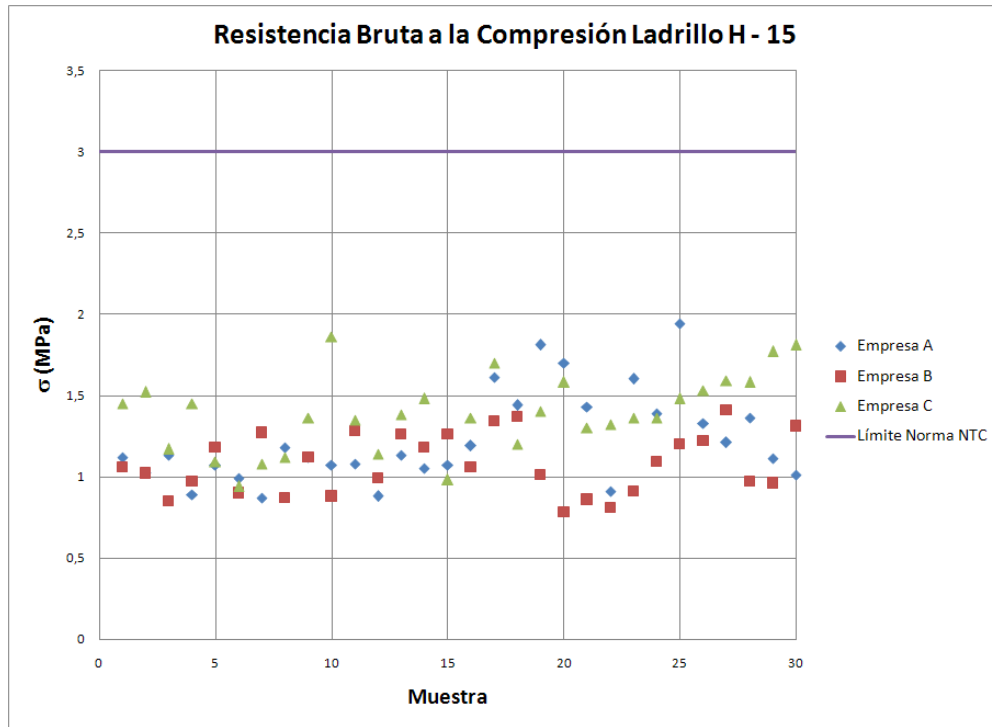
Comparando la Figura 41 y la Figura 42, se puede observar que las empresas cuando se determina el esfuerzo neto, es decir el esfuerzo que soportan los tabiques de la unidad, se obtiene un valor superior a la Norma Técnica Colombiana, pero en realidad el esfuerzo que se está determinando y que se compara con esta normativa es el esfuerzo bruto, aquel que soporta toda el área de la unidad de mampostería, por esto es importante que la Normativa aclare cuál es el esfuerzo que se debe estar cumpliendo por parte de las empresas, para poder brindar productos de calidad al cliente.



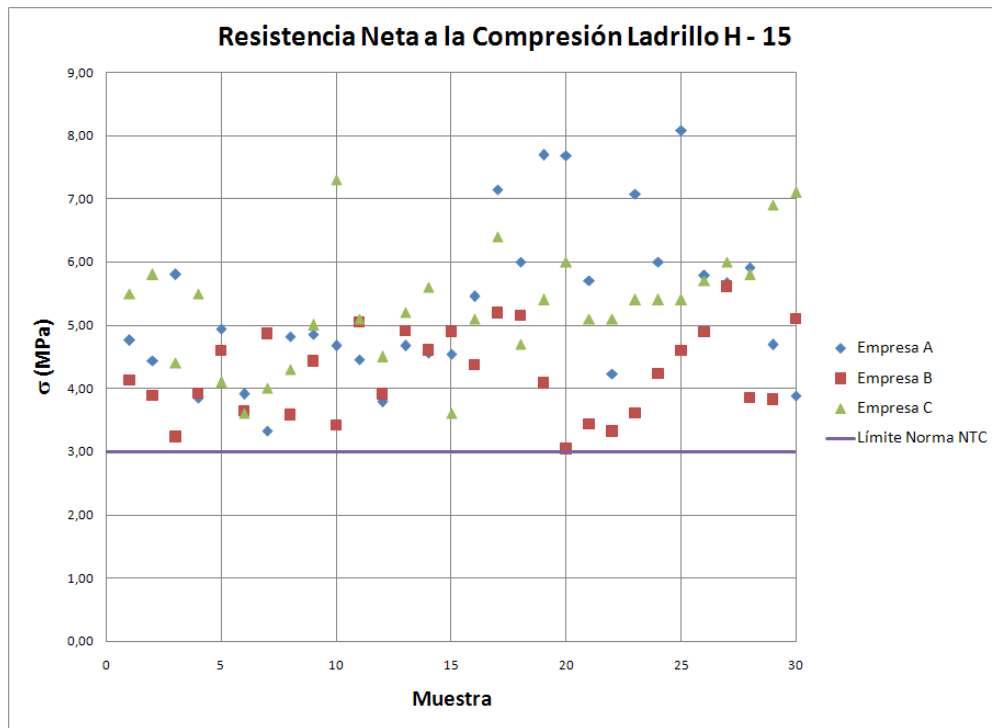
**Figura 42. Resistencia Neta a la Compresión de Bloques de Perforación Horizontal H – 10.**

Cuando se observan los resultados de los esfuerzos de compresión del bloque de perforación horizontal H – 15, Figura 43, se puede observar que los esfuerzos brutos (en toda el área) disminuyen con respecto a los esfuerzos obtenidos en los bloques de perforación H – 10, Figura 41. Esto puede ser porque el espesor de las unidades es mayor y el material con el que hacen la unidad de mampostería es el mismo y soporta las mismas fuerzas que si el área fuera más pequeña.

Cuando se observa la resistencia neta, Figura 44, sucede lo contrario, todas las unidades están por encima del límite que establece la NTC, pero como se estableció anteriormente, los esfuerzos que se comparan con el límite de la Norma Técnica Colombiana son los esfuerzos brutos sobre toda el área del bloque.



**Figura 43. Resistencia Bruta a la Compresión Bloque H – 15.**



**Figura 44. Resistencia Neta a la Compresión Bolque H – 15.**

En general, los esfuerzos obtenidos de resistencia bruta, son mucho menores a lo que establece la normativa.

#### 8.4. Comparación Resultados Trabajos de Grado Anteriores.

En este punto en particular se observaran los resultados obtenidos en el trabajo de grado titulado: “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL UTILIZADAS EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA” realizado por las estudiantes Claudia Viviana Borrero Castellanos y Lizza Marcela Mejía Camacho. Con este trabajo solo se pueden comparar los resultados con una sola empresa que coincide con este trabajo de grado particular.

**Tabla 10. Resultado Resistencia Empresa B Bloque H – 10.**

Propiedades Estadísticas	$\sigma$ (MPa) bruto	$\sigma$ (MPa) neto
Promedio	0,96	2,47
mediana	0,90	2,30
moda	0,84	2,1
desviación	0,21	0,58
coeficiente desviación	22,34	23,31

**Tabla 11. Resultado Resistencia Empresa B Bloque H – 15.**

Propiedades Estadísticas	$\sigma$ (MPa) bruto	$\sigma$ (MPa) neto
Promedio	0,94	2,92
mediana	0,90	2,72
moda	0,8	2,16
desviación	0,36	1,11
coeficiente desviación	38,41	38,18

Comparando los resultados de esfuerzos y considerando el esfuerzo determinado con el refrentado con la máquina como el valor real y el esfuerzo determinado con el refrentado manual consignado en la Tabla 10 y Tabla 11 de los resultados obtenidos con el trabajo de grado anterior, se tiene que el porcentaje de error obtenido entre ambos es:

$$\% Error_{H-10} = \frac{1.33 - 0.96}{1.33} \cdot 100 = 27.82\%$$

$$\% Error_{H-15} = \frac{1.08 - 0.94}{1.08} \cdot 100 = 12.96\%$$

De esto se puede observar que los resultados se diferencian para los ladrillos H – 10 en un 27.82% con el refrentado manual y el refrentado en la máquina y los ladrillos H – 15 se diferencian en un porcentaje de 12.96% entre el refrentado en la máquina y el refrentado manual.



Otro error que se puede observar es el coeficiente de variación, el cual se determina como la desviación estándar sobre el promedio obtenido de las muestras, quedando de la siguiente manera.

Con el refrentado en la máquina se obtiene un valor de coeficiente para el ladrillo H – 10 de 11.19%, mientras que en el trabajo de grado donde se realizó el refrentado manual, se obtuvo un 22.34% de diferencia entre todos los datos obtenidos.

Cuando se trata del ladrillo H – 15, se obtiene que el coeficiente para el ladrillo H – 15 de 16.99%, mientras que para el trabajo de grado anterior se obtiene un valor de coeficiente de 38.41%.

Estas diferencias lo que nos indican es la dispersión que se presenta en los datos, en el trabajo de grado anterior, se presentan estos desfases por la manera como se realizó el refrentado.

En este trabajo de grado en particular, se puede observar que los coeficientes disminuyen en una proporción alta, por cuanto la desviación estándar es menor.

#### **8.5. Fallas de los Ensayos de Resistencia a la Compresión.**

En esta parte se mostrará una secuencia de fotografías que muestran la falla de un ladrillo H – 15 refrentado con la máquina.



**Figura 45. Ladrillo listo para ser ensayado**

En la Figura 45, se observa el bloque H – 15, listo para ser cargado.



**Figura 46. Falla Inminente del Bloque.**

En la Figura 46, se observa el momento en el cual se presentará la falla inminente en la pieza.



**Figura 47. Ladrillo fallado**

En la Figura 47, se observa ya la unidad fallada, es decir que ya alcanzó la carga última que soporta por los esfuerzos de compresión a la pieza. Se observa que se presentó una falla característica de la aplicación de un esfuerzo normal. Lo que no sucedía cuando se realizaba el ensayo con el refrentado manual.



**Figura 48. Bloque H-15 Ensayado a Compresión.**

En la Figura 48, se observa la falla final del bloque de perforación horizontal H – 15.



**Figura 49. Refrentado Después de Falla del Bloque.**

El objetivo de refrentar con máquina, es lograr que el refrentado después de realizar el ensayo de compresión permanezca casi intacto, para poder transmitir los esfuerzos correspondientes que está soportando realmente el bloque, como se puede observar en la Figura 49, el refrentado después del ensayo queda casi intacto y se pueden comprobar los tres (3) mm de espesor exigidos.

## 9. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

### 9.1. Conceptos Estadísticos.

Antes de analizar los resultados obtenidos en el trabajo de grado, se procede a realizar un glosario de términos utilizados en esta parte del proyecto.

#### 9.1.1. Promedio o media aritmética.

La media es el promedio de una cantidad finita de números, es igual a la suma de todos ellos dividida entre el número de sumandos.

#### 9.1.2. Mediana.

La mediana es el valor de la variable que deja el mismo número antes y después que él. De acuerdo con esta definición el conjunto de datos menores o iguales que la mediana representarán el 50% de los datos, y los que sean mayores que la mediana representaran el otro 50% del total de datos de la muestra. Un intervalo mediano será el intervalo que contiene dicho dato.

#### 9.1.3. Moda.

La moda es aquel dato que se repite con mayor frecuencia, es decir que pueden existir múltiples modas.

#### 9.1.4. Desviación Estándar ( $\sigma$ ).

La desviación estándar es una medida de dispersión para variables de razón (ratio o cociente) y de intervalo, de gran utilidad en la estadística descriptiva.

#### 9.1.5. Coeficiente de Desviación.

El coeficiente de desviación es un porcentaje obtenido de la desviación estándar dividido en el promedio de la muestra.

#### 9.1.6. Distribución Normal.<sup>9</sup>

La distribución normal, también llamada distribución de Gauss o distribución gaussiana, es la distribución de probabilidad que con más frecuencia aparece en estadística y teoría de probabilidades. Esto se debe a dos razones fundamentalmente:

---

<sup>9</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n\\_normal](http://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_normal)

Su función de densidad es simétrica y con forma de campana, lo que favorece su aplicación como modelo a gran número de variables estadísticas.

Es, además, límite de otras distribuciones y aparece relacionada con multitud de resultados ligados a la teoría de las probabilidades gracias a sus propiedades matemáticas.

La función de densidad está dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Donde:

$\mu$ (mu) es la media

$\sigma$ (sigma) es la desviación estándar

$\sigma^2$  es la varianza.

Muchas variables aleatorias continuas presentan una función de densidad cuya gráfica tiene forma de campana.

La importancia de la distribución normal se debe principalmente a que hay muchas variables asociadas a fenómenos naturales que siguen el modelo de la normal:

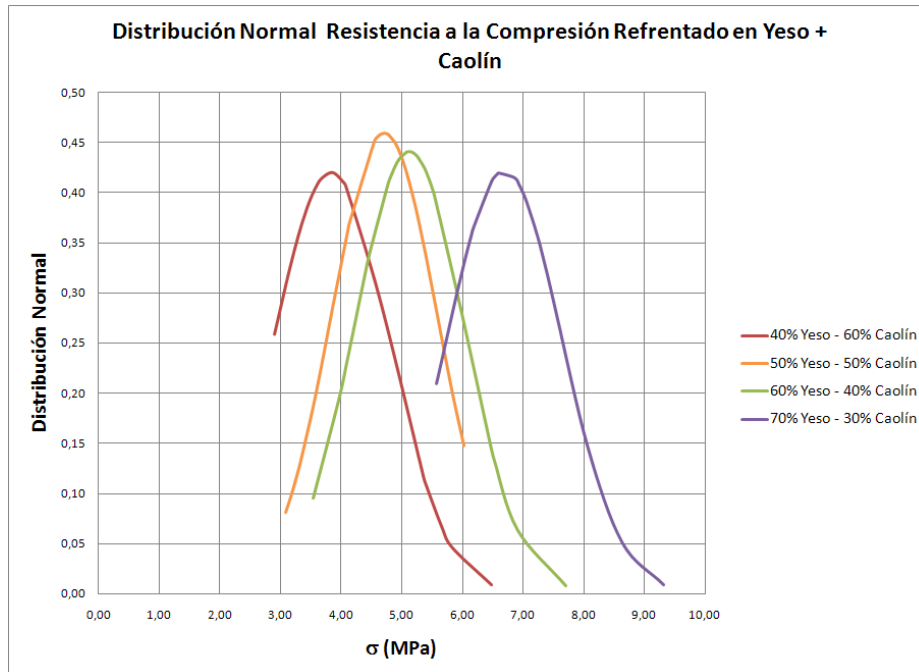
- Caracteres morfológicos de individuos
- Caracteres fisiológicos como el efecto de un fármaco
- Caracteres sociológicos como el consumo de cierto producto por un mismo grupo de individuos
- Caracteres psicológicos como el cociente intelectual
- Nivel de ruido en Telecomunicaciones
- Errores cometidos al medir ciertas magnitudes
- Valores estadísticos muestrales como la media

## **9.2. Resultados Resistencia Compresión Yeso – Caolín Refrentado.**

Como se pudo observar en el capítulo anterior, se hicieron cuatro mezclas de yeso, caolín, para observar cual porcentaje era el mejor, o el que más se acercaba al resultado de resistencia necesaria para los bloques de perforación horizontal, que se realizó con una regla de tres.

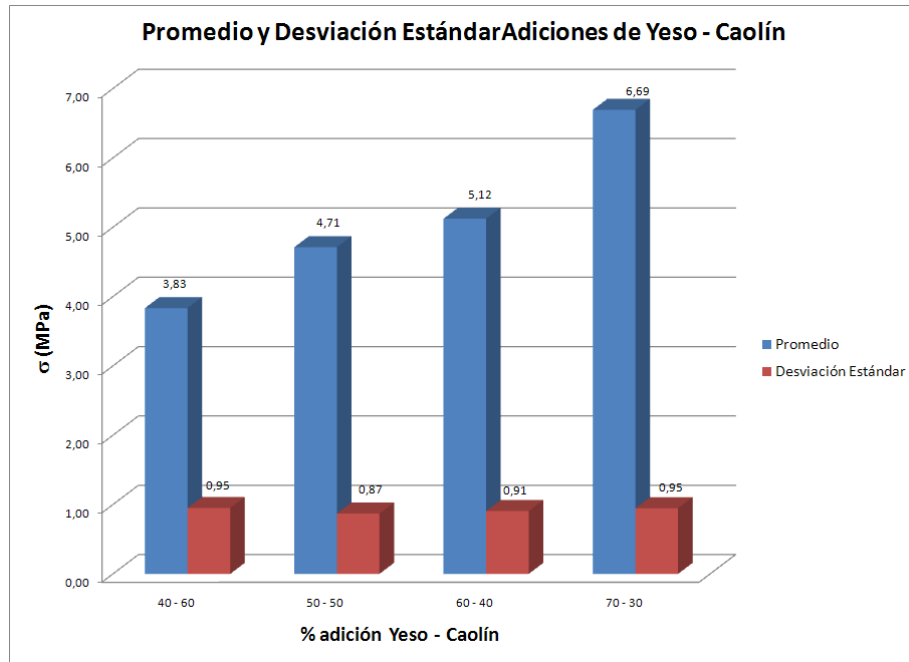
En la Figura 50, se observa que todas las mezclas tienen un rango de valores cercanos a la media, pero la mezcla en la cual su media es la que

más se acerca a la resistencia de 5 Mpa, es la del porcentaje sesenta por ciento (60%) yeso – cuarenta por ciento (40%) caolín.



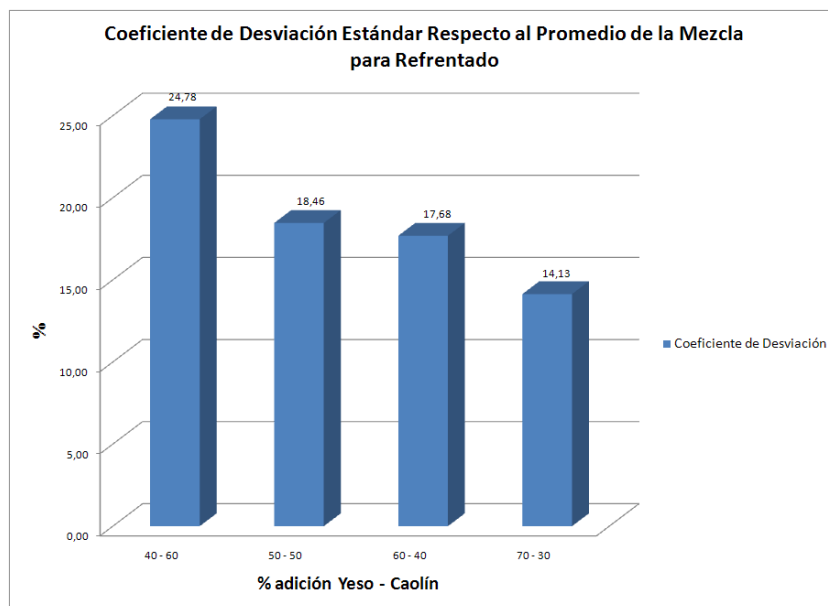
**Figura 50. Distribución Normal Adiciones Yeso – Caolín Refrentado.**

En la Figura 51, se puede notar que entre más alto fue el porcentaje (%) de yeso en la mezcla, mas resistencia se obtuvo en el ensayo a compresión. Pero en este caso no se requería obtener la resistencia más alta sino la más cercana a 5 MPa, que en este caso fue el porcentaje 60%YESO / 40%CAOLÍN. También se puede observar una desviación estándar similar en todas las mezclas, pero esto afecta el resultado entre menor sea la adición de caolín, por cuanto está aumentando el coeficiente de variación, entre menos yeso contenga la mezcla, lo que quiere decir que la dispersión de datos de resistencia al ensayo de compresión fue similar en todas, notando que el porcentaje de 70% YESO / 30% CAOLÍN, tuvo un mayor rango en su desviación estándar.



**Figura 51. Promedio y Desviación Estándar Mezclas Yeso – Caolín para Refrentado.**

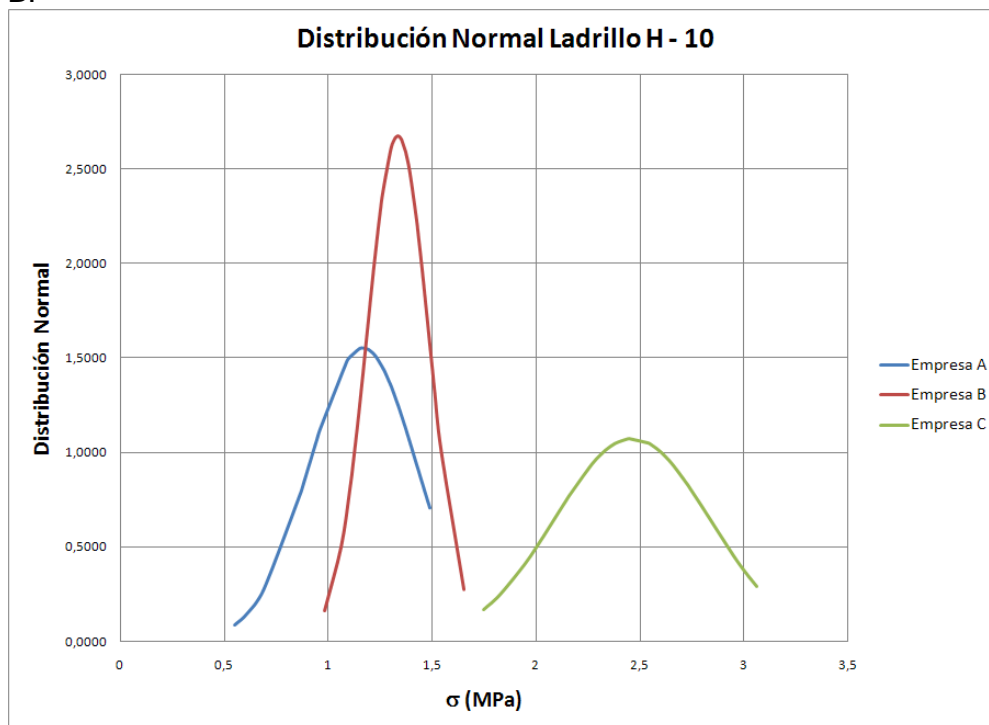
En la Figura 52 se observa que entre menor sea el contenido de yeso que tiene la mezcla, mayor es la dispersión de los datos, existen mayores porcentajes de error. El coeficiente de desviación de la mezcla escogida es 17.68%, con lo cual el valor es aceptable para trabajar.



**Figura 52. Coeficiente de Desviación Estándar Mezclas Yeso – Caolín Refrentado.**

### 9.3. Resultados Estadísticos Resistencia Bruta de Compresión Bloque H – 10.

En la Figura 53 se observa el comportamiento de las piezas de mampostería demostrando que la empresa B mantiene un rango similar garantizando mayor confiabilidad a diferencia de las empresas A y C, pero también se observa que la empresa C es la que ofrece mayor resistencia, por cuanto la media está ubicada más a la derecha de las empresas A y B.

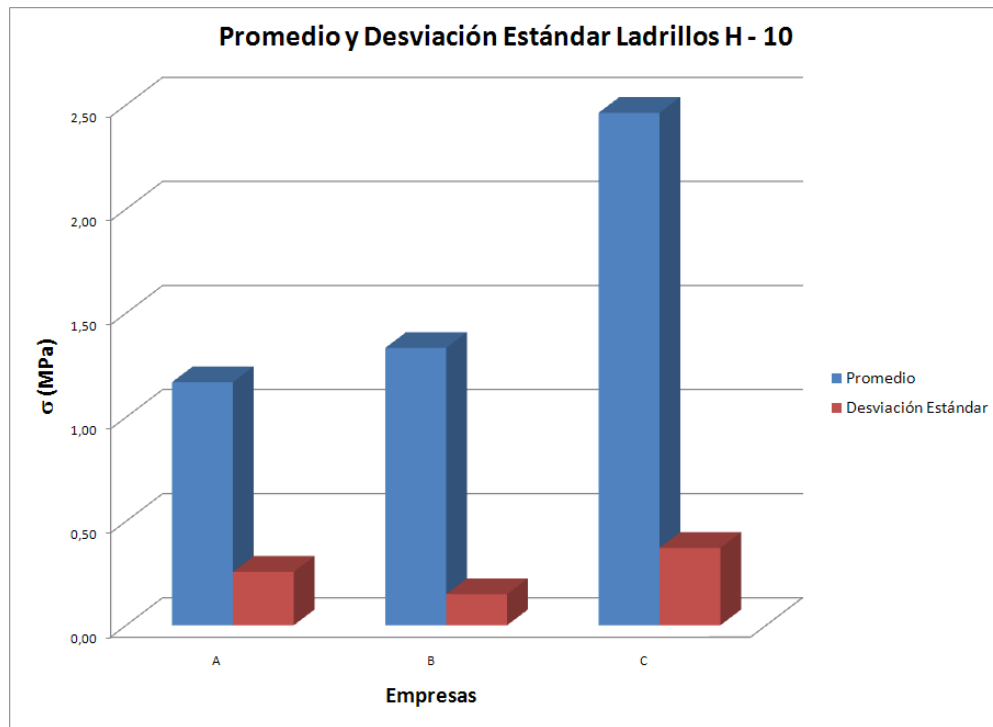


**Figura 53. Distribución Normal Bloque H – 10.**

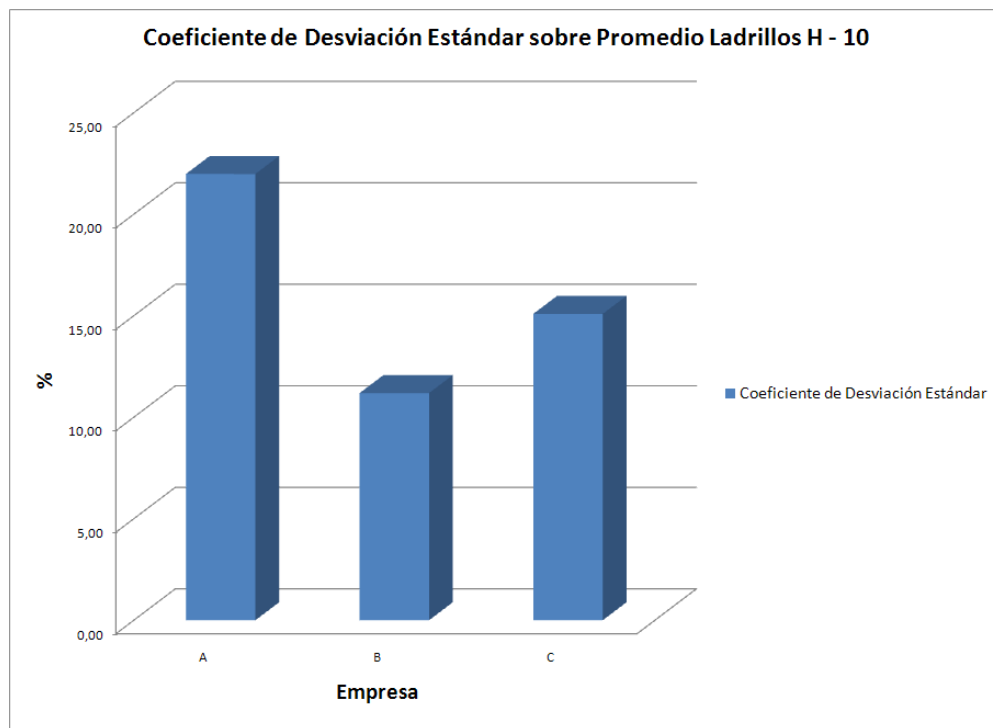
En la Figura 54, se observa el promedio o media y la desviación estándar de las muestras confirmando la información que ofrece la gráfica anterior, ya que la desviación establece la empresa C con mayor rango de dispersión y ofrece mayor resistencia.

Además allí es importante observar que la desviación estándar es pequeña comparada con la media, por lo cual se puede establecer que el procedimiento empleado para el refrentado de las piezas, mejoro notablemente los resultados de los esfuerzos obtenidos en las unidades, para obtener un valor real respecto a este esfuerzo.





**Figura 54. Promedio y Desviación Estándar Bloque H – 10.**

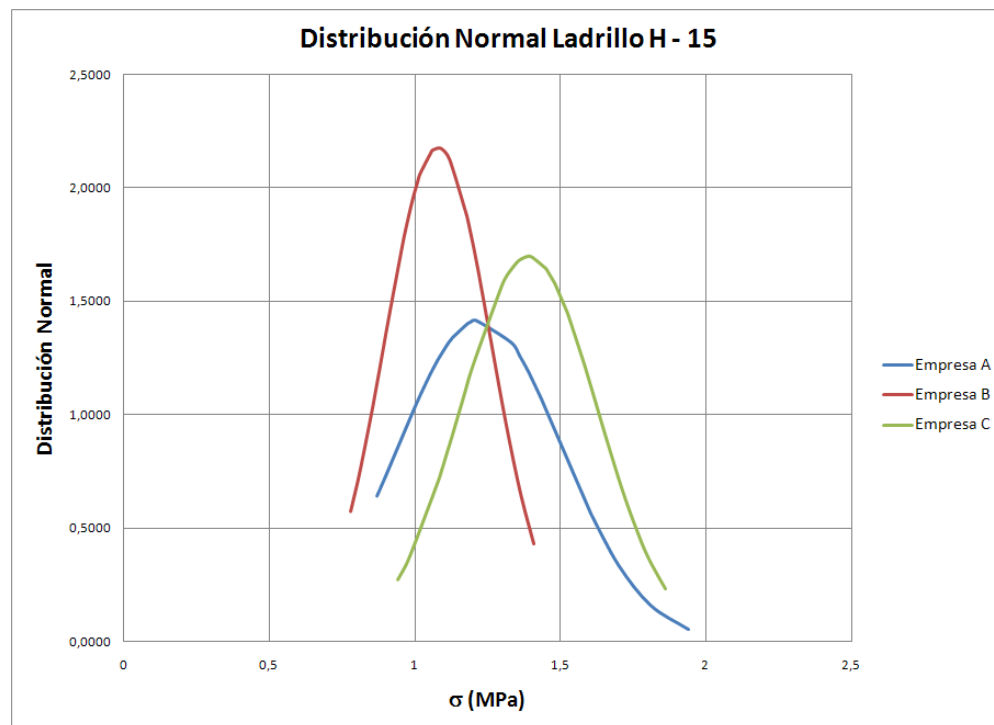


**Figura 55. Coeficiente de Desviación Estándar Bloque H – 10.**

En la Figura 55 se observa una mayor dispersión en los datos de la empresa A, por cuanto se presento en estas muestras muchas imperfecciones en el bloque como son fisuras y además en el acarreo fallaba el bloque antes de llegar a probarlo al Laboratorio.

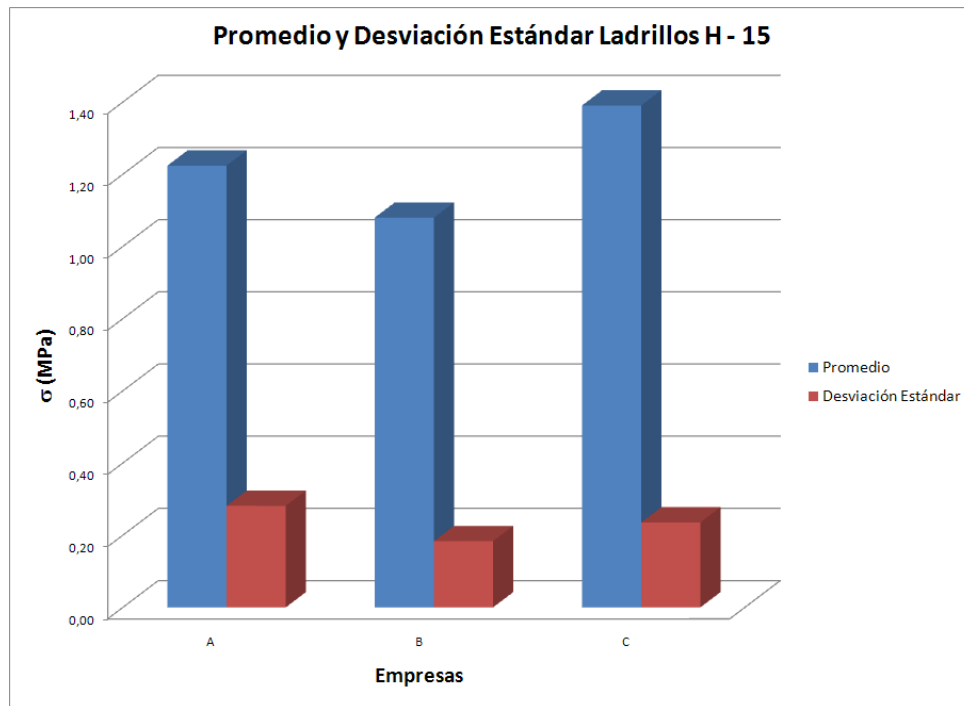
#### 9.4. Resultados Estadísticos Resistencia Bruta de Compresión Bloque H – 15.

En la Figura 56, se observa el comportamiento de las piezas de mampostería demostrando que las empresas B y C mantienen un rango similar, a diferencia de la empresa A que muestra más dispersión en sus datos aunque ofrece buena resistencia, pero no mejor que la empresa C.



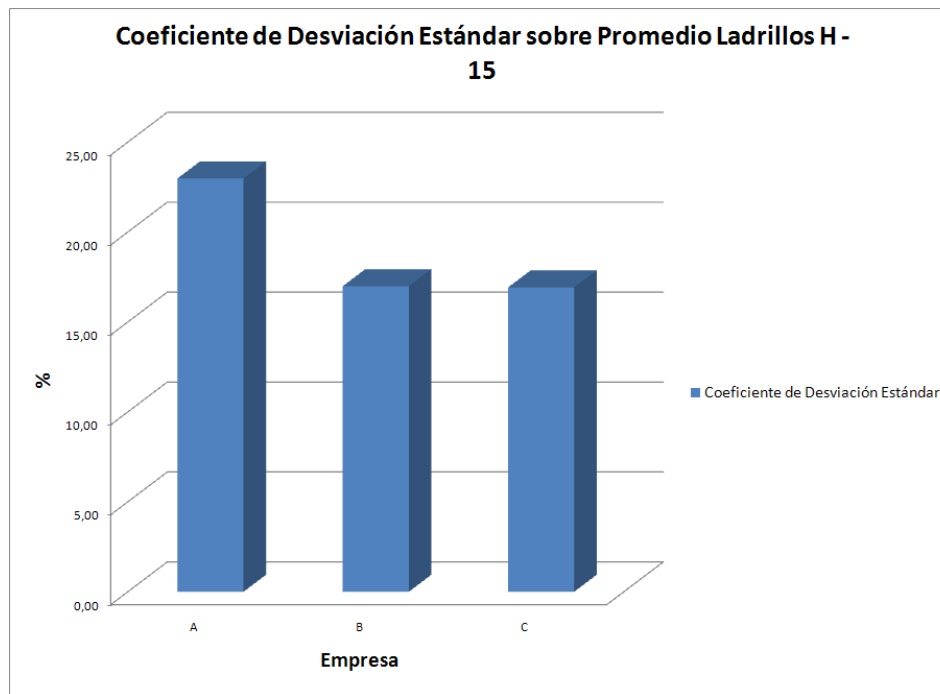
**Figura 56. Distribución Normal Bloque H – 15.**

En la Figura 57, se observa el promedio o media y la desviación estándar confirmando lo visto en la figura anterior. Ya que la desviación establece cual es la empresa con mayor rango de dispersión en sus datos de resistencia a la compresión en unidades de mampostería, que en este caso es la empresa A, y que la empresa que ofrece una mayor resistencia es la empresa C.



**Figura 57. Promedio y Desviación Estándar Bloque H – 15.**

En la Figura 58, se observa que la dispersión de datos en la empresa A es más alta que en las otras 2 empresas.



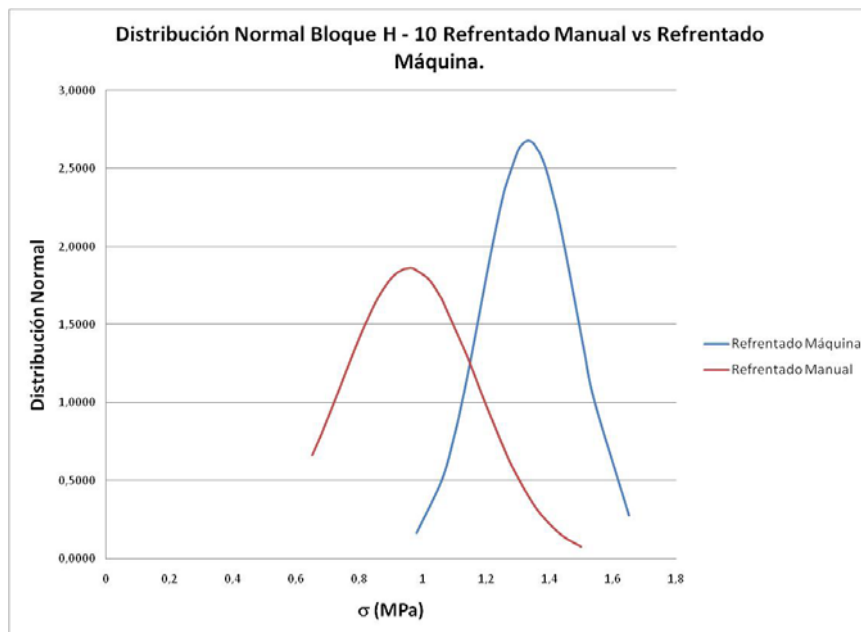
**Figura 58. Coeficiente de Desviación Estándar Bloque H – 15.**

## 9.5. Análisis Comparativos de Resultados.

En las siguientes figuras se observa la comparación de resultados con los trabajos de grado anteriores, donde se observa que definitivamente el implementar un sistema de refrentado para las unidades de mampostería es más confiable que realizar un refrentado manual de las mismas, en donde no se garantiza el espesor apropiado y la resistencia necesaria a la nivelación que se le coloca a la pieza.

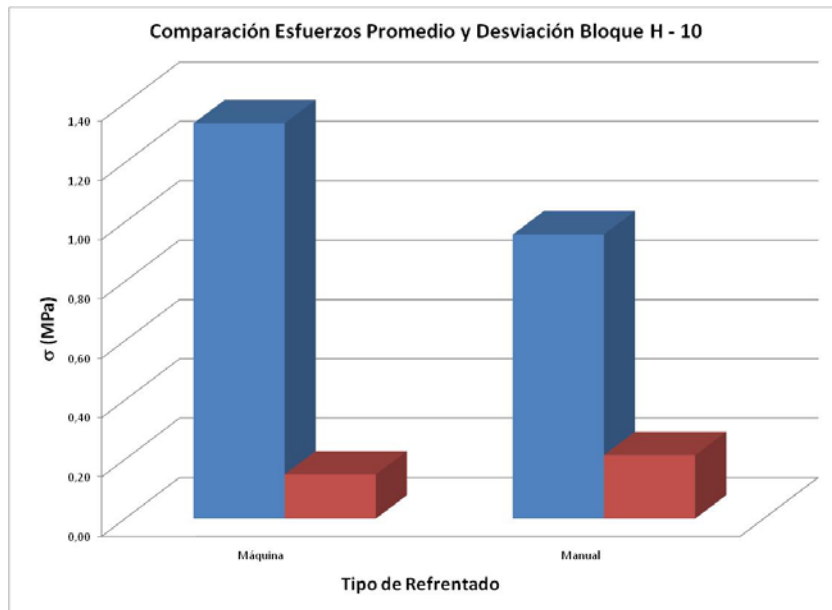
### 9.5.1. Comparación Resultados Bloque H – 10.

En la Figura 59, se observa que los datos del refrentado que se realizó manualmente, están ligeramente hacia la derecha, lo que quiere decir que existen más resistencias altas que la media de los datos, mientras que la curva obtenida con el refrentado en la máquina, tiene una media más alta que el trabajo de grado anterior, además los datos son más confiables que la otra.



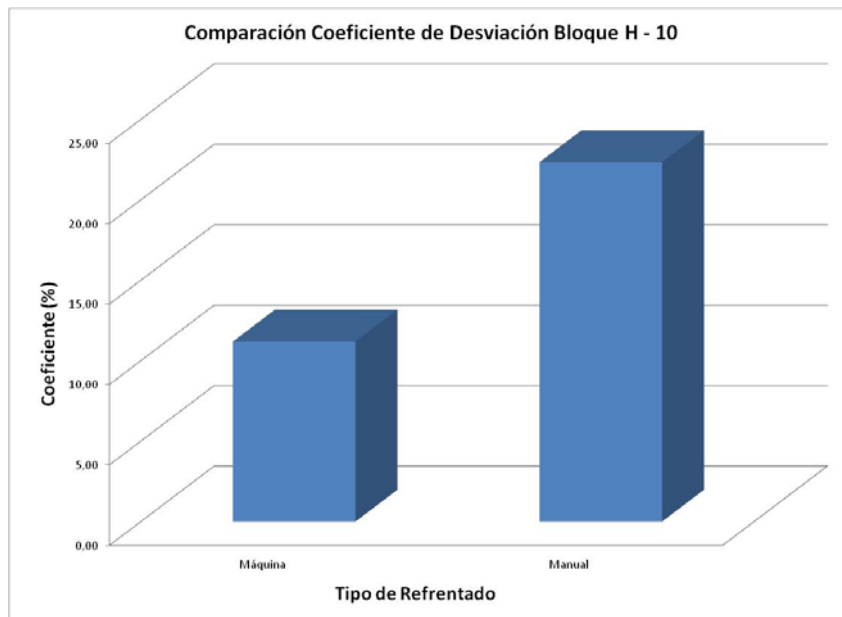
**Figura 59. Distribución Normal Bloque H-10 Refrentado Manual vs Refrentado en la Máquina.**

En la Figura 60 se observa la comparación de resultados del promedio y la desviación estándar de las unidades probadas de la misma empresa y se observa que el promedio es menor cuando se refrenta manualmente, además la desviación estándar es más alta con este refrentado.



**Figura 60. Esfuerzos Promedio y Desviación Estándar Bloque H – 10 Refrentado Manual vs Refrentado Máquina.**

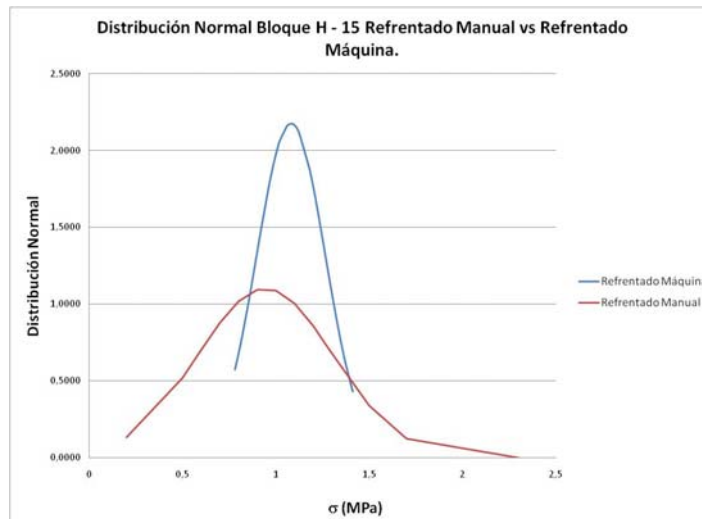
En los coeficientes de variación se observa que existe mayor porcentaje de error cuando se refrenta manualmente, como se puede observar en la Figura 61.



**Figura 61. Coeficiente de Desviación Estándar Bloque H – 10 Refrentado Manual vs Refrentado Máquina.**

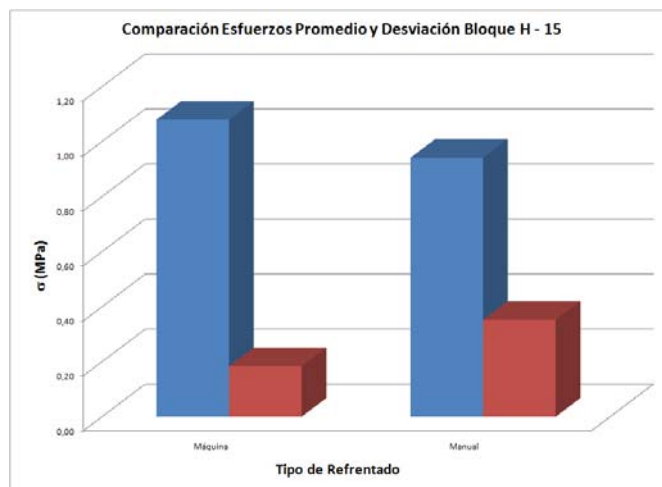
### 9.5.2. Comparación Resultados Bloque H – 15.

En los bloques de perforación horizontal H – 15, ensayados en este trabajo de grado particular, y los del trabajo de grado anterior, se observa en el análisis estadístico que la dispersión de los datos es bastante alta, como se observa en la Figura 62.



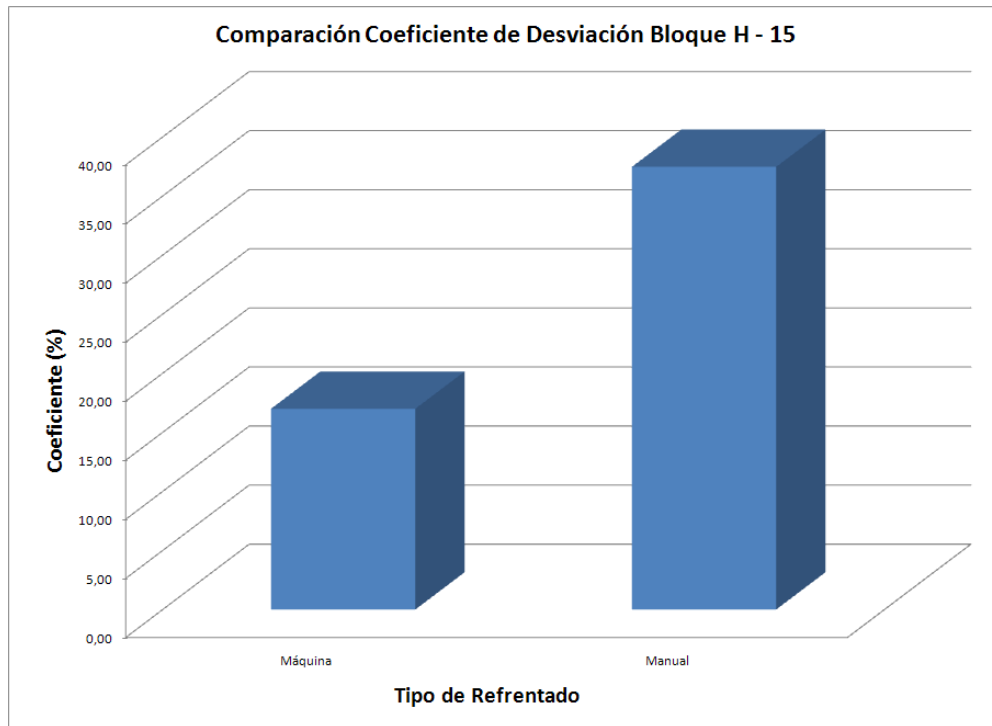
**Figura 62. Comparación Distribución Estándar Bloque H – 15 Refrentado manual vs Refrentado Máquina.**

En los promedios, se observa que aunque no existe mucha diferencia entre ambos, la desviación estándar para el refrentado manual si es más alta que en el refrentado en la máquina, como se observa en la Figura 63.



**Figura 63. Comparación Esfuerzos Promedio y Desviación Estándar Bloque H – 15 Refrentado Manual vs Refrentado Máquina.**

En la Figura 64, se observa que la diferencia entre el porcentaje de error de la muestra refrentada manualmente con la muestra refrentada en la máquina es aproximadamente un 20%, lo cual es bastante alto.



**Figura 64. Comparación Coeficiente de Desviación del Refrentado Manual vs Refrentado Máquina.**

## 10. CONCLUSIONES

- Se elaboró un equipo refrentador de mampostería, el cual garantiza capas de refrentado de 3 mm de espesor como se exige en las NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS NTC.
- Se realizaron ensayos de compresión al yeso para el refrentado en porcentajes distintos de YESO/CAOLIN, y se escogió la mezcla que brindó una mejor resistencia al ensayo y la que concuerda con la resistencia exigida en las Normas.
- Se obtuvieron capas de refrentado de tres (3) mm en las 2 caras de la unidad de mampostería a ensayar y completamente paralelas, debido a la óptima nivelación con que se utilizó el equipo refrentador.
- Se realizaron los ensayos de compresión de bloques H – 15 y H - 10 de las empresas A,B y C, refrentados en dicho sistema.
- Se compararon los resultados de una de las empresas con un trabajo de grado anterior, en donde el refrentado de las unidades de mampostería fue realizado manualmente, y se pudo observar que el error en los datos fue medio.
- En el análisis estadístico que se realizó se pudo observar que los datos obtenidos en las pruebas de compresión en unidades de mampostería tienen un rango de dispersión alto, no se observaron datos repetidos o muy cercanos entre sí, lo cual no brinda confiabilidad al comprar un alto número de unidades para alguna obra.
- En la realización del estudio estadístico se observa la variación de la dispersión de los datos, si la gráfica muestra una curva sesgada positivamente hacia la derecha se concluye que ofrece mayor resistencia, es decir, hay más cantidad de datos mayores que la media, pero si la curva es mas elongada y su rango es menor quiere decir que esta ofrece mayor confiabilidad.
- Se pudo observar en los resultados obtenidos que los esfuerzos de las tres empresas estudiadas cumplen con la Norma, en cuanto al esfuerzo neto, es decir, aquel en el que se considera solo el área de los tabiques internos que hacen parte de los bloques de perforación horizontal. Pero es importante aclarar que este esfuerzo no es el que evalúa y limita la Norma, esta limita el esfuerzo sobre el área bruta (completa) de la unidad.



## 11. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los usuarios del equipo refrentador tener limpias las superficies donde se apoya el ladrillo a refrentar, porque cualquier impureza puede alterar la nivelación del mismo.
- Después de varios intentos al lubricar la base del equipo refrentador con aceite o grasa donde se apoya el ladrillo, se pudo observar que el mismo lubricante impedía la distribución de la capa de yeso sobre la base del sistema, cosa que introdujo la idea de utilizar filtros de papel mantequilla del tamaño de la cara del ladrillo a refrentar, que se humedece y se coloca sobre la base del sistema donde se aplicara la capa de yeso. (papel totalmente liso, sin burbujas de aire).
- Se recomienda hacer una buena pasta de la mezcla, revolver hasta tener una pasta semi-líquida.
- Se debe tener cuidado de ensayar las muestras después de 24 horas de haber sido refrentadas.
- Debido a los resultados en las pruebas a compresión de los ladrillos de las 3 empresas, se recomienda hacer una mejor mezcla de arcilla en la elaboración de los unidades de mampostería, ya que no están cumpliendo con la resistencia requerida por las NTC.
- Es importante recalcar que se debe intentar utilizar el yeso de alta resistencia que recomienda la Norma Técnica Colombiana para el Refrentado de las Unidades, conservando la resistencia cercana a la resistencia de la unidad que se está probando.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

WILLIAM F. SMITH. FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES. TERCERA EDICIÓN. MC GRAW HILL.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4205 INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE ARCILLA COCIDA. LADRILLOS Y BLOQUES CERÁMICOS.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4017 INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. COMPRESIÓN DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE ARCILLA COCIDA. LADRILLOS Y BLOQUES CERÁMICOS.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3495 INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 504 INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. REFRENTADO DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE DE 1.998. NSR - 98

LUIS HÉBERT BARRIOS JARAMILLO. MANUAL DE LABORATORIO DE MAMPOSTERÍA. FACULTAD DE INGENIERÍA. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL. UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. 2DA EDICIÓN.

MANUAL DE LABORATORIO DE MATERIALES UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA.

## ANEXO 1. REFRENTADO UNIDADES DE MAMPOSTERÍA.

### Objetivo.

La siguiente metodología de ensayo tiene por objeto realizar el refrentado o alineación de las unidades de mampostería para ser sometidas a esfuerzos de compresión en la máquina universal.

### Principio del Método.

Realizar una capa superficial en las unidades de mampostería en la máquina de refrentado (ver Figura 1), el cual garantiza una superficie de contacto perfectamente lisa de 3 mm de espesor (ver Figura 2) y total paralelismo en las caras de carga para asegurar que no se presente concentración de esfuerzos en la pieza, como lo exige la Norma Técnica Colombiana.



Figura 1. Máquina Refrentado



Figura 2. Unidad Refrentada

### Equipo

- Sistema Refrentador.
- Balanza.
- Toalla o lanilla.
- Balde para mezclar.
- Probeta.
- Espátulas.
- Platinas para ajuste de unidad de mampostería o concreto.
- Filtros de papel mantequilla tamaño de la unidad.

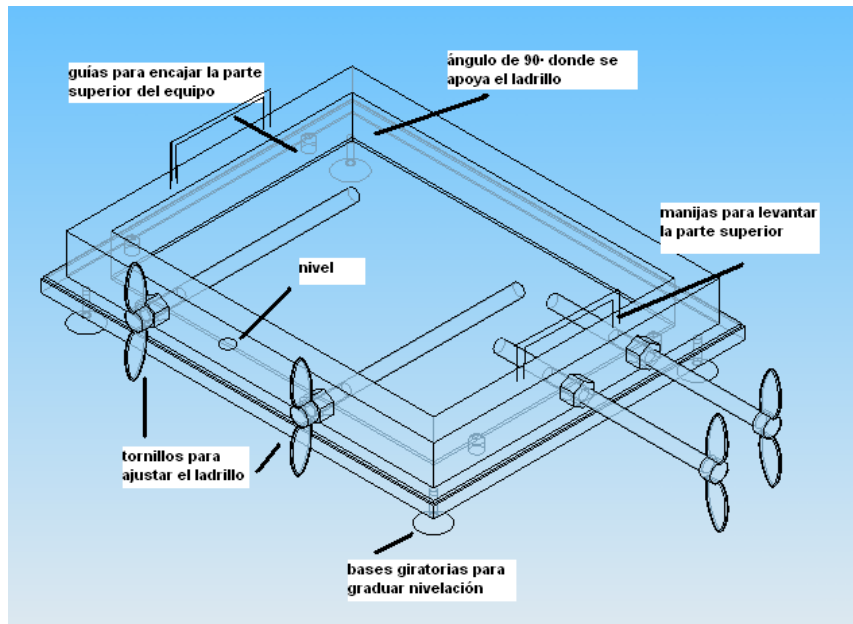


Figura 3. Máquina Refrentado y sus Partes

### Preparación de las Piezas

El proceso de refrentado se realiza a unidades de mampostería o concreto que tengan irregularidades que se puede considerar alteren el resultado del ensayo a que se va a someter la pieza.

El ladrillo debe tener sus superficies secas y frías, con el fin de garantizar una buena adherencia del material de refrentado y la pieza.

### Procedimiento

- Limpiar el aparato.
- Nivelar el aparato.
- Ajustar la unidad guiándose del ángulo de 90 grados (ver Figura 4).



Figura 4. Ajuste del ángulo de 90° de la unidad.

- Retirar la unidad ajustada a la parte superior del aparato (ver Figura 5.).



Figura 5. Unidad Ajustada Parte Superior Aparato

- Limpiar de nuevo la base del aparato.
- Colocar el filtro de papel mantequilla húmedo totalmente estirado (sin burbujas de aire, ni arrugas) (ver figura 6).
- Colocar la lámina de acero de 3mm de espesor en el borde del papel mantequilla como guía del tamaño de la unidad a refrentar (ver figura 6).



Figura 6. Papel Filtro y Lámina de Acero límite.

- Preparar la mezcla de yeso-caolín apropiada para el tipo de unidad a ensayar hasta encontrar una mezcla de color homogéneo, según las Normas Técnicas Colombianas.
- Vertir la mezcla sobre el filtro de papel y enrasar la capa de pasta con las guías de 3 mm, como se observa en la Figura 7.



Figura 7. Mezcla Enrasada Equipo.

- Pisar la mezcla con la parte superior del equipo refrentador con la unidad ajustada.
- Esperar 2 o 3 minutos mientras se seca la pasta y soltar la unidad del equipo.
- Cortar con espátula la pasta sobrante y retirar el ladrillo deslizándolo suavemente sobre la base.
- Repetir el mismo procedimiento para la otra cara de la unidad.

**Normas Referencia.**

NTC 504. Refrentado de Cilindros de Hormigón.

NTC 3495 Ingeniería Civil y Arquitectura Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería.

NTC 4205 Ingeniería Civil y Arquitectura Unidades de Mampostería de Arcilla Cocida. Ladrillos y Bloques Cerámicos.

I.N.V.E – 403 – 07 Refrentado de Cilindros de Concreto

ANEXO 2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MEZCLA YESO - CAOLÍN.

**Muestra 40% Yeso – 60% Caolín.**

MUESTRA #	AREA (cm2)	RESISTENCIA lb/Fza	Fza (N)	A (mm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (MPa)	Dist. Normal
12	26,52	1728	7686,53	2652	2,90	0,26
10	26,52	1842	8193,62	2652	3,09	0,31
13	26,01	1811	8055,73	2601	3,10	0,31
26	25,5	1788	7953,42	2550	3,12	0,32
4	26,52	1891	8411,59	2652	3,17	0,33
6	26,52	1898	8442,72	2652	3,18	0,33
14	25	1803	8020,14	2500	3,21	0,34
3	26,52	1917	8527,24	2652	3,22	0,34
16	26,52	1935	8607,31	2652	3,25	0,35
1	26,01	1927	8571,72	2601	3,30	0,36
8	25,5	1893	8420,48	2550	3,30	0,36
25	26,01	1958	8709,62	2601	3,35	0,37
2	25	1889	8402,69	2500	3,36	0,37
11	25	1928	8576,17	2500	3,43	0,38
23	25	1937	8616,21	2500	3,45	0,39
24	26,01	2025	9007,65	2601	3,46	0,39
15	26,01	2050	9118,85	2601	3,51	0,40
29	26,52	2092	9305,68	2652	3,51	0,40
22	26,52	2120	9430,23	2652	3,56	0,40
5	25	2007	8927,58	2500	3,57	0,40
9	25,5	2104	9359,06	2550	3,67	0,41
7	26,01	2257	10039,64	2601	3,86	0,42
27	26,52	2414	10738,01	2652	4,05	0,41
18	25	2289	10181,98	2500	4,07	0,41
21	26,01	2714	12072,47	2601	4,64	0,29
20	26,52	3197	14220,96	2652	5,36	0,12
28	26,52	3211	14283,24	2652	5,39	0,11
19	26,52	3374	15008,30	2652	5,66	0,07
17	25	3281	14594,62	2500	5,84	0,05
30	26,01	3789	16854,31	2601	6,48	0,01

**Muestra 50% Yeso – 50% Caolín.**

MUESTRA #	AREA (cm2)	RESISTENCIA lb/Fza	Fza (N)	A (mm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (MPa)	Dist. Normal
4	27,04	1879	8358,21	2704	3,09	0,08
7	26,52	1914	8513,90	2652	3,21	0,10
29	26,52	1985	8829,72	2652	3,33	0,13
12	26,52	1987	8838,62	2652	3,33	0,13
13	26,01	2085	9274,54	2601	3,57	0,19
1	26,01	2234	9937,33	2601	3,82	0,27
2	26,52	2307	10262,05	2652	3,87	0,29
11	25	2314	10293,18	2500	4,12	0,36
8	25	2324	10337,67	2500	4,14	0,37
30	26,52	2713	12068,03	2652	4,55	0,45
6	26,52	2745	12210,37	2652	4,60	0,46
24	26,01	2719	12094,71	2601	4,65	0,46
10	25	2648	11778,89	2500	4,71	0,46
21	26,01	2783	12379,40	2601	4,76	0,46
22	27,04	2907	12930,98	2704	4,78	0,46
15	25	2745	12210,37	2500	4,88	0,45
9	25,5	2802	12463,92	2550	4,89	0,45
20	26,52	2921	12993,26	2652	4,90	0,45
3	26,52	2937	13064,43	2652	4,93	0,44
18	25	2780	12366,06	2500	4,95	0,44
23	25	2839	12628,50	2500	5,05	0,42
28	26,52	3108	13825,07	2652	5,21	0,39
19	27,04	3272	14554,58	2704	5,38	0,34
14	25	3047	13553,73	2500	5,42	0,33
17	25	3114	13851,76	2500	5,54	0,29
16	25	3218	14314,38	2500	5,73	0,23
5	25	3294	14652,44	2500	5,86	0,19
27	26,52	3589	15964,67	2652	6,02	0,15
25	26,01	3521	15662,19	2601	6,02	0,15
26	25,5	3452	15355,26	2550	6,02	0,15



**Muestra 60% Yeso – 40% Caolín.**

<b>MUESTRA #</b>	<b>AREA (cm2)</b>	<b>RESISTENCIA lb/Fza</b>	<b>Fza (N)</b>	<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa)</b>	<b>Dist. Normal</b>
21	25	1987	8838,62	2500	3,54	0,09
18	26,01	2321	10324,32	2601	3,97	0,20
11	26,01	2385	10609,01	2601	4,08	0,23
9	25	2321	10324,32	2500	4,13	0,24
7	26,01	2461	10947,07	2601	4,21	0,26
10	26,01	2521	11213,97	2601	4,31	0,29
14	26,01	2559	11383,00	2601	4,38	0,31
6	26,01	2613	11623,20	2601	4,47	0,34
23	26,01	2791	12414,99	2601	4,77	0,41
15	26,01	2807	12486,16	2601	4,80	0,41
12	25,5	2797	12441,68	2550	4,88	0,42
20	26,01	2855	12699,67	2601	4,88	0,43
8	25,5	2805	12477,26	2550	4,89	0,43
17	25,5	2810	12499,50	2550	4,90	0,43
16	25	2785	12388,30	2500	4,96	0,43
13	25,5	2908	12935,43	2550	5,07	0,44
4	25	2875	12788,64	2500	5,12	0,44
1	26,01	3011	13393,60	2601	5,15	0,44
19	25,5	2977	13242,36	2550	5,19	0,44
28	25	2951	13126,70	2500	5,25	0,44
5	25	2952	13131,15	2500	5,25	0,44
29	25,5	3082	13709,42	2550	5,38	0,42
2	25	3076	13682,73	2500	5,47	0,41
25	26,01	3219	14318,83	2601	5,51	0,40
30	26,01	3237	14398,89	2601	5,54	0,40
22	25,5	3428	15248,50	2550	5,98	0,28
3	26,01	3785	16836,52	2601	6,47	0,14
27	26,01	3816	16974,41	2601	6,53	0,13
24	26,01	4037	17957,47	2601	6,90	0,06
26	25,5	4418	19652,24	2550	7,71	0,01

**Muestra 70% Yeso – 30% Caolín.**

MUESTRA #	AREA (cm2)	RESISTENCIA (KN)	Fza (N)	A (mm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (MPa)	Dist. Normal
3	26,01	14,5	14500,00	2601	5,57	0,21
19	26,01	14,6	14600,00	2601	5,61	0,22
2	26,52	14,9	14900,00	2652	5,62	0,22
17	25	14,4	14400,00	2500	5,76	0,26
23	25	14,4	14400,00	2500	5,76	0,26
28	26,52	15,3	15300,00	2652	5,77	0,26
26	25,5	14,9	14900,00	2550	5,84	0,28
18	26,52	15,7	15700,00	2652	5,92	0,30
1	26,01	15,4	15400,00	2601	5,92	0,30
9	25,5	15,1	15100,00	2550	5,92	0,30
25	26,01	15,8	15800,00	2601	6,07	0,34
24	26,52	16,3	16300,00	2652	6,15	0,36
11	26,01	16,1	16100,00	2601	6,19	0,37
22	26,52	17,2	17200,00	2652	6,49	0,41
5	25	16,4	16400,00	2500	6,56	0,42
21	26,01	17,1	17100,00	2601	6,57	0,42
27	25	16,5	16500,00	2500	6,60	0,42
20	26,52	18,2	18200,00	2652	6,86	0,42
12	26,52	18,4	18400,00	2652	6,94	0,41
10	26,01	18,1	18100,00	2601	6,96	0,41
30	26,52	18,7	18700,00	2652	7,05	0,39
6	25	18,1	18100,00	2500	7,24	0,36
8	25,5	18,8	18800,00	2550	7,37	0,33
15	25	18,6	18600,00	2500	7,44	0,31
7	26,01	19,4	19400,00	2601	7,46	0,30
16	26,52	20	20000,00	2652	7,54	0,28
29	26,01	19,7	19700,00	2601	7,57	0,27
13	26,52	21,4	21400,00	2652	8,07	0,15
4	26,52	22,9	22900,00	2652	8,63	0,05
14	25	23,3	23300,00	2500	9,32	0,01

### ANEXO 3. DIMENSIONES DE LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA

#### **Bloque H – 10 Empresa A.**

<b>MUESTRA</b>	<b>LARGO (cm)</b>	<b>ANCHO (cm)</b>	<b>ORIFICIO 1 (cm)</b>	<b>ORIFICIO 2 (cm)</b>	<b>ORIFICIO 3 (cm)</b>	<b>ORIFICIO PROM (cm)</b>
13	31,3	9,1	3	3	3,1	3,033333333
6	31,7	9,2	3	2,9	2,9	2,933333333
29	30,9	9,2	3	3	3,1	3,033333333
2	30,5	9,4	3,1	3	3	3,033333333
21	30,9	9,2	3	3	3	3
9	30,2	9,2	3,1	3	3	3,033333333
26	31,1	9,5	3	2,9	3,1	3
25	30,5	9,4	3,2	3,1	3	3,1
3	31,4	9,4	3,1	2,9	2,9	2,966666667
18	30,5	9,1	3,1	3,1	3,1	3,1
17	30,9	9,3	2,9	2,9	3,1	2,966666667
27	30,5	9,3	3,1	3	3	3,033333333
7	30,7	9,3	3	3	3,1	3,033333333
5	30,8	9,3	3,1	3	3	3,033333333
16	30,9	9,2	3,1	3,1	2,7	2,966666667
10	30,5	9,3	3	3	3,1	3,033333333
24	30,9	9,2	3	2,9	3,1	3
28	31	9,2	2,9	3,1	3	3
23	31,1	9,2	3,1	3,1	3	3,066666667
14	31,9	9,3	3,1	3,1	2,9	3,033333333
4	31	9,4	3	2,9	3	2,966666667
20	30,5	9,2	2,9	3	3	2,966666667
19	30,3	9,4	3	2,9	3	2,966666667
11	30,6	9,2	3,1	3,1	3,1	3,1
30	30,5	9,3	3	3	3	3
12	31,2	9	2,9	3	3,1	3
8	30,7	9,2	3	3,1	3,1	3,066666667
1	31	9,3	3	2,8	3,1	2,966666667
22	30,6	9,2	3,1	3,1	3,1	3,1
15	30,5	9,2	3,1	3,1	2,9	3,033333333

**Bloque H – 15 Empresa A.**

<b>MUESTRA</b>	<b>LARGO (cm)</b>	<b>ANCHO (cm)</b>	<b>ORIFICIO 1 (cm)</b>	<b>ORIFICIO 2 (cm)</b>	<b>ORIFICIO 3 (cm)</b>	<b>ORIFICIO PROM (cm)</b>
7	30,7	14,8	5,5	5,5	5,4	5,466666667
12	30,6	14,4	5,6	5,4	5,6	5,533333333
4	31	14,2	5,3	5,6	5,5	5,466666667
22	31,3	14,1	5,5	5,7	5,4	5,533333333
6	30,7	14,8	5,6	5,5	5,5	5,533333333
30	31,3	14,8	5,5	5,4	5,5	5,466666667
2	30,4	14,3	5,5	5,4	5,6	5,5
14	30,9	14,1	5,5	5,4	5,4	5,433333333
5	30,6	14,2	5,6	5,6	5,5	5,566666667
10	31,1	14,2	5,5	5,5	5,4	5,466666667
15	30,9	14,2	5,4	5,4	5,5	5,433333333
11	30,7	14,5	5,5	5,6	5,4	5,5
29	31,7	14,4	5,6	5,4	5,5	5,5
1	30,9	14,3	5,4	5,4	5,6	5,466666667
9	30,6	14,2	5,5	5,5	5,4	5,466666667
3	30,8	14	5,6	5,7	5,6	5,633333333
13	30,8	14,5	5,6	5,5	5,4	5,5
8	30,9	14,4	5,4	5,4	5,5	5,433333333
16	30,5	14	5,6	5,4	5,4	5,466666667
27	30,5	14	5,4	5,5	5,6	5,5
26	30,6	14,2	5,4	5,5	5,5	5,466666667
28	31,2	14,3	5,6	5,4	5,5	5,5
24	30,8	14,4	5,5	5,6	5,5	5,533333333
21	30,8	14,5	5,4	5,4	5,5	5,433333333
18	30,9	14,2	5,4	5,4	5,4	5,4
23	30,4	14,2	5,6	5,4	5,5	5,5
17	30,7	14,2	5,5	5,5	5,5	5,5
20	30,2	14,3	5,7	5,5	5,5	5,566666667
19	30,2	14,3	5,4	5,6	5,4	5,466666667
25	30,9	14,4	5,5	5,5	5,4	5,466666667

**Bloque H-10 Empresa B**

<b>MUESTRA</b>	<b>LARGO (cm)</b>	<b>ANCHO (cm)</b>	<b>ORIFICIO 1 (cm)</b>	<b>ORIFICIO 2 (cm)</b>	<b>ORIFICIO 3 (cm)</b>	<b>ORIFICIO PROM (cm)</b>
16	30	9,8	3,2	3,3	3,3	3,266666667
10	30	10	3,3	3,3	3,2	3,266666667
2	30	10	3,2	3,3	3,3	3,266666667
13	30	10	3,3	3,3	3,3	3,3
30	30	9,8	3,3	3,2	3,3	3,266666667
5	30	9,9	3,2	3,3	3,2	3,233333333
17	30	9,9	3,3	3,2	3,3	3,266666667
9	30	9,9	3,3	3,3	3,3	3,3
25	29,9	9,8	3,2	3,3	3,3	3,266666667
12	29,9	9,9	3,2	3,3	3,2	3,233333333
11	30	10	3,2	3,2	3,3	3,233333333
26	30	9,9	3,3	3,3	3,2	3,266666667
22	30	9,8	3,2	3,2	3,3	3,233333333
27	30	9,9	3,3	3,2	3,4	3,3
6	30,1	9,8	3,3	3,3	3,2	3,266666667
18	30	9,7	3,4	3,2	3,2	3,266666667
3	30	10	3,3	3,3	3,3	3,3
19	30,1	10	3,2	3,3	3,3	3,266666667
23	30	9,7	3,3	3,2	3,2	3,233333333
24	29,9	9,8	3,4	3,2	3,3	3,3
4	30	10	3,2	3,2	3,3	3,233333333
21	30	9,8	3,3	3,3	3,2	3,266666667
28	30	9,8	3,3	3,3	3,3	3,3
1	30	9,9	3,2	3,2	3,3	3,233333333
8	30,1	9,8	3,2	3,3	3,2	3,233333333
29	30,1	9,8	3,2	3,3	3,2	3,233333333
14	30	9,8	3,2	3,2	3,3	3,233333333
20	30	9,9	3,3	3,3	3,3	3,3
15	30	9,7	3,2	3,4	3,3	3,3
7	30	9,9	3,3	3,2	3,2	3,233333333

**Bloque H – 15 Empresa B.**

<b>MUESTR A</b>	<b>LARGO (cm)</b>	<b>ANCHO (cm)</b>	<b>ORIFICIO 1 (cm)</b>	<b>ORIFICIO 2 (cm)</b>	<b>ORIFICIO 3 (cm)</b>	<b>ORIFICIO PROM (cm)</b>
20	30	14,9	5,7	5,4	5,5	5,533333333
22	30,1	14,8	5,6	5,7	5,5	5,6
3	30	14,9	5,4	5,5	5,6	5,5
21	30	14,8	5,4	5,6	5,6	5,533333333
8	30	14,7	5,7	5,4	5,6	5,566666667
10	30,1	15	5,6	5,7	5,4	5,566666667
6	30	14,8	5,6	5,5	5,6	5,566666667
23	29,9	14,8	5,5	5,6	5,5	5,533333333
29	30,1	14,8	5,6	5,4	5,6	5,533333333
4	30,1	14,8	5,6	5,6	5,5	5,566666667
28	30	14,7	5,5	5,4	5,6	5,5
12	30	14,8	5,7	5,4	5,5	5,533333333
19	30,1	14,8	5,4	5,6	5,7	5,566666667
2	30,1	15	5,4	5,6	5,6	5,533333333
1	30	14,9	5,6	5,4	5,6	5,533333333
16	30,1	14,8	5,6	5,7	5,5	5,6
24	30	14,9	5,5	5,5	5,6	5,533333333
9	30	14,8	5,5	5,5	5,6	5,533333333
5	30	14,9	5,6	5,6	5,4	5,533333333
14	30	14,8	5,6	5,4	5,5	5,5
25	30	14,9	5,6	5,5	5,4	5,5
26	30,1	14,9	5,6	5,7	5,5	5,6
13	30	14,8	5,6	5,5	5,4	5,5
15	30,1	14,9	5,4	5,6	5,6	5,533333333
7	30,2	14,8	5,6	5,4	5,4	5,466666667
11	29,9	14,9	5,6	5,6	5,5	5,566666667
30	30	14,9	5,6	5,5	5,5	5,533333333
17	30	14,9	5,5	5,6	5,5	5,533333333
18	30	15	5,4	5,6	5,5	5,5
27	30	14,8	5,4	5,6	5,6	5,533333333

**Bloque H – 10 Empresa C**

<b>MUESTRA</b>	<b>LARGO (cm)</b>	<b>ANCHO (cm)</b>	<b>ORIFICIO 1 (cm)</b>	<b>ORIFICIO 2 (cm)</b>	<b>ORIFICIO 3 (cm)</b>	<b>ORIFICIO PROM (cm)</b>
20	30	9,8	3	2,9	3	2,966666667
4	29,9	10	3	3,1	3	3,033333333
10	29,9	10	3	3,1	3	3,033333333
22	30	10	3,1	3,1	3	3,066666667
21	30,1	9,7	3	2,9	3,1	3
5	29,8	10	2,9	3	3	2,966666667
9	29,8	9,9	3	3,1	2,8	2,966666667
23	29,9	10	3,1	3	3	3,033333333
6	30	9,9	2,9	3,1	3	3
24	30	9,9	3	2,9	3	2,966666667
7	30,1	10	2,8	3	3,1	2,966666667
17	29,9	9,8	3	2,9	3	2,966666667
13	29,9	9,9	2,9	2,8	3,1	2,933333333
15	30	9,9	3,1	3	2,9	3
25	30,2	9,8	3	2,8	3,1	2,966666667
19	30,1	9,9	2,8	2,9	3	2,9
26	29,9	9,9	3,1	2,9	3	3
1	30	9,8	3,1	2,9	2,8	2,933333333
8	29,8	9,8	2,9	2,8	3,1	2,933333333
27	30	10	3	3	3	3
28	29,9	9,9	2,9	2,9	3,1	2,966666667
30	30,1	9,9	3	3	2,9	2,966666667
2	30,1	9,9	3	2,8	2,8	2,866666667
29	30	9,8	3	3,1	3	3,033333333
3	30	9,8	3,1	3	3	3,033333333
18	29,8	10	3	3,1	3,1	3,066666667
16	30	10	3,1	3,1	2,9	3,033333333
14	30	9,8	3	3	2,9	2,966666667
11	30	10	3	3	3,1	3,033333333
12	29,9	9,9	2,9	3	3	2,966666667

**Bloque H – 15 Empresa C**

<b>MUESTRA</b>	<b>LARGO (cm)</b>	<b>ANCHO (cm)</b>	<b>ORIFICIO 1 (cm)</b>	<b>ORIFICIO 2 (cm)</b>	<b>ORIFICIO 3 (cm)</b>	<b>ORIFICIO PROM (cm)</b>
6	30	14,8	5,4	5,5	5,5	5,466666667
15	30,1	15	5,4	5,6	5,4	5,466666667
7	30	15	5,6	5,4	5,4	5,466666667
5	30,1	14,9	5,4	5,6	5,5	5,5
8	30,1	15	5,4	5,6	5,6	5,533333333
12	30	14,9	5,6	5,5	5,6	5,566666667
3	30	15	5,6	5,5	5,4	5,5
18	30,1	14,7	5,6	5,4	5,4	5,466666667
21	29,7	14,8	5,5	5,6	5,5	5,533333333
22	30	14,8	5,4	5,7	5,4	5,5
11	29,8	15	5,6	5,5	5,4	5,5
16	30	14,9	5,4	5,6	5,4	5,466666667
9	29,9	14,9	5,4	5,5	5,4	5,433333333
23	30	14,8	5,5	5,6	5,5	5,533333333
24	29,9	15	5,6	5,6	5,6	5,6
13	30	14,9	5,6	5,4	5,4	5,466666667
19	29,9	14,8	5,5	5,5	5,4	5,466666667
4	30	14,8	5,4	5,4	5,5	5,433333333
1	29,9	15	5,5	5,4	5,6	5,5
25	30	15	5,5	5,5	5,4	5,466666667
14	29,9	14,8	5,4	5,6	5,4	5,466666667
2	30	14,9	5,6	5,4	5,5	5,5
26	29,8	14,9	5,5	5,5	5,4	5,466666667
28	29,9	15	5,5	5,4	5,5	5,466666667
20	29,8	14,9	5,4	5,6	5,5	5,5
27	30	15	5,4	5,5	5,6	5,5
17	30	15	5,5	5,4	5,6	5,5
29	29,8	14,9	5,6	5,5	5,5	5,533333333
30	30,1	14,8	5,5	5,4	5,6	5,5
10	30	14,8	5,6	5,5	5,4	5,5



ANEXO 4. RESULTADOS ENSAYOS COMPRESIÓN DE LADRILLOS.

**Bloque H – 10 Empresa A**

MUESTRA	AREA BRUTA (mm <sup>2</sup> )	AREA NETA (mm <sup>2</sup> )	FUERZA (KN)	$\sigma_{bruto}$ (MPa)	$\sigma_{neto}$ (MPa)	DISTRIBUCIÓN NORMAL
13	28483	9494,33333	15,7	0,55	1,65	0,0859
6	29164	10566,6667	17,9	0,61	1,69	0,1467
29	28428	9682	19,6	0,69	2,02	0,2751
2	28670	10166,6667	24,8	0,87	2,44	0,7934
21	28428	9888	24,7	0,87	2,50	0,7934
9	27784	9462,66667	26	0,94	2,75	1,0488
26	29545	10885	28	0,95	2,57	1,0848
25	28670	9760	27,4	0,96	2,81	1,1204
3	29516	10885,3333	32,3	1,09	2,97	1,4847
18	27755	8845	30,6	1,1	3,46	1,5011
17	28737	10403	33,1	1,15	3,18	1,5505
27	28365	9861,66667	33,3	1,17	3,38	1,5541
7	28551	9926,33333	34	1,19	3,43	1,5483
5	28644	9958,66667	34,4	1,2	3,45	1,5419
16	28428	10094	34,9	1,23	3,46	1,5090
10	28365	9861,66667	36	1,27	3,65	1,4355
24	28428	9888	36	1,27	3,64	1,4355
28	28520	9920	36,3	1,27	3,66	1,4355
23	28612	9537,33333	37,2	1,3	3,90	1,3608
14	29667	10314,3333	39	1,31	3,78	1,3327
4	29140	10746,6667	39	1,34	3,63	1,2406
20	28060	9963,33333	37,7	1,34	3,78	1,2406
19	28482	10504	39	1,37	3,71	1,1392
11	28152	9180	38,9	1,38	4,24	1,1039
30	28365	10065	39,3	1,39	3,90	1,0681
12	28080	9360	39,1	1,39	4,18	1,0681
8	28244	9414,66667	39,5	1,4	4,20	1,0318
1	28830	10436,6667	42,5	1,47	4,07	0,7767
22	28152	9180	41,4	1,47	4,51	0,7767
15	28060	9556,66667	41,8	1,49	4,37	0,7065

**Bloque H – 15 Empresa A**

MUESTRA	AREA BRUTA (mm <sup>2</sup> )	AREA NETA (mm <sup>2</sup> )	FUERZA (KN)	$\sigma_{bruto}$ (MPa)	$\sigma_{neto}$ (MPa)	DISTRIBUCIÓN NORMAL
7	45436	11870,6667	39,5	0,87	3,33	0,6433
12	44064	10200	38,7	0,88	3,79	0,6723
4	44020	10126,6667	39	0,89	3,85	0,7017
22	44133	9494,33333	40,2	0,91	4,23	0,7616
6	45436	11461,3333	44,8	0,99	3,91	1,0045
30	46324	12102,6667	46,9	1,01	3,88	1,0630
2	43472	10032	44,5	1,02	4,44	1,0914
14	43569	9991	45,6	1,05	4,56	1,1724
5	43452	9384	46,4	1,07	4,94	1,2219
10	44162	10159,3333	47,4	1,07	4,67	1,2219
15	43878	10300	46,8	1,07	4,54	1,2219
11	44515	10745	47,9	1,08	4,46	1,2451
29	45648	10778	50,6	1,11	4,69	1,3074
1	44187	10403	49,5	1,12	4,76	1,3255
9	43452	9996	48,5	1,12	4,85	1,3255
3	43120	8418,66667	48,8	1,13	5,80	1,3422
13	44660	10780	50,3	1,13	4,67	1,3422
8	44496	10918	52,6	1,18	4,82	1,4017
16	42700	9353,33333	51	1,19	5,45	1,4086
27	42700	9150	51,8	1,21	5,66	1,4170
26	43452	9996	57,8	1,33	5,78	1,3208
28	44616	10296	60,9	1,36	5,91	1,2614
24	44352	10266,6667	61,6	1,39	6,00	1,1910
21	44660	11190,6667	63,8	1,43	5,70	1,0839
18	43878	10506	63	1,44	6,00	1,0553
23	43168	9728	68,9	1,6	7,08	0,5794
17	43594	9824	70,1	1,61	7,14	0,5521
20	43186	9563,33333	73,4	1,7	7,68	0,3379
19	43186	10167,3333	78,2	1,81	7,69	0,1614
25	44496	10712	86,5	1,94	8,08	0,0553

**Bloque H – 10 Empresa B**

MUESTRA	AREA BRUTA (mm <sup>2</sup> )	AREA NETA (mm <sup>2</sup> )	FUERZA (KN)	$\sigma_{bruto}$ (MPa)	$\sigma_{neto}$ (MPa)	DISTRIBUCIÓN NORMAL
16	29400	9800	28,8	0,98	2,94	0,1639
10	30000	10400	31,7	1,06	3,05	0,5045
2	30000	10400	33	1,1	3,17	0,7945
13	30000	10200	33,5	1,12	3,28	0,9705
30	29400	9800	33,8	1,15	3,45	1,2667
5	29700	10300	36	1,21	3,50	1,9110
17	29700	10100	36,7	1,24	3,63	2,2090
9	29700	9900	37	1,25	3,74	2,2975
25	29302	9767,33333	37	1,26	3,79	2,3788
12	29601	10265,6667	38,5	1,3	3,75	2,6138
11	30000	10600	39,5	1,32	3,73	2,6669
26	29700	10100	39,3	1,32	3,89	2,6669
22	29400	10000	39,2	1,33	3,92	2,6757
27	29700	9900	39,9	1,34	4,03	2,6725
6	29498	9832,66667	39,8	1,35	4,05	2,6573
18	29100	9500	39,4	1,35	4,15	2,6573
3	30000	10200	41,1	1,37	4,03	2,5919
19	30100	10434,6667	41,2	1,37	3,95	2,5919
23	29100	9700	39,9	1,37	4,11	2,5919
24	29302	9568	40,2	1,37	4,20	2,5919
4	30000	10600	41,8	1,39	3,94	2,4831
21	29400	9800	41,7	1,42	4,26	2,2511
28	29400	9600	41,9	1,43	4,36	2,1592
1	29700	10300	43	1,45	4,17	1,9598
8	29498	10033,3333	43	1,46	4,29	1,8546
29	29498	10033,3333	43,1	1,46	4,30	1,8546
14	29400	10000	44	1,5	4,40	1,4218
20	29700	9900	44,9	1,51	4,54	1,3155
15	29100	9300	44,9	1,54	4,83	1,0142
7	29700	10300	49	1,65	4,76	0,2764

**Bloque H – 15 Empresa B**

MUESTRA	AREA BRUTA (mm <sup>2</sup> )	AREA NETA (mm <sup>2</sup> )	FUERZA (KN)	$\sigma_{bruto}$ (MPa)	$\sigma_{neto}$ (MPa)	DISTRIBUCIÓN NORMAL
20	44700	11500	35	0,78	3,04	0,5726
22	44548	10836	36	0,81	3,32	0,7381
3	44700	11700	37,8	0,85	3,23	0,9932
21	44400	11200	38,4	0,86	3,43	1,0617
8	44100	10700	38,3	0,87	3,58	1,1317
10	45150	11638,6667	39,7	0,88	3,41	1,2027
6	44400	11000	40	0,9	3,64	1,3462
23	44252	11162,6667	40,3	0,91	3,61	1,4179
29	44548	11237,3333	42,9	0,96	3,82	1,7580
4	44548	11036,6667	43,3	0,97	3,92	1,8190
28	44100	11100	42,7	0,97	3,85	1,8190
12	44400	11200	43,8	0,99	3,91	1,9300
19	44548	11036,6667	45	1,01	4,08	2,0236
2	45150	11839,3333	45,9	1,02	3,88	2,0629
1	44700	11500	47,5	1,06	4,13	2,1625
16	44548	10836	47,4	1,06	4,37	2,1625
24	44700	11500	48,7	1,09	4,23	2,1715
9	44400	11200	49,6	1,12	4,43	2,1230
5	44700	11500	52,8	1,18	4,59	1,8727
14	44400	11400	52,4	1,18	4,60	1,8727
25	44700	11700	53,7	1,2	4,59	1,7539
26	44849	11137	54,5	1,22	4,89	1,6231
13	44400	11400	56	1,26	4,91	1,3414
15	44849	11538,3333	56,5	1,26	4,90	1,3414
7	44696	11677,3333	56,7	1,27	4,86	1,2695
11	44551	11262,3333	56,9	1,28	5,05	1,1979
30	44700	11500	58,7	1,31	5,10	0,9886
17	44700	11500	59,7	1,34	5,19	0,7944
18	45000	12000	61,8	1,37	5,15	0,6215
27	44400	11200	62,8	1,41	5,61	0,4297

**Bloque H – 10 Empresa C**

MUESTRA	AREA BRUTA (mm <sup>2</sup> )	AREA NETA (mm <sup>2</sup> )	FUERZA (KN)	$\sigma_{bruto}$ (MPa)	$\sigma_{neto}$ (MPa)	DISTRIBUCIÓN NORMAL
20	29400	11600	51,4	1,75	4,43	0,1712
4	29900	11760,6667	54,7	1,83	4,65	0,2527
10	29900	11760,6667	58,2	1,95	4,95	0,4155
22	30000	11600	60,8	2,03	5,24	0,5462
21	29197	11137	59,7	2,04	5,36	0,5633
5	29800	12118,6667	62,8	2,11	5,18	0,6855
9	29502	11820,6667	63	2,14	5,33	0,7376
23	29900	11760,6667	64,3	2,15	5,47	0,7547
6	29700	11700	64,1	2,16	5,48	0,7717
24	29700	11900	67,5	2,27	5,67	0,9395
7	30100	12240,6667	70,2	2,33	5,73	1,0081
17	29302	11561,3333	68,7	2,34	5,94	1,0174
13	29601	12059,6667	70,4	2,38	5,84	1,0479
15	29700	11700	72,5	2,44	6,2	1,0718
25	29596	11677,3333	72,6	2,45	6,22	1,0732
19	29799	12341	73,1	2,45	5,92	1,0732
26	29601	11661	75,2	2,54	6,45	1,0503
1	29400	11800	75	2,55	6,36	1,0440
8	29204	11721,3333	75,6	2,59	6,45	1,0119
27	30000	12000	78,5	2,62	6,54	0,9809
28	29601	11860,3333	78,8	2,66	6,64	0,9316
30	29799	11939,6667	81,3	2,73	6,81	0,8278
2	29799	12541,6667	81,4	2,73	6,49	0,8278
29	29400	11200	80,4	2,73	7,18	0,8278
3	29400	11200	82,3	2,8	7,35	0,7099
18	29800	11522,6667	87,8	2,95	7,62	0,4532
16	30000	11800	90	3	7,63	0,3764
14	29400	11600	89,4	3,04	7,71	0,3202
11	30000	11800	91,3	3,04	7,74	0,3202
12	29601	11860,3333	90,7	3,06	7,65	0,2940

**Bloque H – 15 Empresa C**

MUESTRA	AREA BRUTA (mm <sup>2</sup> )	AREA NETA (mm <sup>2</sup> )	FUERZA (KN)	$\sigma_{bruto}$ (MPa)	$\sigma_{neto}$ (MPa)	DISTRIBUCIÓN NORMAL
6	44400	11600	41,6	0,94	3,6	0,2714
15	45150	12240,6667	44,2	0,98	3,6	0,3704
7	45000	12200	48,8	1,08	4	0,7104
5	44849	11739	48,7	1,09	4,1	0,7507
8	45150	11839,3333	50,7	1,12	4,3	0,8763
12	44700	11300	51,1	1,14	4,5	0,9627
3	45000	12000	52,6	1,17	4,4	1,0937
18	44247	11337,6667	53	1,2	4,7	1,2225
21	43956	11088	57	1,3	5,1	1,5753
22	44400	11400	58,7	1,32	5,1	1,6217
11	44700	11920	60,3	1,35	5,1	1,6711
16	44700	11900	60,7	1,36	5,1	1,6818
9	44551	12059,6667	60,5	1,36	5	1,6818
23	44400	11200	60,5	1,36	5,4	1,6818
24	44850	11362	61,2	1,36	5,4	1,6818
13	44700	11900	61,9	1,38	5,2	1,6942
19	44252	11561,3333	62,1	1,4	5,4	1,6944
4	44400	11800	64,5	1,45	5,5	1,6422
1	44850	11960	65,2	1,45	5,5	1,6422
25	45000	12200	66,4	1,48	5,4	1,5770
14	44252	11561,3333	65,3	1,48	5,6	1,5770
2	44700	11700	68,1	1,52	5,8	1,4568
26	44402	11820,6667	67,8	1,53	5,7	1,4218
28	44850	12159,3333	70,9	1,58	5,8	1,2253
20	44402	11622	70,3	1,58	6	1,2253
27	45000	12000	71,5	1,59	6	1,1829
17	45000	12000	76,4	1,7	6,4	0,7131
29	44402	11423,3333	78,6	1,77	6,9	0,4611
30	44548	11438	80,7	1,81	7,1	0,3454
10	44400	11400	82,7	1,86	7,3	0,2311