



Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Construcción Civil

ENSAYOS EN ALBAÑILERÍA DE BLOQUE Y TABLEROS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN DE ASERRÍN

Tesis para optar al título de
Ingeniero Constructor

Profesor Patrocinante: Sr. José Arrey Díaz.
Constructor Civil

Germán Alexis Hermosilla Hernández
VALDIVIA – CHILE
2006

Dedicada a Julie y mi hijo Benjamín.

AGRACECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a mi familia que han estado conmigo incondicionalmente a lo largo de esta carrera, gracias por su incansable sacrificio y apoyo durante estos años de vida universitaria.

Julie sin tu apoyo este logró aún no se habría hecho realidad, gracias por todo.

Tía Ester gracias por considerarme como un hijo.

Agradezco además a mi profesor guía don José Arrey, al personal del Laboratorio LEMCO en especial a Marcelo y Leo por su ayuda y orientación en el desarrollo de mi tesis.

A mis amigos, Juan, Álvaro, Roberto, Pedro, Jorge G, Jorge M, Eduardo, y Luis. por su ayuda y apoyo.

A todos ellos MUCHAS GRACIAS.

INDICE

Pág.

RESUMEN.

SUMMARY.

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. Marco Teórico.....	1
1.2. Rubro Aserraderos.....	3
1.3. Disponibilidad de Aserrín.....	5

CAPITULO II: PLANIFICACIÓN GENERAL DE LA EXPERIENCIA

2.1 Descripción de la Experiencia.....	6
2.2. Materiales utilizados en la fabricación de bloques.....	8
2.2.1 Cemento.....	8
2.2.2. Aserrín.....	9
2.2.2.1 Granulometrías.....	9
2.2.3 2 Cal.....	12

CAPITULO III: DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

3.1. Dosificación de Hormigones.....	13
3.1.1. Resistencia y Densidades de Referencia.....	13
3.2. Confección de Bloques.....	14

3.2.1. Orden de incorporación de los Materiales a la Mezcladora.....	14
3.3 Confección de Murete de Albañilería.....	19
3.3.1. Construcción del Murete.....	19
3.3.1.1. Dimensiones del Murete.....	19
3.3.1.2. Dosificación del Mortero.....	19
3.3.2. Curado de los Muretes.....	22
3.3.3. Medición del Murete.....	22
3.4. Confección Probetas Ensayo Compresión.....	23
3.4.1 Dimensión del Prisma.....	23
3.4.2. Construcción Y Curado de los Prismas.....	23
3.4.3 Medición del Prisma.....	23
3.5. Ensayos de Adherencia.....	24
3.6. Fabricación de Tableros Prefabricado de Hormigón de Aserrín.....	25

CAPITULO IV: ENSAYOS.

4.1. Ensayo de Bloques.....	26
4.1.1 Ensayos de Compresión.....	26
4.1.1. Ensayos de Adherencia.....	30
4.2. Ensayos de Albañilería.....	31
4.2.1 Aparatos.....	31
4.2.2. Ensayo de Murete de Albañilería.....	34
4.2.2.1 Procedimiento para Realizar los Ensayos.....	34
4.2.3. Ensayo de Prisma de Albañilería.....	37

CAPITULO V. RESULTADOS Y GRAFICOS PRINCIPALES.

5.1. Generalidades.....	39
5.2. Resultados Ensayos de Mortero de Pega.....	39
5.3 Resultado de Ensayo a Bloques.....	40
5.6. Resultados Ensayos de Adherencia.....	41
5.4. Resultado de Ensayo a Prismas de Albañilería.....	42
5.4.1. Tablas y Gráficos de Fuerza V/S Deformación.....	42
5.4.2. Tablas y Gráficos de Resistencia Prismática.....	48
5.5. Resultado de Ensayo Muretes de Albañilería.....	49
5.5.1. Tablas y Gráficos de Fuerza V/S Deformación.....	49
5.5.2. Tablas y Gráficos de Resistencia de Corte Básica Muretes de Albañilería.....	55

CAPITULO VI: OBSERVACIONES.

6.1. Observaciones Generales.....	57
-----------------------------------	----

CAPITULO VII: CONCLUSION.

7.1. Conclusiones Generales.....	62
7.2. Conclusiones Relativas a Los Resultados Obtenidos.....	63
7.3. Conclusiones Finales.....	64

BIBLIOGRAFÍA.....	65
--------------------------	-----------

INTRODUCCIÓN.

El consumo de los productos forestales en el mundo ha experimentado una notable alza en las últimas décadas. Este aumento de la demanda, sumado a los costos de producción cada vez más altos con la que opera las industrias, esto se debe principalmente al aumento de los costos energéticos y la implementación de políticas ambientales, lo que trae consigo la necesidad cada vez más imperiosa, de llevar a cabo un aprovechamiento integral de los recursos que de él se extrae.

Una de las industrias donde se generan grandes cantidades de desechos, potencialmente aprovechables, es la industria de aserrío. Este material residual esta conformado por corteza, tapas, cantoneras, despuntes y aserrín.

En nuestro país, la industrialización de este tipo de desechos está lejos de llevarse a cabo en forma integral, empleándose principalmente como combustible para alimentar calderas anexas a las mismas industrias. De estos materiales residuales el aserrín es el que se ha utilizado en menor cantidad, existiendo una gran variedad de alternativas para su utilización, como en la fabricación de tableros de partículas, elaboración de briquetas, en la confección de bloques y paneles a base de madera–cemento, entre otros.

En el presente trabajo, se continúa con la investigación de la tesis presentada para optar al título de ingeniero constructor en abril del 2004 por el Sr. Luís Eduardo Garcés Riffo. “Hormigón de Aserrín”, en la cual se logro determinar resistencias, dosificaciones y procedimientos de trabajo.

Este estudio pretende demostrar que el hormigón de aserrín es utilizable para confeccionar una serie de estructuras más complejas.

Una de estas estructuras es la albañilería en bloques, con la cual se procederá al estudio de resistencia por medio de la construcción y posterior ensayo, a través de muretes, prismas y probetas para ensayos de adherencia.

Luego, se procederá al estudio y confección de tableros de hormigón de aserrín, con el fin de demostrar sus posibilidades constructivas y resistencia.

Finalmente, el presente trabajo en estudio pretende demostrar que nuestro país se puede construir utilizando estructuras de cemento – madera, al igual que en Europa, donde la utilización de este material a tenido muy buenos resultados, ya que estas responden a todos los principios de bioconstrucción.

OBJETIVOS.

Se procederá al estudio de las posibilidades constructivas y resistencias del hormigón de aserrín en forma de albañilería de bloques y tableros prefabricados.

Además, se observaran características de trabajabilidad y durabilidad.

Se utilizará un material natural de desecho de la región, como es el aserrín para la elaboración de hormigones.

Se controlarán las propiedades del aserrín, principalmente, granulometría y control de humedad.

RESUMEN.

Con la realización del presente estudio, se pretende determinar experimentalmente el comportamiento del hormigón de aserrín en estructuras de albañilería.

Con la intención de fabricar Muretes de albañilería, prismas de albañilería y ensayos de adherencia de acuerdo a lo estipulado en la Normas Chilenas.

Se procedió a la construcción de las diversas estructuras en albañilería, en el Laboratorio LEMCO de la Universidad Austral de Chile, y su posterior ensayo en las mismas instalaciones.

Las características del ensayo, nos permiten determinar las posibilidades constructivas, trabajabilidad y durabilidad que posee este material.

SUMMARY.

With the accomplishment of the present study, it is tried experimentally to determine the behavior of the sawdust concrete in masonry structures.

With the intention to make masonry Light walls, masonry prisms and tests of adhesion according to the stipulated thing in the Chilean Norms.

It was come to the construction of the diverse structures in masonry, Laboratory LEMCO of the Austral University of Chile, and its later test in the same facilities.

The characteristics of the test, allow to determine the constructive possibilities, trabajabilidad and durability us that east material has.

CAPITULO I

GENERALIDADES.

1.1. Marco Teorico.

La fabricación de productos a base de partículas de madera aglutinadas con cemento, se lleva a cabo desde algunos años atrás. Sin embargo en la ultimas décadas se ha acentuado el interés en investigar los mecanismos de unión y los factores que influyen en un sistema cemento - madera.

Los productos obtenidos de partículas de madera unidos con cemento, pueden ser tableros, bloques u otros tipos de productos moldeados, que posean la virtud de formar un sistema sólido, durable y resistente a la intemperie.

A estas estructuras, se les pueden dar un gran número de aplicaciones, generalmente reservadas para la madera, tableros de partículas y para el hormigón. Además estos productos adquieren en forma simultánea a su fabricación, características que los asemejan en algunos aspectos, tanto a la madera como al hormigón.

Es así, como trascurrido el tiempo de fraguado necesario, el material fabricado presenta un aspecto homogéneo y poroso, que lo hace muy adecuado para recibir las condensaciones de la humedad ambiente, estos se pueden considerar como un hormigón liviano, excelente aislante térmico, acústico, fácil de cortar con serrucho y de un comportamiento similar a la madera para ser clavados o perforados.

El hormigón de aserrín, tiene una característica que no suele ser corriente en el campo de los hormigones. La elevada retracción de las masas aglomeradas con cemento, no la hace recomendable en construcciones monolíticas in situ.

Pueden emplearse satisfactoriamente para la construcción de paredes, tabiques y en las placas de revestimiento de paredes. Mediante el prensado de productos compactos, se emplean también para productos de pavimentos.

No obstante, el aserrín contiene en su estructura gran parte de celulosa, además de azúcares solubles, ácidos, aceites, resinas, ceras y otras sustancias orgánicas en distintos grados, de acuerdo con la naturaleza de la madera de la cual se obtuvo.

Algunos de estos aserrines, tienen un efecto determinado sobre el fraguado y el endurecimiento del cemento. En el mejor de los casos esto conduce a una incertidumbre sobre las propiedades del producto, pero en el peor de ellos se puede obtener propiedades tan pobres como para ser virtualmente inservibles. Por esta razón, se han registrado muchas patentes a través de los años sobre los métodos de pretratamiento del aserrín.

Tratamiento del cemento para acelerar el fraguado, esto es, para originar que el mecanismo del fraguado se inicie antes de que la solución de ingredientes dañinos en la madera haya alcanzado una etapa en la cual el cemento se afecte.

La mayoría de los aserrines de maderas suaves, se vuelven compatibles con el cemento si se usa como aglutinante una mezcla de cemento y cal.

El hormigón de aserrín, se ha utilizado para acabados de pisos sin juntas y para ladrillos precolados para pisos; su uso en unidades de muros y techos ha tenido gran éxito en los diseños donde es posible tener una libertad de movimiento, tal como las estructuras prefabricadas a base de tableros colados entre postes.

De acuerdo a las proporciones de la mezcla en volumen se han encontrado densidades del hormigón de aserrín entre 640 y 1600 Kg. /m³, con resistencias a la compresión a los 28 días entre 18 y 352 Kg. /cm².

1.2. Rubro Aserraderos.

En la actualidad en la industria maderera nacional, se emplean todas las tecnologías de corte existentes, vale decir, desde el uso de la sierra circular más simple, hasta las técnicas de perfilado. Al mismo tiempo, esta industria se caracteriza por una alta atomización en el número de aserraderos, así como por la heterogeneidad del tamaño de las plantas, del tipo de tecnología utilizada y de la calidad de los productos finales.

Según el INFOR (Boletín Estadístico, 1999) en el año 1988 se registraron 1545 aserraderos en el país.

Del total de aserraderos antes mencionado, el 66,9% se encuentra operando (1.033 aserraderos). El porcentaje restante, equivalente a 511 unidades productivas, se encuentran paralizadas en sus funciones, producto de falta de capital de trabajo, carencia de abastecimientos, situaciones de quiebra y otras.

Las instalaciones del tipo “ móvil ” o temporales son muy predominantes con un número de unidades que asciende a las 1.149, caracterizadas básicamente por la búsqueda de materia prima y por operar frecuentemente con dificultades técnico – económicas, de abastecimiento y comercialización.

Los restantes 396 aserraderos son del tipo “permanente“, que se caracterizan por tener algún grado de mecanización e infraestructura permanente. En esta categoría, se encuentran los aserraderos de mayor rango de producción y en fase de modernización tecnológica.

En cuanto a su distribución en el territorio nacional, las regiones, VII, VIII, IX y X concentran la mayoría de las instalaciones en operación, con una participación del 86,1% del total.

1.3. Disponibilidad de Aserrín.

Los volúmenes producidos son difíciles de cuantificar, ya que es un residuo que se almacena y se vende, por lo que sus volúmenes mensuales fluctúan considerablemente, sobretodo durante los meses de invierno. Por lo demás, depende también de factores como nivel de producción, tipos de aserraderos, tecnología utilizada en el proceso, etc.

No obstante, se han desarrollado factores teóricos de generación de residuos sólidos por tonelada producida. Para el caso de aserraderos, estos factores fluctúan entre 0,05 y 0,15 toneladas de residuos sólidos por tonelada producida. En base a estos factores, se estima una generación de residuos a nivel nacional entre 228.000 y 683.000 toneladas/año.

Esta aproximación teórica no necesariamente refleja la realidad del sector. Sin embargo, entregan un dato interesante que se constituye en una primera aproximación al tema.

CAPITULO II

EXPERIENCIA.

2.1 Descripción de la Experiencia.

Previo a la construcción de probetas de ensayo para estimar el comportamiento de las albañilería, se procedió a confeccionar la cantidad necesaria de unidades de albañilería (bloques)

Previo a la construcción de probetas de ensayo para estimar el comportamiento de las albañilería, se han considerado siete etapas principales para ensayos de albañilería :

1. Acopio de materiales a utilizar. Principalmente aserrín que se obtendrá en barracas de la zona.
2. Limpieza y clasificación del aserrín según granulometría.
3. la fabricación de bloques que se utilizaran en la experiencia.
4. Se tomando muestras para controlar la calidad y resistencia de los bloques, en ensayos de compresión (según Nch 1037Of.77). y adherencia (según Nch 167.Of 54).

5. La elaboración de las probetas para los ensayos de prismas y muretes de albañilería (según Nch 1928.Of93 y Nch 2123.Of97 respectivamente).
6. Ensayos de probetas de albañilería, según a normas mencionadas en el punto 5.
7. Por ultimo, el cálculo y análisis de resultados de los ensayos realizados.

2.2. Materiales utilizados en la Fabricación de los Bloques.

2.2.1 Cemento.

Se utilizó cemento Bío Bío especial, es un cemento elaborado sobre la base de clínker, escoria básica granulada de alto horno y yeso. De acuerdo a la norma NCh 148 Of.68, se clasifica según su composición y resistencia, como cemento clase siderúrgico, grado corriente.



Foto nº 1 Cemento ocupado en ensayos.

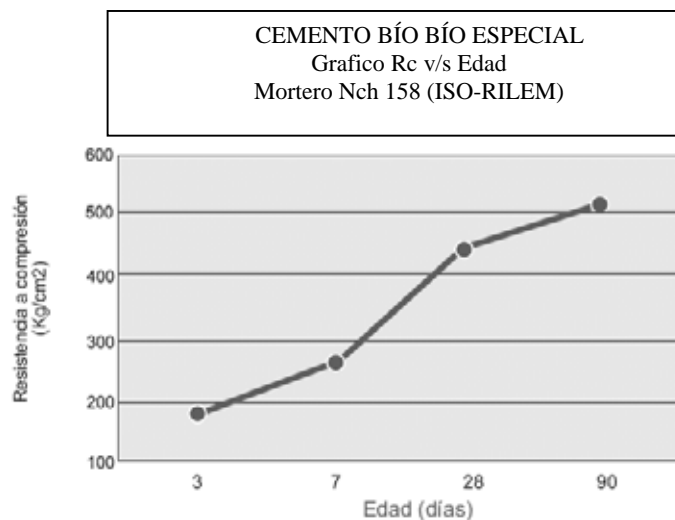


Grafico nº 1. Resistencia a la compresión v/s edad.

2.2.2 Aserrín.

Analizada la gran cantidad de aserrín de pino radiata que se desecha en aserraderos, se evaluó la utilización de éste, provenientes de distintos puntos de la zona, clasificándolo según su distribución de tamaños de partículas en cada muestra.

2.2.2.1 Granulometrías.

Como resultado de la experiencia de la tesis Hormigón de Aserrín, se obtuvo dos granulometrías, por su distribución en el tamaño de las partículas.

Los grupos constituyentes de esta clasificación fueron los siguientes:

- Aserrín fino, partículas de tamaño pequeño, iguales o inferiores a 2 mm.



Foto nº 2 Aserrín fino.

Aserrín grueso; partículas de tamaño medio, iguales o superiores a 2mm. e inferiores a 4,75mm. Correspondiente a malla nº 4.



Foto nº 3 Aserrín grueso.

MALLA ASTM		PESO RET Grs.	% RETENIDO	% RET ACUMUL	% QUE PASA
Pulg.	MM.				
1/2"	12.5	0	0	0	100
3/8"	9.5	0	0	0	100
5/16"	8.8	0	0	0	100
1/4"	6.3	0	0	0	100
4	4.75	0	0	0	100
8	2.38	0	0	0	100
10	2.0	0	0	0	100
16	1.18	15	2	2	98
30	0.60	509	59	61	39
40	0.425	204	24	85	15
50	0.30	47	5	91	9
100	0.15	72	8	99	1
200	0.08	9	1	100	0
		856	100		
RESIDUO					
SUMA		856	100		

Tabla nº 1 Granulometría aserrín fino.

MALLA ASTM		PESO RET Grs.	% RETENIDO	% RET ACUMUL	% QUE PASA
Pulg.	MM.				
1/2"	12.5	0	0	0	100
3/8"	9.5	0	0	0	100
5/16"	8.8	0	0	0	100
1/4"	6.3	0	0	0	100
4	4.75	67	7	7	93
8	2.38	291	30	36	64
10	2.0	390	40	76	24
16	1.18	166	17	93	7
30	0.60	42	4	97	3
40	0.425	16	2	99	1
50	0.30	11	1	100	0
100	0.15	0	0	100	0
200	0.08	2	0	100	0
		985	100		
RESIDUO					
SUMA		985	100		

Tabla nº 2 Granulometría aserrín grueso.

A diferencia de lo experimentado anteriormente, con respecto al contenido de humedad, en esta ocasión se procedió a trabajar con la humedad natural del aserrín. Fluctuando estas entre 108% hasta 126%.

Por último, se tamizó la totalidad del material a utilizar, con el fin de eliminar partículas de distinto tamaño al especificado y ajenas al aserrín.



Foto n° 4 residuos de tamizado.

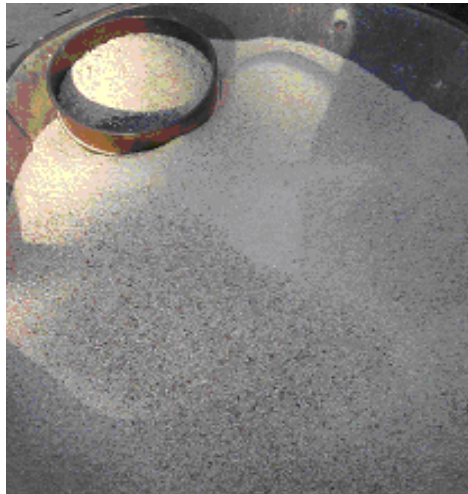


Foto n° 5 Aserrín fino después del proceso de tamizado.

2.2.3 Cal.

La Cal es un material sólido alcalino fuerte. Clasificada según NCh 2190, como sustancia corrosiva en NCh 2120/8 Of. 98, Parte 8: Clase 8, con referencia de N.U. 1910, y disposición específica 106, con Embalaje/Envasado al Grupo III.

Si bien, la cal posee por si sola propiedades mecánicas inferiores a otros conglomerantes, el agregar una cierta proporción confiere a las mezclas, una mayor retención de agua y plasticidad.

El tratamiento del aserrín, se basa principalmente en recubrir las partículas con cal, en un previo mezclado mecánico, con el fin de proporcionar una película protectora que impida la acción de azúcares del aserrín. La cantidad de cal utilizada para cada muestra de prueba fue en proporción al peso del aserrín, considerado para este caso en un 10%.

CAPITULO III

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA.

3.1. Dosificación de Hormigones.

Se realizarán hormigones de aserrín, a los cuales se les incorporarán 500 Kg. de cemento por m^3 , con porcentajes iguales de aserrín fino y grueso, los cuales debieran tener las siguientes características:

3.1.1. Resistencia y Densidades de Referencia

Las densidades esperadas que deben tener los bloques de hormigón de aserrín deben bordear los 950 Kg./ m^3 .

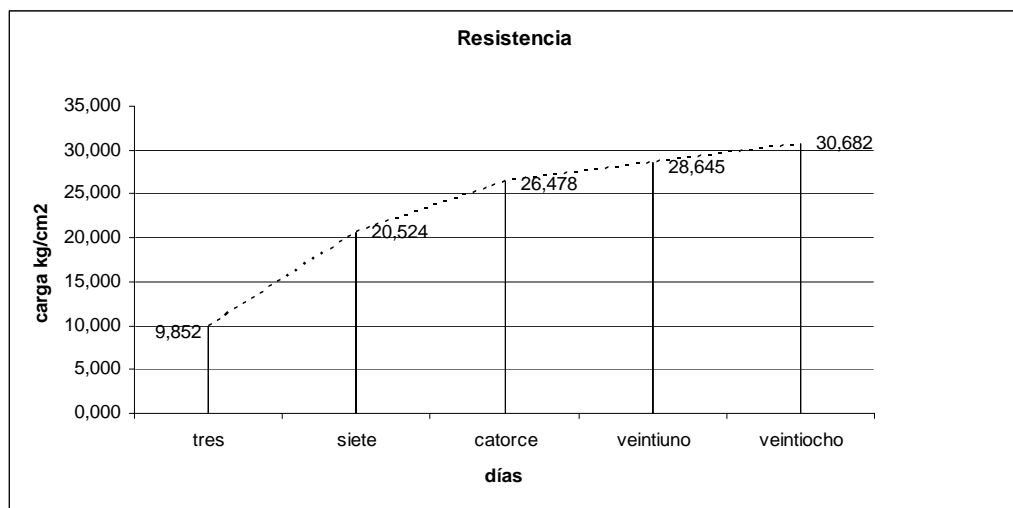


Gráfico nº 2 Edad v/s Resistencia, bloques 500 Kg. cemento/ m^3 .

EDAD (días)				
3	7	14	21	28
PORCENTAJE DE LA RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS				
32	67	86	93	100

Tabla nº 3, Hormigones con 500 Kg. de cemento/m³.

3.2. Confección de Bloques.

La confección de bloques se realizo según los métodos diseñados en la experiencia anterior, para esto se empleara una bloquera manual, la misma empleada en la tesis hormigón de aserrín.



Foto nº 6 Bloquera manual ocupada en la confección de bloques.

3.2.1 Orden de Incorporación de los Materiales a la Mezcladora.

- Se limpia y humedece el tambor de la mezcladora, al cual se le introduce en primer lugar las distintas proporciones de aserrín, tanto grueso como fino para su posterior mezclado.



Foto nº 7 mezcla de aserrín fino y grueso.

- Se le incorpora la cal y se procede al mezclado con el aserrín.
- Se le agrega cemento y se mezcla, con el fin de obtener la mejor uniformidad de estos tres materiales.
- Finalmente se le agrega agua, verificando visualmente las características de la mezcla.



Foto nº 8 hormigón preparado para confección de bloques.

- Preparación bloquera: Se prepara bloquera colocando en su interior placa metálica de 3 mm. de espesor, con el fin de facilitar el posterior traslado.
- Llenado: Una vez preparado el hormigón, se llena con mezcla hasta el nivel superior y se enrasa.



Foto nº 9 Bloquera manual con material a compactar.

- Compactación bloque: Se coloca la placa, aplicándose mediante brazo de carga, aplastamiento suficiente hasta obtener el bloque.



Foto nº 10 Bloquera con hormigón compactado.

- Preparación para retiro bloque: Se retira placa de carga y se coloca placa metálica para su posterior traslado a cámara de curado.



Foto nº 11 Bloquera con placa de metal para extracción de bloques.



Foto nº 12 Vista dos, bloque compactado.

- Transporte e identificación: Se levanta bloque y se traslada a cámara de curado, identificando claramente cada amasada.



Foto nº 13 bloques en sala de curado.

- Protección y curado: La mantención del contenido de humedad se realizó cubriendo los bloques con polietileno.



Foto nº 14 bloques cubiertos con polietileno.

3.3 Confección de Murete de Albañilería.

3.3.1. Construcción del Murete.

Los muretes, deben construirse reflejando las condiciones y calidad que se tendría efectivamente en la construcción. En este aspecto, se consideró la consistencia, tipo de mortero, el contenido de humedad de las unidades, el espesor y trabajo de juntas.

3.3.1.1. Dimensiones del Murete.

Según, lo dispuesto en la Nch 2123, la longitudes de las aristas del murete no deben ser menores de 60cm. y debe tener por lo menos 4 hiladas. Por lo que se optó por muretes de 60cm. de arista y 5 hiladas.

3.3.1.2. Dosificación del Mortero.

Para la dosificación del mortero, se realizaron una serie de ensayo para determinar si la arena a utilizar cumplía con los requisitos establecidos, en la norma Nch 163 y con la granulometría indicada en la tabla nº 4.

Tamaño del tamiz (mm.)	Porcentaje que pasa en peso
5.0	100
2.5	95 a 100
1.25	70 a 100
0.63	40 a 75
0.315	10 a 35
0.160	2 a 15

Tabla nº 4 Requisitos granulométricos de arena.

Los resultados obtenidos en el ensayo de granulometría, están expresados en la tabla nº 5. Al compararlo con las bandas granulométricas, se estableció que estas cumplen con los requisitos dispuestos por la norma Nch163.

MALLA ASTM		PESO RET	%	% RET	%
	MM.	GRS	RETENIDO	ACUMUL	QUE PASA
4	4.75	0	0	0	100
8	2.38	82	11	11	89
16	1.18	110	15	26	74
30	0.60	211	29	55	45
50	0.30	278	38	93	7
100	0.15	44	6	99	1
200	0.08	6	1	100	0
RESIDUO		3	0		
SUMA		734	100		

MF	2,8
----	-----

Tabla nº 5. Granulometría de arena de mortero de pega.

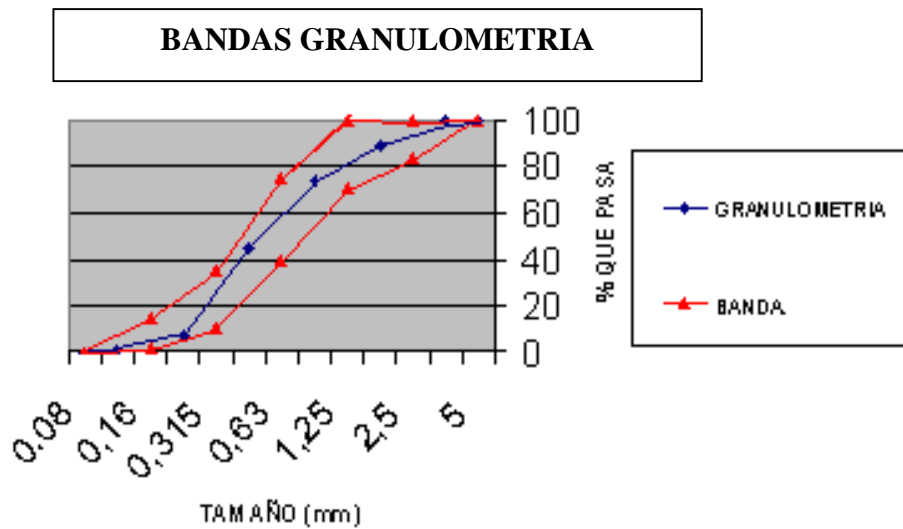


Grafico nº 3. Banda granulométrica de arena de mortero de pega.

Otras condiciones que establece la norma Nch 163 como requisitos para la arena son:

- El contenido de granos finos, no debe ser mayor a un 5%. Los resultados del ensayo, mostraron un 0.4% de contenido de grano fino.
- El valor máximo de absorción, parámetro que mide la porosidad del árido, no debe ser mayor a un 3%. De lo cual se obtuvo un 2.6%.
- Los requerimientos químicos, no se encontraron productos nocivos que puedan afectar las condiciones de resistencia del mortero.

3.3.2. Curado de los Muretes.

Los muretes se construirán en el laboratorio, teniendo que almacenarse cubriéndolos con polietileno durante los primeros 14 días. Durante las últimas semanas, deben mantenerse descubiertos en las condiciones ambientales del laboratorio.



Foto nº 15. Murete cubierto por polietileno.

Los muretes se deben ensayar a los 28 días, la cual se considera como la edad de referencia. Los ensayos de muretes de albañilería se realizarán a carga de compresión, según la diagonal del murete, hasta llegar a la rotura.

3.3.3. Medición del Murete.

El espesor y la longitud de las aristas del murete, deben determinarse con el promedio de las mediciones realizadas en los cuatro lados del murete. Las mediciones se expresarán en milímetros con una aproximación a 1mm.

3.4. Confección Probetas Ensayo Compresión.

3.4.1 Dimensión del Prisma.

El espesor y longitud del prisma, son de igual tamaño que la unidad de albañilería 14x30cm y una altura de 65cm, por lo tanto se cumple con los requerimientos establecidos en la Nch 1928.

3.4.2. Construcción y Curado de los Prismas.

De la construcción y curado de los primas, se realizará siguiendo los mismos procedimientos que se utilizaron en la confección de los muretes antes mencionado.



Foto nº 16. Prisma cubierto por polietileno.

3.4.3 Medición del Prisma.

El espesor y la longitud del prisma, se midieron tomando el promedio de las caras laterales ubicada a media altura del prisma. La altura se determinará, con el promedio de las cuatro caras laterales del prisma.

3.5. Confección Probetas Ensayo Adherencia.

La Adherencia es la propiedad más importante de los morteros de junta de albañilería. Tiene como objetivo, determinar la adherencia entre el mortero y la unidad, al someter la junta entre ambos a un esfuerzo de corte, según lo establecido en la Nch 167.

Las probetas se prepararon según norma y se ensayaron a los 28 días. Para lo cual, se elaboraron 3 probetas, curadas bajo polietileno durante los primeros 7 días.



Foto nº 17. Probeta cubriéndose con polietileno.

3.6. Fabricación de Tableros Prefabricado de Hormigón de Aserrín.

Debido a la complejidad de la fabricación de tableros compuestos por cemento-aserrín, se tomo la decisión, en conjunto con profesor guía el Sr. José Arrey Díaz, de abandonar la construcción de dicho tablero, por no contar con los medios óptimos para la fabricación que aseguren resultados confiables. Puesto que, por la naturaleza del material a estudiar, se requería de equipo especial para la compactación de la amasada que garantice una composición homogénea para la el tablero.

CAPITULO IV

ENSAYOS.

4.1. Ensayo de Bloques.

4.1.1 Ensayos de Compresión.

Los ensayos realizados a bloques para registro de resistencia a la compresión a los 28 días, se llevaron a cabo en las siguientes etapas, en conformidad a lo estipulado en la norma oficial chilena (Nch 1037 Of. 77).

a. Equipos.

Para el ensayo a compresión, se utilizó una prensa de suficiente rigidez como para no deformarse al aplicar las cargas, equipada con:

- Dos relojes marcadores de carga con una capacidad de 300 y 100 toneladas, con intervalos de medición cada 1 tonelada.



Foto nº 18. Prensa de ensayo.

- Placas o superficie de aplicación de las cargas, lisas y planas, con desviaciones máximas de 0,015 mm. y arista, por lo menos igual a las de las probetas que se ensayan.
- Dispositivo de rotula, para alinear la resultante de carga con el eje de la probeta.
- Dispositivo de medida de cargas aplicadas, con escala que tenga divisiones iguales o inferiores a 1% de la carga máxima y de una sensibilidad de $\pm 1\%$ del rango utilizable de cargas.



Foto nº 19. Dispositivo de medida de cargas aplicadas.

- Dispositivo de regulación de la velocidad de aplicación de la carga. La velocidad de aplicación de la carga es de 3.5 kg/seg/cm^2 .



Foto nº 20. Volante regulación de velocidad ensayo de compresión.

B. Medición de Probetas.

Las probetas se retiraron del curado inmediatamente antes del ensayo, registrándose su peso y dimensiones.

C. Ensayo.

- Se limpio las superficies de contacto de la placa de carga y de la probeta, luego se colocó la probeta alineada y centrada en la máquina de ensayo con su cara mayor en contacto con la placa de carga.
- Se aplicó la carga en forma uniforme, y se registro la máxima carga "P", expresada en Kg.



Foto nº 21. Ensayo de bloques.



Foto nº 22. Bloque después de ensayo.

4.1.2. Ensayos de Adherencia.

Procedimiento para realizar los ensayos según Nch 167 of54.

- Limpiar la superficie de las placas de carga y las caras externas del prisma.
- Colocar la probeta sobre la placa de carga, alineando su eje central con el centro de dicha placa.
- Asentar cuidadosamente la placa de carga superior sobre el prisma.



Foto n° 33. Probeta durante el ensayo.

- Aplicar la carga en forma continua, sin choques, a una velocidad uniforme, de modo que tome de 3 a 4 minutos en alcanzar la carga máxima.
- Registrar la carga máxima.

Del tipo de falla obtenida en el ensayo de adherencia, fue el esperado ver foto 34.



Foto n° 34. Probeta después del ensayo.

4.2. Ensayos de Albañilería.

4.2.1 Aparatos.

A. Prensa de Ensayo:

- Debe tener la rigidez necesaria para transmitir los esfuerzos del ensayo sin alterar las condiciones de distribución y dirección de carga.



Foto n° 23. Prensa de ensayo.



Foto n° 24. Gato hidráulico tipo botella de dos velocidades.

- Debe tener un sistema de rotura que permita hacer coincidir la resultante la carga aplicada con la diagonal cargada del murete.
- Las superficies de la carga deben ser lisas y planas; no se aceptan desviaciones con respecto al plano mayor que 0.015 mm en 100 mm, medidas en cualquier dirección.
- Las dimensiones de las aristas de las placas de carga deben ser mayores que las dimensiones del cabezal de aplicación de la carga.
- La sensibilidad de la prensa debe ser tal que la menor división de la escala de lectura sea menor o igual al 1% de la carga máxima.



Foto nº 25. Celda de Carga y reloj.

B. Regla Graduada:

La regla graduada o cinta metálica de medir debe contar con una escala en mm.

C. Cabezales para Aplicar Carga:

Estos aparatos de acero, se utilizan para aplicar la carga en la dirección de la diagonal del murete. La longitud de repartición de la carga aplicada debe ser menor o igual a 15cm, para evitar los efectos de confinamiento en el murete.

El ancho del cabezal, debe ser igual al espesor del murete más 250mm.



Foto nº 26. Cabezales para aplicar carga.

4.2.2. Ensayo de Murete de Albañilería.

4.2.2.1 Procedimiento para Realizar los Ensayos

(Según Nch2123 anexo a.)

- Limpiar la superficie de las placas de carga y de apoyo de los cabezales.
- Colocar el cabezal inferior sobre la placa de carga inferior.
- Colocar el murete sobre el cabezal inferior, alineando su diagonal vertical con el centro de la placa de carga.
- Colocar el cabezal superior y asentar la placa de carga superior sobre el cabezal.
- Aplicar la carga en forma continua, sin choques, a una velocidad uniforme, de modo que tome de 3 a 4 minutos en alcanzar la carga de agrietamiento diagonal.
- Registrar la carga de agrietamiento diagonal.



Foto n° 27. Ensayo de murete.

Del tipo de falla obtenido en el ensayo, se puede observar que no se obtuvo un agrietamiento por la diagonal del murete, puesto que en la totalidad de los ensayos se produjo una falla por aplastamiento. Uno o dos de los bloques que se apoyaban en los cabezales, se pueden ver fotos n° 27 y 28.

Falla por
aplastamiento



Foto n° 28. Murete después de ensayado.



Falla por
aplastamiento

Foto nº 29. Murete después de ensayado.

4.2.3. Ensayo de Prisma de Albañilería.

Procedimiento para realizar los ensayos según Nch 1928 anexo B.

- Limpiar la superficie de las placas de carga y las caras externas del prisma.
- Colocar el prisma sobre la placa de carga inferior, alineando su eje central con el centro de dicha placa.
- Asentar cuidadosamente la placa de carga superior sobre el prisma.
- Aplicar la carga en forma continua, sin choques, a una velocidad uniforme, de modo que tome de 3 a 4 minutos en alcanzar la carga máxima.
- Registrar la carga de agrietamiento.



Foto nº 30. Ensayo de prisma.

Del tipo de falla obtenido en el ensayo, se puede observar que en la totalidad de los ensayos se produjo una falla por aplastamiento de uno o dos de los bloques. Ver fotos nº 30 y 31.

Falla por
aplastamiento

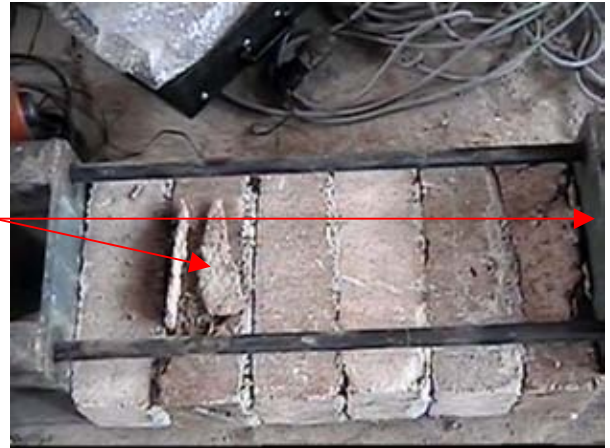


Foto nº 31. Prisma después de ensayado.



Falla por
aplastamiento

Foto nº 32. Prisma después de ensayado.

CAPITULO V

RESULTADOS Y GRAFICOS PRINCIPALES.

5.1. Generalidades.

En este capitulo, se presentan los Resultados y Gráficos obtenidos en los ensayos de albañilería a los cuales fueron sometidos.

5.2. Resultados Ensayos de Mortero de Pega.

En la tabla nº 6 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos a morteros a los 28 días.

FECHA DE FABRICACION 27/10/2005

Edad (días)	Peso (gr)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Alto (mm)	Área (cm ²)	Flexo-Tracción (kg/cm ²)	Compresión (kg/cm ²)
28	585	39,9	41,5	16	16,6	8,78	98,7
28	586	40	40	16	16	9,45	101,8
28	589	40	40	16	16	10,1	106,7
						Promedio	102,4

Tabla nº 6. Resultados de ensayo a morteros a los 28 días.

5.3 Resultado de Ensayo a Bloques.

En la tabla nº 7 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos a compresión de los bloques a 28 días.

Largo	Volumen	Densidad	Carga	Área	Resistencia
cm	m³	kg/m³	Kg	cm²	Kg/cm²
29,6	0,004	1036,5	19500	412,9	47
29,3	0,004	1005,7	16000	407,3	39
29,5	0,004	1141,8	22000	413,0	53
29,8	0,004	1030,9	18900	416,0	45
29,6	0,004	1019,3	18000	411,4	44
Promedio					46

Tabla nº 7. Resistencia a la compresión de los bloques a los 28 días.

Una vez obtenidos los resultados arrojados de los diferentes ensayos a compresión de los bloques, se procede a la elaboración de gráficos, lo que permite relacionar estos resultados y observar en forma más clara, el comportamiento de los bloques en relación a su densidad.

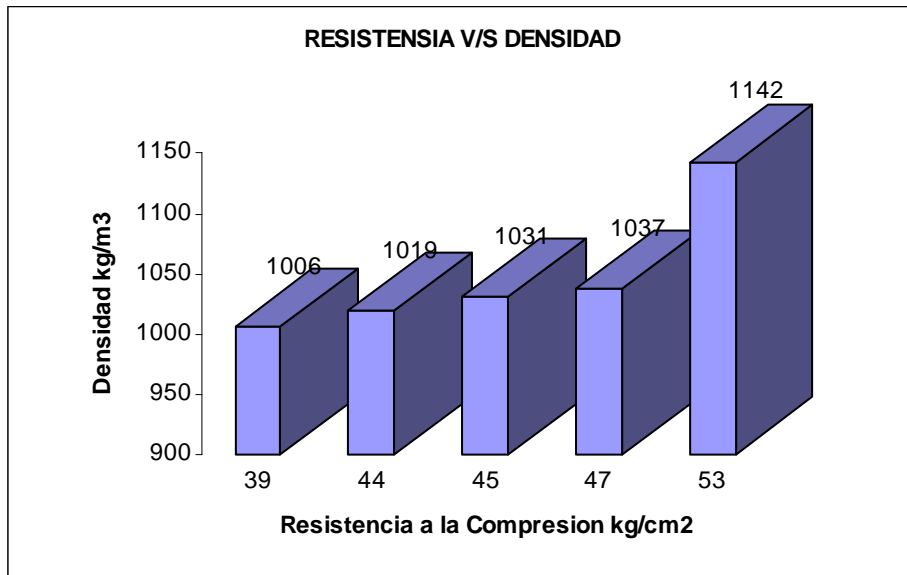


Gráfico nº 4 Densidad v/s Resistencia en bloques.

5.4. Resultados Ensayos de Adherencia.

En la tabla nº 19 se muestra los resultados del ensayo de adherencia.

Probeta	Dimensiones cm x cm	Adherencia kg / cm²
1	13,9x29,6	4,5
2	14x29,9	2,5
3	14x29,9	3,3
	Promedio	3,43

Tabla nº 19 Resultados de ensayos de adherencia

5.5. Resultado de Ensayo a Prismas de Albañilería.

5.5.1. Tablas y Gráficos de Fuerza V/S Deformación.

A partir de los datos obtenidos, se presentan a través de gráficos y tablas de fuerza versus deformación, los resultados de los cinco prismas de albañilería ensayados.

Prisma nº 1	
Fuerza Kg.	Deformación mm.
0	0,000
2150	0,009
3820	0,030
7350	0,049
10350	0,080
13520	0,112
15600	0,160

Tabla nº 8. Fuerza v/s deformación prisma nº 1.

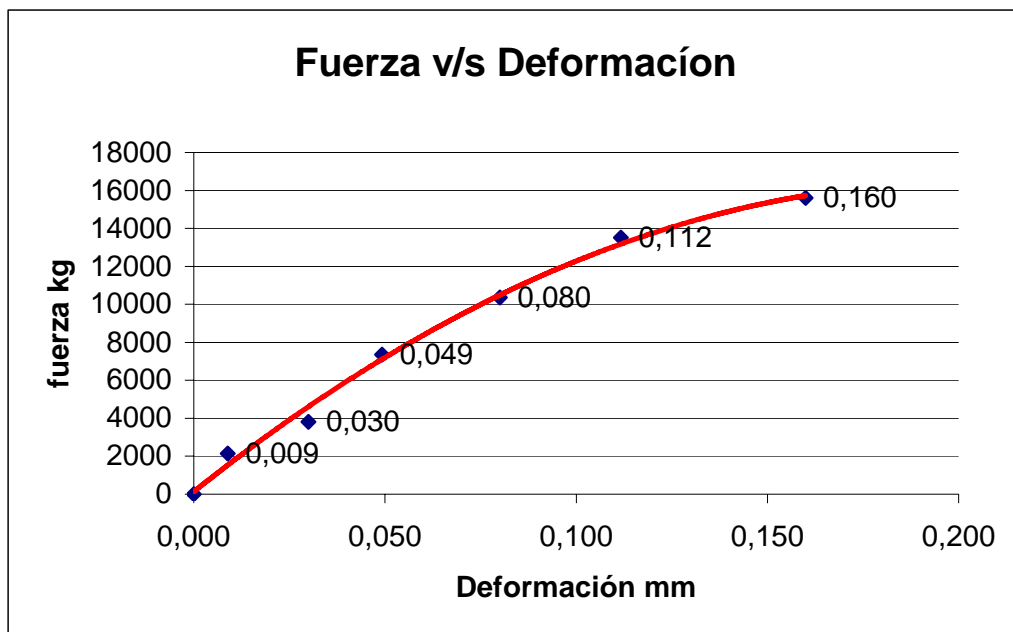


Gráfico nº 5. Fuerza v/s deformación prisma nº 1.

Prisma nº 2	
Fuerza kg	Deformación mm
0	0
3400	0,019
6300	0,045
8563	0,073
11689	0,089
13600	0,130
17594	0,168

Tabla nº 9. Fuerza v/s deformación prisma nº 2.

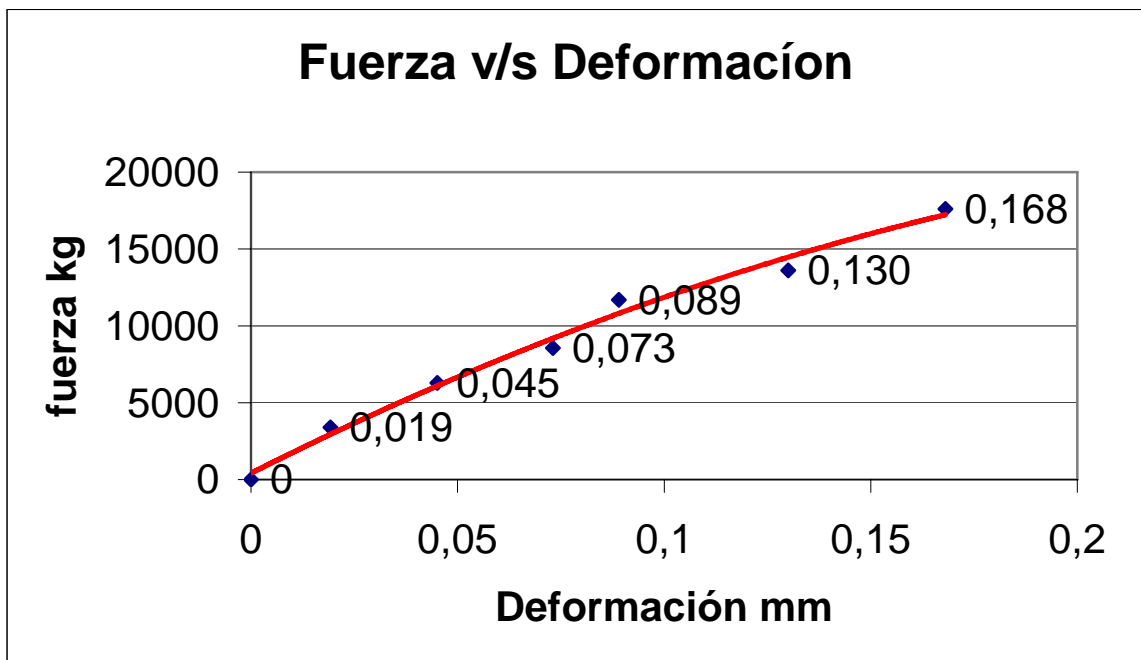


Gráfico nº 6. Fuerza v/s deformación prisma nº 2.

Prisma nº 3	
Fuerza kg	Deformación mm
0	0,000
400	0,011
4060	0,028
7350	0,049
10300	0,080
14600	0,112
17800	0,132

Tabla nº 10. Fuerza v/s deformación prisma nº 3.

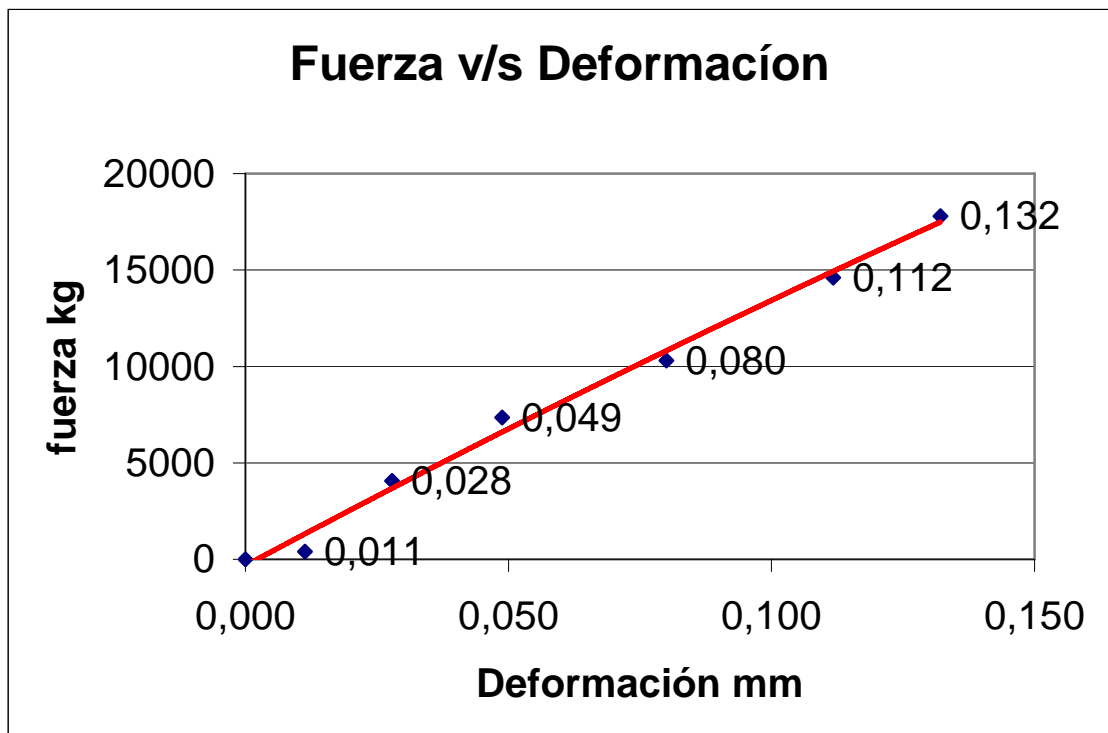


Gráfico nº 7. Fuerza v/s deformación prisma nº 3.

Prisma nº 4	
Fuerza kg	Deformación mm
0	0,000
900	0,029
2356	0,038
3845	0,047
5400	0,052
10190	0,071
13590	0,110
15950	0,130

Tabla nº 11. Fuerza v/s deformación prisma nº 4.

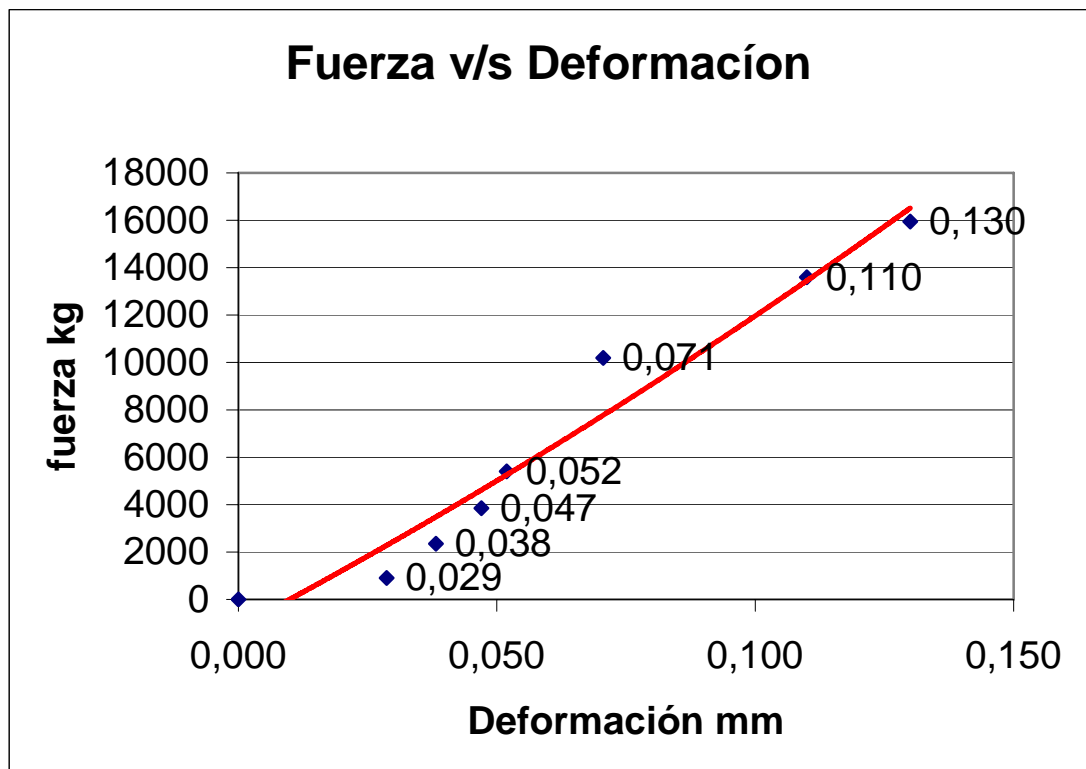


Gráfico nº 8. Fuerza v/s deformación prisma nº 1.

Prisma nº 5	
Fuerza kg	Deformación mm
0	0,000
750	0,015
3350	0,045
6120	0,071
8560	0,073
10200	0,082
12400	0,108
13600	0,120

Tabla nº 12. Fuerza v/s deformación prisma nº 5.

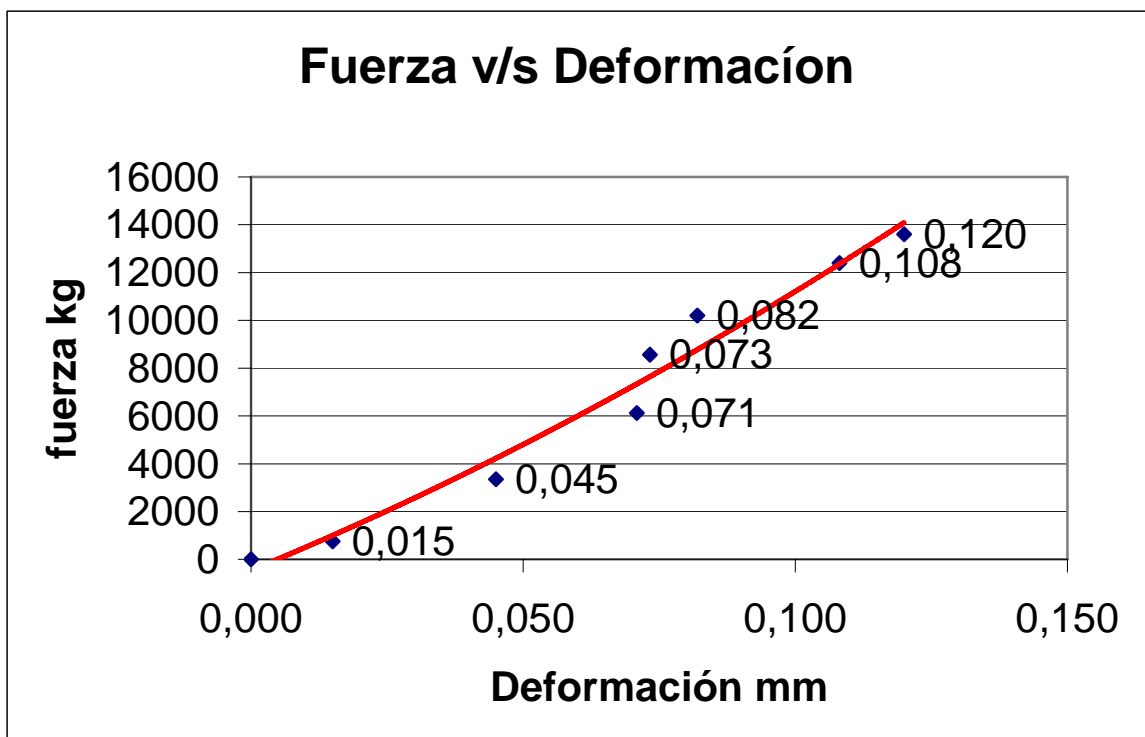


Gráfico nº 9. Fuerza v/s deformación prisma nº 5.

En el grafico nº 10, se pueden apreciar las tendencias de los resultados de fuerza versus deformación. Al comparar los resultados obtenidos en los ensayos de los cinco prismas de albañilería.

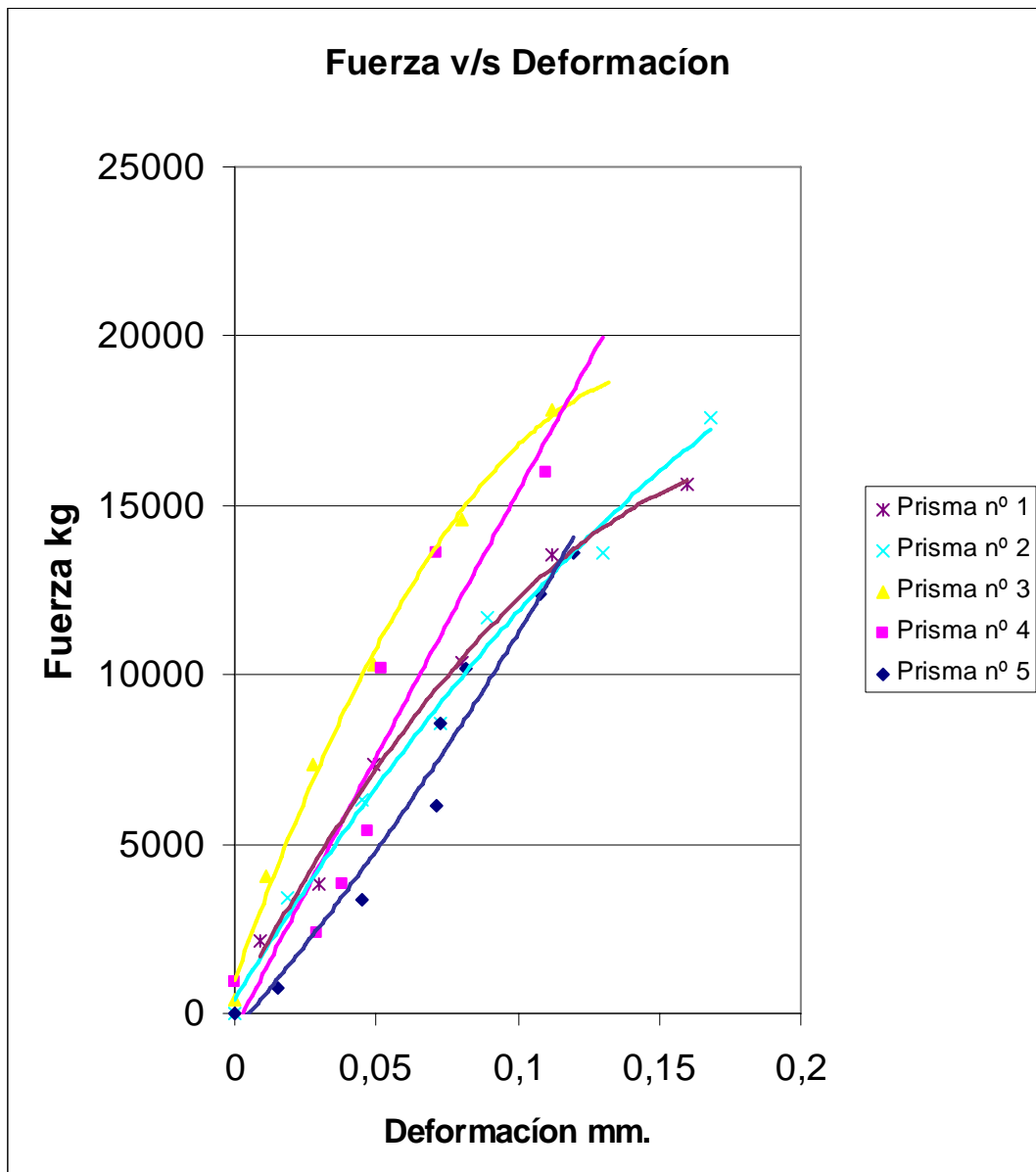


Grafico nº 10. Fuerza v/s deformación prismas 1 al 5.

5.5.2. Tablas y Gráficos de Resistencia Prismática.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia prismática a 28 días.

Identificación Prisma	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	Área Sección	Carga Máxima kg	Resistencia Prismática kg/cm ²
1	13,9	29,5	61,6	410,1	15600	38,04
2	14,0	29,8	62,4	417,2	17594	42,17
3	14,0	29,4	61,9	410,1	17800	43,40
4	13,9	29,9	61,5	414,9	15950	38,44
5	14,0	29,9	62,0	418,6	13600	32,49
Promedio						38,91

Tabla nº 12. Resistencia Prismática.

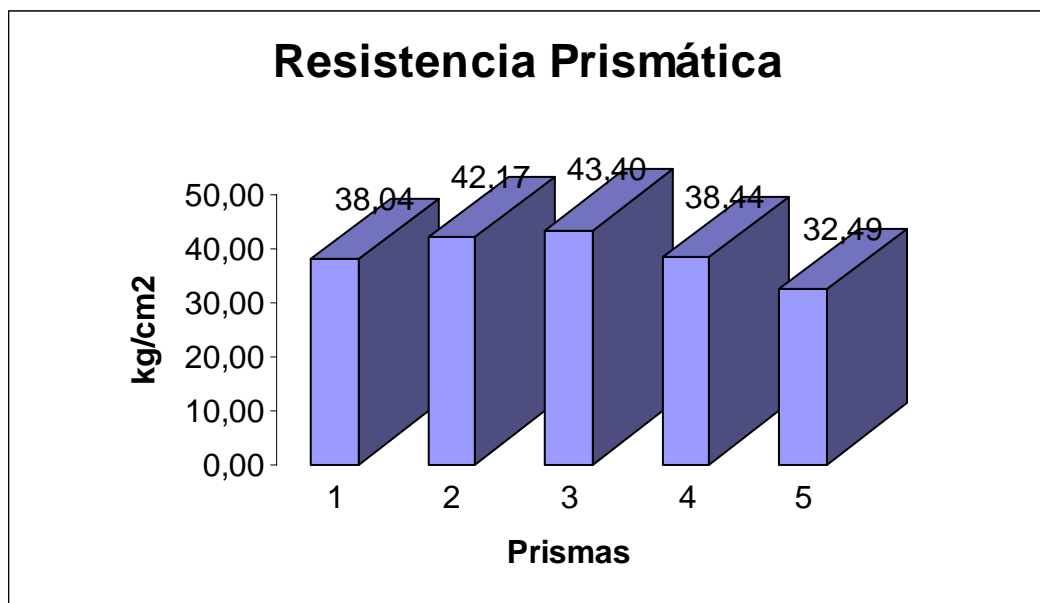


Gráfico nº 11. Resistencia Prismática.

5.6. Resultado de Ensayo Muretes de Albañilería.

5.6.1. Tablas y Gráficos de Fuerza V/S Deformación.

Se presentan a través de gráficos y tablas de fuerza versus deformación, los resultados obtenidos de los cinco muretes de albañilería ensayados.

Murete nº 1	
Fuerza kg	Deformación mm
0	0,00
469	0,01
2094	0,03
3825	0,04
5350	0,05
6375	0,05
7750	0,07
8500	0,08

Tabla nº 13. Fuerza v/s deformación murete nº 1.

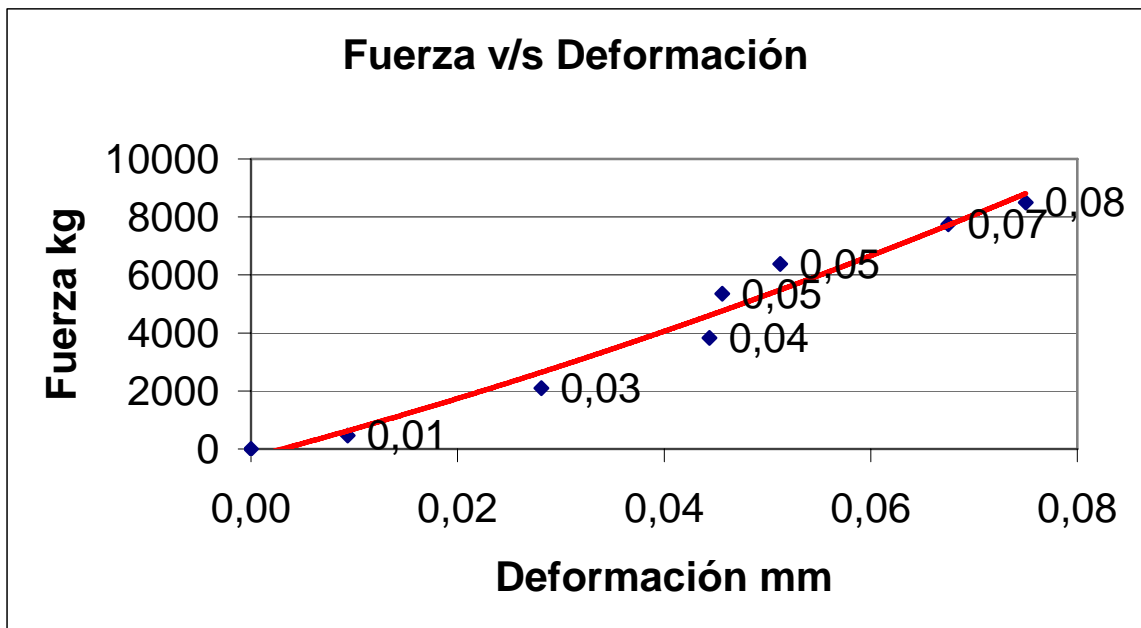


Grafico nº 12 fuerza v/s deformación murete nº 1.

Murete nº 2	
Fuerza kg	Deformación mm
0	0,00
563	0,02
1473	0,02
2403	0,03
3375	0,03
6369	0,04
8494	0,07
9969	0,08

Tabla nº 14. Fuerza v/s deformación murete nº 2.

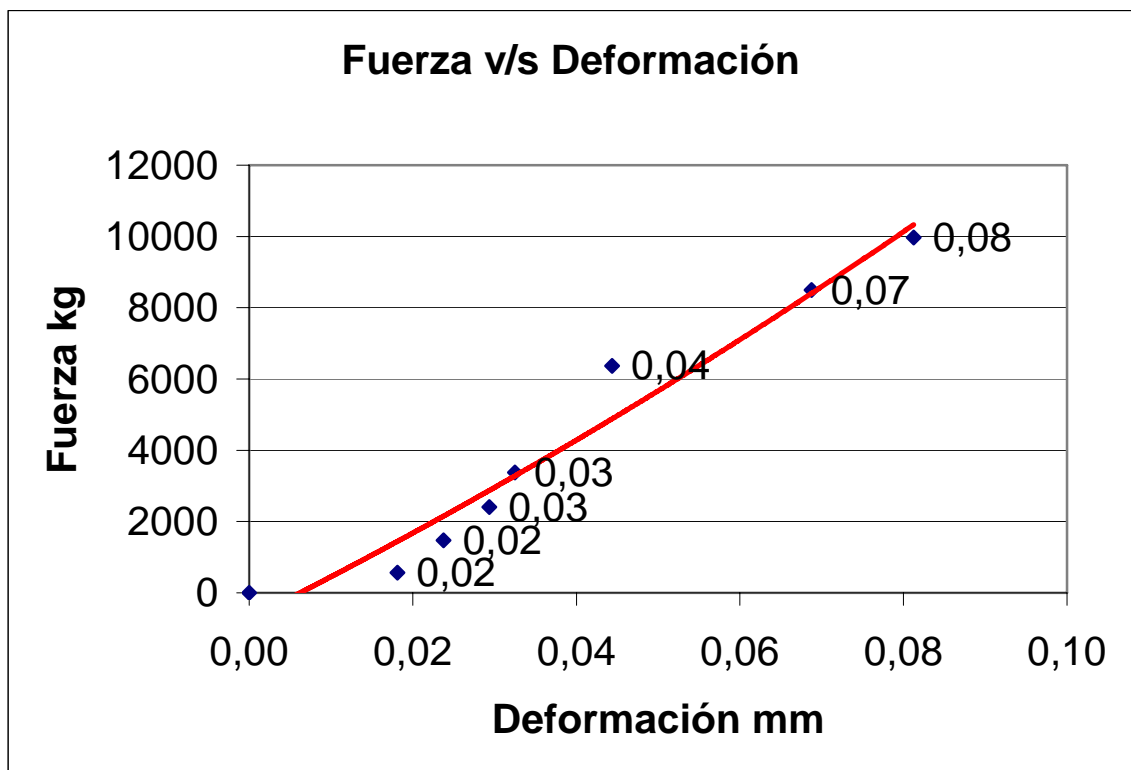


Gráfico nº 13 Fuerza v/s deformación murete nº 2.

Murete nº 3	
Fuerza kg	Deformación mm
250	0,01
2538	0,02
4594	0,03
6438	0,05
9125	0,07
11125	0,08

Tabla nº 15. Fuerza v/s deformación murete nº 3.

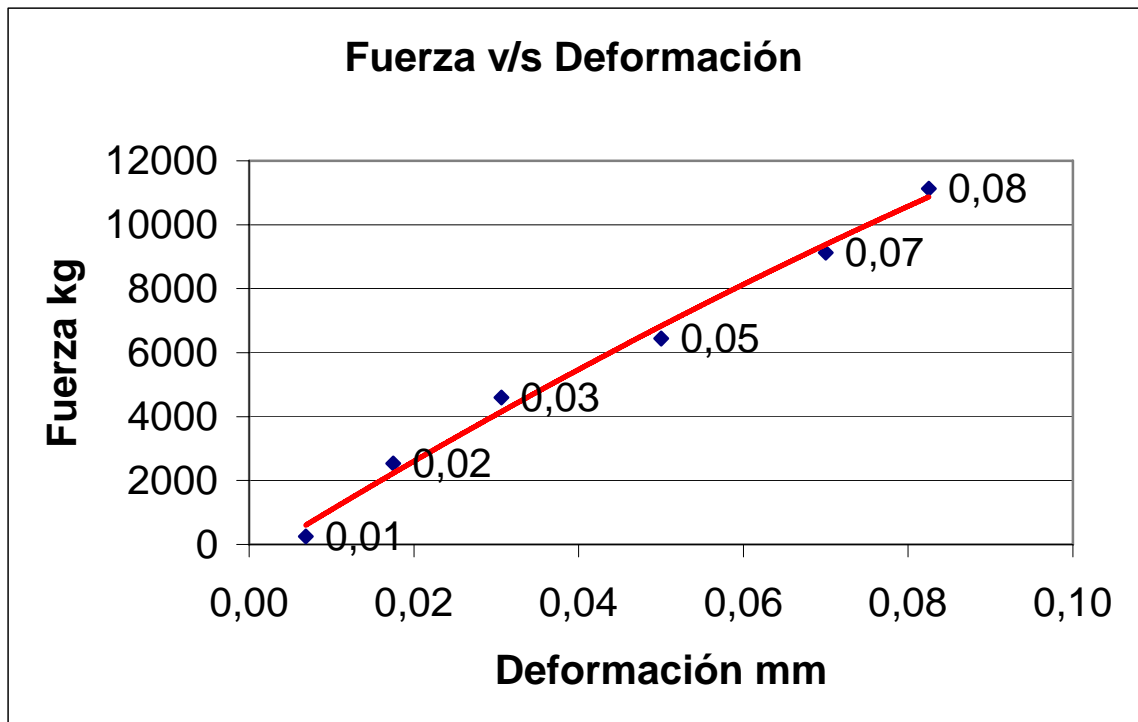


Gráfico nº 14 Fuerza v/s deformación murete nº 3.

Murete nº 4	
Fuerza kg	Deformación mm
0	0,00
2125	0,01
3938	0,03
5352	0,05
7306	0,06
8500	0,08
10996	0,11

Tabla nº 16. Fuerza v/s deformación murete nº 4.

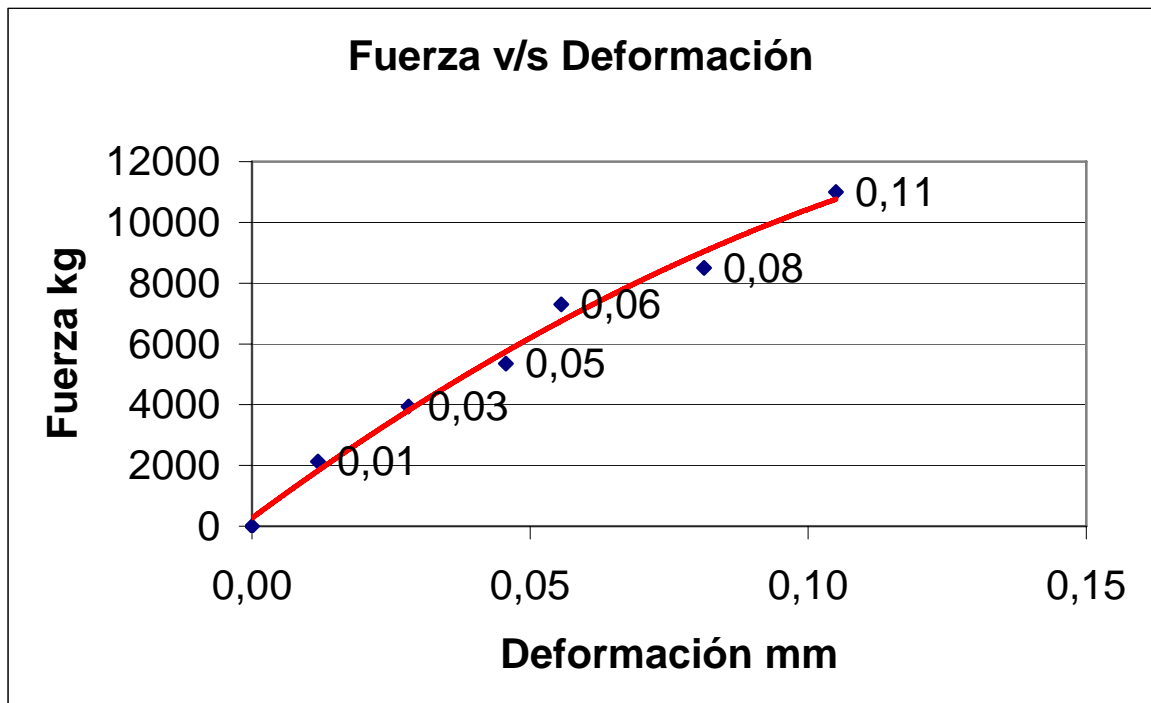


Gráfico nº 15 Fuerza v/s deformación murete nº 4.

Murete nº 5	
Fuerza Kg.	Deformación mm.
0	0,00
1344	0,01
2388	0,02
4594	0,03
6469	0,05
8450	0,07
9750	0,10

Tabla nº 17. Fuerza v/s deformación murete nº 5.

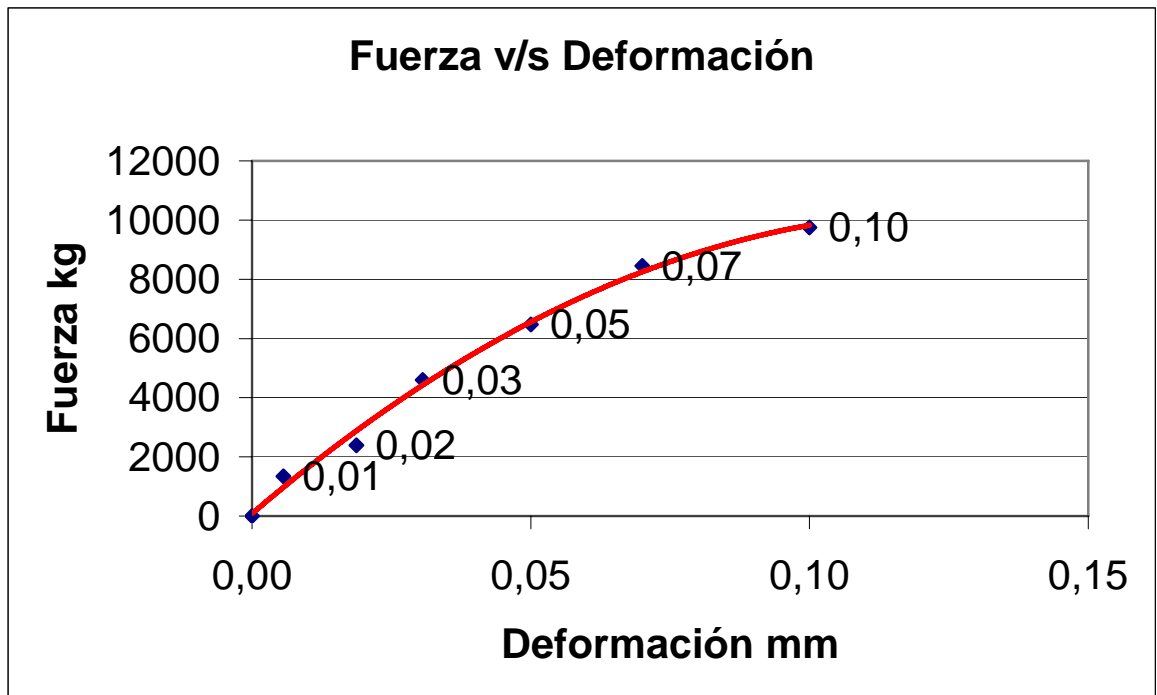


Gráfico nº 16 Fuerza v/s deformación murete nº 5.

En el grafico nº 17, se pueden apreciar las tendencias de los resultados de fuerza versus deformación. Al comparar los datos obtenidos en los ensayos de los cinco muretes de albañilería.

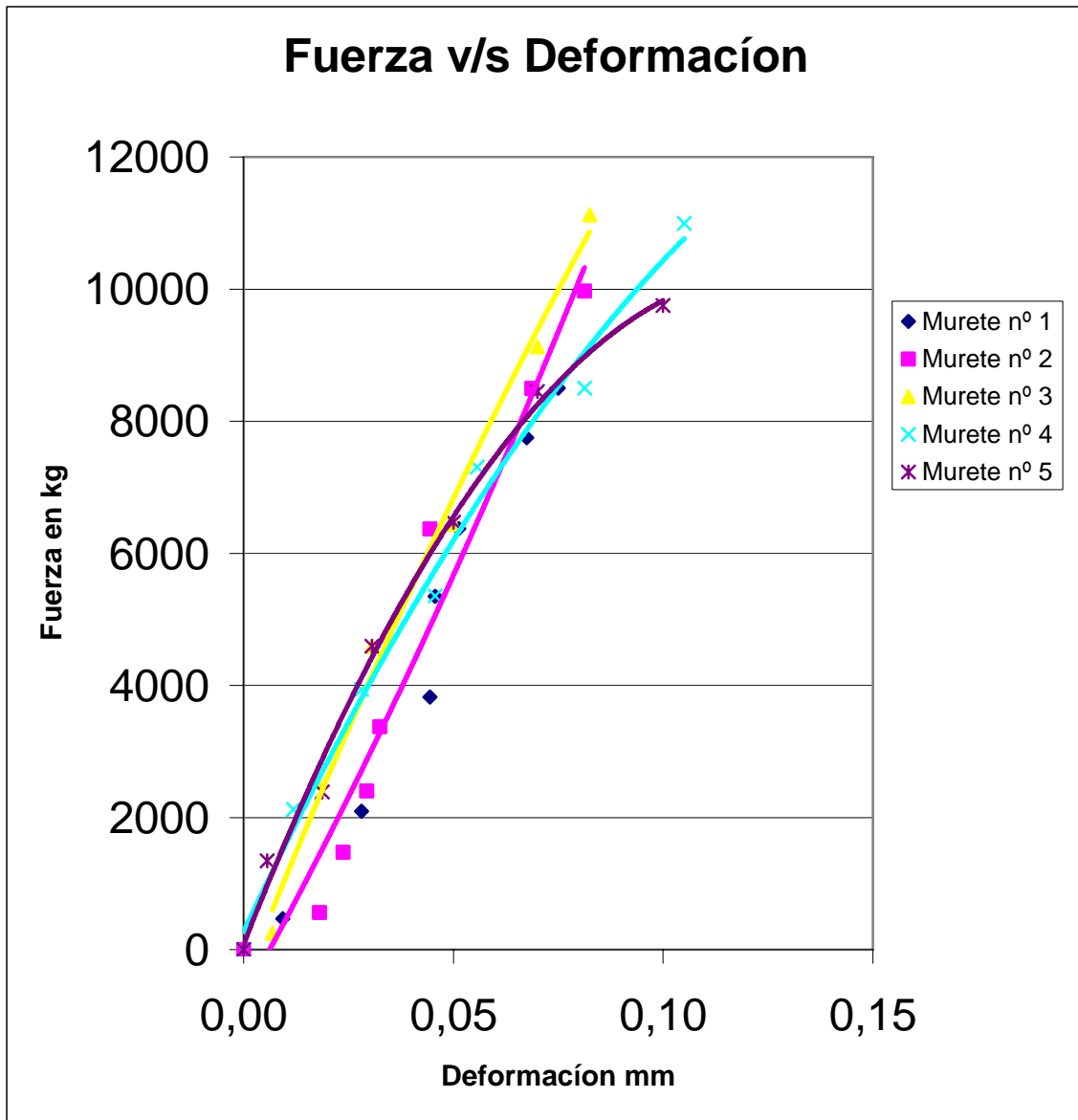


Grafico nº 17 Fuerza v/s deformación muretes 1 al 5.

5.6.2. Tablas y Gráficos de Resistencia de Corte Básica Muretes de Albañilería en Bloques.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia de corte básica a muretes de albañilería en bloques de hormigón de aserrín a 28 días.

Identificación	Lado 1	Lado 2	Lado 3	Lado 4	Longitud Arista	Espesor	Área bruta sección diagonal cm2	Carga agrietamiento kg	Resistencia de Corte Básica kg/cm2
Prisma	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
1	61,9	61,5	62,1	61,7	61,8	13,9	1214,8	8500	7,00
2	61,8	62,0	61,5	62,5	62,0	14,0	1226,5	9969	8,13
3	62,0	61,8	61,7	62,1	61,9	13,9	1216,8	11125	9,14
4	62,1	62,0	62,0	62,0	62,0	14,0	1228,0	10996	8,95
5	61,8	61,7	61,2	62,1	61,7	14,0	1217,2	9750	8,01
								Promedio	8,25

Tabla nº 18 Resistencia de Corte Básica muretes de albañilería.

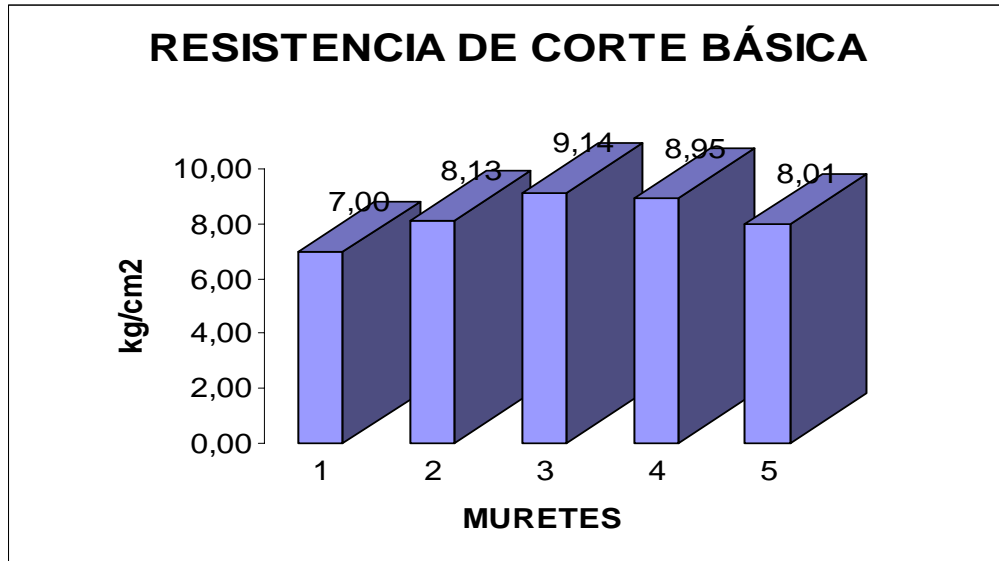


Grafico nº 18. Resistencia de Corte Básica muretes de albañilería.

CAPITULO VI

OBSERVACIONES.

6.1. Observaciones Generales.

Durante la realización de este estudio, se realizaron una serie de observaciones, tanto de carácter de trabajabilidad, como de durabilidad de este material las cuales se exponen a continuación:

- Según los textos y artículos consultados, una de las características de trabajabilidad de este tipo de material es la capacidad de ser clavado de igual que la madera. Esto fue comprobado en una probeta cúbica de 20 cm de arista, la cual fue clavada y posteriormente sostenida del clavo fotos nº 35 y 36. Por lo tanto, se puede afirmar con certeza que este material es clavable.



Foto nº 35. Clavado de probeta.



Foto nº 36 Pobreta sostenida por un clavo.

- Otra característica que fue comprobada es la capacidad del material para ser cortado por métodos manuales. En este caso, por medio de un serrucho foto nº 37, el procedimiento de corte denotó dificultades similares que los trabajos en madera.



Foto nº 37. Corte de bloque con serrucho.

- Una de las inquietudes del trabajo con el hormigón de aserrín, es la efectividad del tratamiento a base de cal, para evitar su descomposición al ser sometido a condiciones ambientales adversas. Por esto, al término de la experiencia de la tesis “hormigón de aserrín”, se tomaron 8 muestras de bloques fabricadas a mediados de febrero del año 2004, 4 fueron colocadas a la intemperie y las restantes en la sala de curado del laboratorio con condiciones ambientales controladas. De las muestras dejadas en el laboratorio transcurrido 1 año y 8 meses, no mostraron cambios ni muestras de descomposición. En cambio, en dos de las muestras dejadas en el exterior se observó la presencia de algún tipo de hongo de color negro (foto 38.)



Hongo de color negro

Foto n° 38 Bloque con presencia de hongos.

Luego al inspeccionar el interior, se observó sólo un pequeño cambio de tonalidad, con respecto a los bloques dejados en el laboratorio, pero no se observó descomposición en el interior del bloque ni presencia de hongos. Por lo tanto, su presencia es solo superficial, ver foto n° 39.



Foto n° 39 corte de bloque con presencia de hongos.



Foto n° 40. Comparación de bloques con 20 meses de edad.

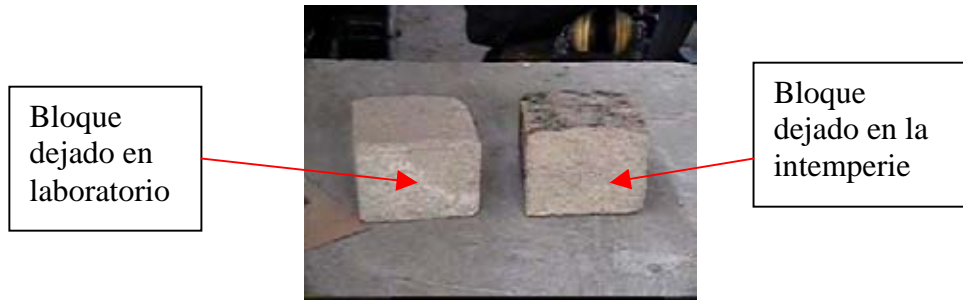


Foto nº 41 Comparación de bloques con 20 meses de edad.

CAPITULO VII

CONCLUSION.

7.1. Conclusiones Generales.

Para lograr validar el método utilizado, es necesario contar con un taller que posea la experiencia, equipos y personal adecuados para realizar este tipo de trabajos y ensayos, los cuales requieren precisión.

Además, es recomendable que las estructuras de albañilería sean fabricadas en condiciones similares a las utilizadas en una obra. Si esto no se consigue, se podrían incluir en el modelo experimental factores que alteren y desvirtúen parcial o totalmente los resultados de la experiencia.

7.2. Conclusiones Relativas a los Resultados Obtenidos.

- De los resultados obtenidos en los diversos ensayos a Prismas de Albañilería de hormigón de aserrín, se puede concluir que las resistencias obtenidas a la compresión prismática son comparables a los ladrillos cerámicos hechos a mano, cuyo valor de referencia es de 4 Mpa cifra que se asemeja a los 3.9 Mpa obtenidos en los ensayos, pero es inferior a la resistencia de referencia de los bloques de hormigón que fluctúan entre 4.5 a 5 Mpa.

- De los resultados obtenidos de los ensayos de murete de albañilería, tuvieron un resultado promedio de resistencia de corte básica de 0.83Mpa que resulto superior a la albañilería en bloque y albañilería de ladrillos cerámicos.

- El tratamiento mineralizante efectuado al aserrín en base a cal, mantiene intactas las propiedades mecánicas de la madera, deteniendo los procesos de deterioro biológico, convirtiendo la madera en un material prácticamente inerte y aumentando su resistencia al fuego. Por lo tanto, el conglomerado madera cemento tiene una durabilidad ilimitada, no está sujeto a degradación química o biológica.

- Las densidades obtenidas en los ensayados, ofrecen un gran potencial de ahorro, relacionado al peso de la estructura, tanto para edificaciones como para elementos prefabricados.

7.3. Conclusiones finales

- La madera y el cemento son componentes naturales, por lo que no hay riesgo de polución durante las fases de fabricación o ejecución de los muros, ni en las fases de reciclado y además el material no contiene ningún tóxico. Por todos estos motivos, el hormigón de aserrín se puede considerado un material ecológico.
- El hormigón de aserrín, forman una estructura estable, compacta, ligera, resistente y duradera, a la vez que su estructura permite un buen comportamiento térmico (por su capacidad de acumular calor) , es resistente al agua y tiene la propiedad de regular la humedad al ser es transpirable, todo esto garantiza unas condiciones de habitabilidad óptimas. Por tanto, el hormigón de aserrín puede ser considerado como una solución contractiva mas para ingresar al mercado nacional.

BIBLIOGRAFÍA

1. BEALL, Christine, NCARP, CCS. *Masonry design and Detailing for Architects, Engineers, and Contractors*. Fourth Edition. Mc Graw-Hill. 1997.
2. CHADWICK DEARING, Oliver y LARSON BRUCE C., *Forest stand dynamic*, New York, Editorial Mc Graw – Hill, 1990.
3. COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE, *Guía para el control y prevención de la contaminación ambiental*, Santiago, Chile, 2000.
4. CORFO, *Principios de organización y operación del aserradero*, Concepción, Chile, 1989.
5. DIRECCIÓN DE ARQUITECTURA MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, *Manual para la construcción de albañilería armada de bloques de cemento y ladrillos cerámicos*, Chile, Ediciones de D.G.O.P, Dirección de arquitectura. 1983.
6. GARSEES RIFFO, Luis Eduardo, *Hormigón de aserrín*. Tesis para optar al título de Ingeniería en Constructor. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, 2004.

7. INFOR, La industria del aserrío, Santiago, Chile, 1999.
8. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, *NCh. 2123.Of97. Albañilería Confinada – Requisitos de Diseño y Cálculo.* Chile.
9. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, *NCh. 2256/1.c2000. Morteros – Parte 1: Requisitos generales.* Chile,.
10. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, *Nch 1017 E Of. 75 Hormigón – confección y curado en obra de probetas para ensayos de compresión y flexión,* Chile.
11. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, *Nch 1018 E Of. 77 Hormigón – preparación de mezclas de prueba en laboratorio,* Chile.
12. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, *NCh 1019 E Of. 74 Construcción–hormigón–determinación de la docilidad método del asentamiento del cono de abrams,* Chile.
13. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, *NCh 1037 Of. 77 Hormigón – ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas,* Chile.

14. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, *NCh 158 Of. 67*
Cemento – ensayo de flexión y compresión de morteros de cemento,
Chile.
15. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, *NCh 167 Of. 54* *Ensayos*
de ladrillos arcillosos, Chile.
16. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, *NCh. 170.Of85.*
Hormigón – Requisitos generales. Chile.
17. MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN Y COOPERACIÓN, *Recursos*
naturales, pobreza y desarrollo, Santiago, Chile, 1994.
18. MONTGOMERY, Douglas C., *Diseño y análisis de experimentos.* 1ªed.
México, Grupo Editorial Iberoamérica, 1991.
19. PREDES ®. CENTRO DE ESTUDIOS Y PREVENCIÓN DE
DESASTRES. Perú, [en línea],//www.predes.org.pe/publicaciones.htm>
[Consulta: 02 de Julio de 2005]
20. KUEHL, Robert O., *Diseño de experimentos.* 2ª ed. México, Thompson.
2001.

21. VELÁSQUEZ VÁSQUEZ, Juan Bernardo, *Aspectos Constructivos estructurales en estructuras de Albañilería*. Tesis para optar al título de Constructor Civil. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería. 1995.

22. ZABALETA, Hernán y EGAÑA, Juan, *Manual del mortero*, Instituto chileno del cemento y del hormigón, 1989.