

Universidad Técnica Particular de Loja
 BIBLIOTECA GENERAL



Recibido el 2001-04-04
 Valor 21
 Número Clasificación 2001 016 J.C. 518

150 pags. DL

690

construcción de vivienda
 Puolillo
 materia prima
 Laja
 Mampostería

$$\begin{array}{r} 693.21 \\ \hline 690 \end{array}$$

690x57A 3IC



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA
FABRICACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL Y SU USO EN
LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA CON MAMPOSTERÍA
CONFINADA**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES :

Santiago F. Ochoa Cueva

Hamilton V. Santórum Merchán

DIRECTOR :

Ing. José Songor Esparza

Loja – Ecuador

2005

CERTIFICACIÓN

Ingeniero

José Songor Esparza

CATEDRÁTICO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil titulado : **“RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA FABRICACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL Y SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA”**, presentado por los señores egresados Hamilton Santórum Merchán y Santiago Ochoa Cueva, ha sido dirigido y revisado la misma que tiene la suficiente validez técnica y profundidad investigativa, por lo que autorizo su presentación.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Songor', with a large, sweeping flourish extending to the right.

Ing. José Songor Esparza

DIRECTOR DE TESIS

CESIÓN DE DERECHOS

Santiago Fernando Ochoa Cueva y Hamilton Vicente Santórum Merchán declaran conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad".



Santiago F. Ochoa Cueva



Hamilton V. Santórum Merchán

AUTORÍA

El contenido de la presente investigación, los análisis, resultados y conclusiones son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Hamilton V. Santórum Merchán

Santiago F. Ochoa Cueva

AGRADECIMIENTO

Deseamos expresar nuestra sincera gratitud a la Universidad Técnica Particular de Loja en especial a la Escuela de Ingeniería Civil por los conocimientos impartidos que han contribuido a forjar nuestro desarrollo personal e intelectual.

A todos los Profesores de la Escuela de Ingeniería Civil que supieron instruir con generosidad, formando profesionales útiles a la sociedad.

Al Sr. Ing. José Songor Esparza, quien en calidad de Director de Tesis brindó su valiosa colaboración en forma decidida en la elaboración del presente trabajo de investigación y a los Ingenieros Alonso Zúñiga, Ángel Tapia, Fernando Saraguro y Fabián Armijos por su apoyo brindado sin los cuales no sería posible la culminación exitosa de esta tesis.

DEDICATORIA



A mis padres por su sacrificio y voluntad, a mis hermanos y Maria Gabriela por su apoyo y comprensión, y a todos quienes considero mis amigos por su valiosa ayuda para la culminación de este logro.

Santiago Fernando

A mi esposa Mildred por quien vivo todos los días, a mis hijos Maria de los Ángeles y Hamilton Andrés los cuales me dan la fuerza para seguir adelante, a mis padres Vicente y Nelly por su apoyo siempre incondicional cuando más lo he necesitado, a mi hermana Katherine y demás familiares quienes han sido inspiración para lograr este éxito.

Hamilton Vicente

Prefacio

El ladrillo constituyó el principal material de construcción en la antigüedad, transformándolo en el elemento constructivo por excelencia convirtiéndose así en un material barato y de producción masiva.

La simplicidad del equipo necesario para producirlo y emplearlo, se adecua técnica y económicamente a la realidad de los países de América Latina.

En Loja la materia arcilla materia prima principal es abundante por lo que el uso de esta es importante para la industria de la cerámica y de la industria de la construcción, como lo es en particular en la de elaboración de ladrillos.

Una vivienda hecha de cualquier material debe durar como mínimo de 50 a 80 años. La Cerámica Roja (Ladrillos, pisos y tejas) es uno de los pocos materiales de construcción que puede mostrar obras de más de 1000 años de antigüedad y que todavía conservan su esplendor. A modo de ejemplo podemos citar la Gran Muralla China, Monumentos de la Antigua Roma y la Ciudad de Venecia con sus críticas condiciones higrotérmicas.

Una vivienda de mampostería cerámica bien diseñada y construida no debería tener problemas durante su vida útil, sin embargo a veces por falta de conocimientos como es el caso de la Mampostería Confinada, o usos y costumbres no se construye de acuerdo a las reglas del arte apareciendo algunos problemas.

Los expertos coinciden en que la utilización del ladrillo tiene cuatro ventajas importantes: aislamiento acústico, termicidad, resistencia y naturalidad en su coloración.

Se debe tener en cuenta que actualmente los profesionales de la construcción no solo piensan en el diseño sino también en darle un toque más personal a sus creaciones con materiales más vistosos y decorativos (es decir presentación de colores no tradicionales logrados con diferentes temperaturas de quemado), los cuales sean más armoniosos con el medio ambiente pero que al mismo tiempo sean de buena calidad; con esto se puede pensar en la diversificación en los productos, y así abrir nuevas posibilidades de vender.

Fabricar esta línea de productos mejorados implica un costo mínimo pero más alto, ya que este se ve afectado principalmente por la compra de nuevas herramientas de fabricación para obtener la variedad requerida, sin embargo tal inversión se puede recuperar en el tiempo ya que se asegura la venta de estos productos por la necesidad y preferencia que en estos momentos se tiene y que el margen de utilidad puede llegar a ser alto, comparada con los productos de consumo tradicional.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	ii
CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
AUTORÍA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
Prefacio.....	vii
Índice general.....	ix
Capítulo 1	
Generalidades.....	1
1.1 Reseña histórica.....	1
1.2 La arcilla.....	2
1.2.1 Definición.....	2
1.2.2 Propiedades físicas de las arcillas.....	3
1.2.2.1 Plasticidad.....	3
1.2.2.2 Contracción.....	3
1.2.3 Propiedades químicas de las arcillas.....	4
1.2.4 Acción del calor sobre las arcillas.....	5
1.2.5 Tipos de arcilla.....	6
1.2.5.1 Caolín.....	6
1.2.5.2 Arcillas plásticas.....	6
1.2.5.3 Arcillas refractarias.....	6
1.2.5.4 Arcillas para gacetas.....	7
1.2.5.5 Arcilla para gres o arcilla para loza.....	7
1.2.5.6 Arcilla para barro cocido o arcilla de alfarería.....	8
1.2.5.7 Otras clases de arcillas.....	8
1.3 Ladrillo de arcilla cocida.....	9
1.3.1 Definición.....	9
1.3.2 Clasificación.....	9
1.3.2.1 Clasificación fabril.....	9
1.3.2.2 Clasificación morfológica.....	10
1.3.2.3 Clasificación térmica.....	10
1.3.2.4 Clasificación cualitativa.....	10

1.3.3 Terminología de caras y aristas	11
---	----

Capítulo 2

Caracterización de la materia prima	13
2.1 Generalidades	13
2.2 Selección de la materia prima	15
2.2.1 Método	15
2.2.2 Mezclado	16
2.3 Características físicas	16
2.3.1 Resultados	17
2.4 Normas para ensayos con ladrillos	17
2.4.1 Ensayo de resistencia a la compresión (ASTM C - 67)	17
2.4.2 Ensayo de absorción de humedad (norma ASTM C - 67)	18
2.4.3 Ensayo de resistencia a la compresión en prismas de mampostería (norma ASTM C - 1314)	19

Capítulo 3

Evaluación del ladrillo artesanal en el estado actual	23
3.1 Información preliminar	23
3.2 Fabricas de ladrillo artesanal	23
3.2.1 Información general	23
3.2.2 Proceso de fabricación del ladrillo artesanal	24
3.2.2.1 Extracción de arcilla	24
3.2.2.2 Mezclado	25
3.2.2.3 Humectación	25
3.2.2.4 Moldeo	26
3.2.2.5 Secado	26
3.2.2.6 Cocción	27
3.2.2.7 Dimensiones del ladrillo artesanal	28
3.3 Muestreo	28
3.4 Método de ensayo	28
3.5 Características mecánicas	29
3.6 Resultados	31
3.7 Conclusiones	32

Capítulo 4

Elaboración del ladrillo artesanal mejorado	33
4.1 Generalidades	33
4.2 Metodología de Trabajo	36
4.2.1 Primera dosificación	36
4.2.2 Segunda dosificación.....	37
4.2.3 Muretes	39
4.3 Materias primas	39
4.3.1 Inspección visual y de textura	39
4.3.2 Extracción y purificación de la arcilla	40
4.3.3 Reconocimiento del tipo de arcilla	41
4.3.4 Análisis racional.....	42
4.4 Tratamiento de la arcilla	42
4.4.1 Ajuste granulométrico	43
4.4.2 Ajuste por contracción	47
4.4.2.1 Desengrasantes.....	47
4.4.2.2 Fundentes.....	47
4.4.3 Ajuste por humedad.....	48
4.5 Adición de desengrasantes y fundentes	49
4.6 Mezclado	49
4.7 Amasado	50
4.8 Moldeo.....	50
4.9 Secado	52
4.10 Hornos para cochura de piezas cerámicas	53
4.10.1 Métodos de construcción de hornos	55
4.11 Cocción	56
4.11.1 Cantidad de calor.....	58
4.11.2 Terminación de la cochura.....	58
4.11.3 Contracción en la cochura	59
4.11.4 Carga y descarga del horno.....	60
4.12 Elaboración de ladrillos prensados	61
4.13 Elaboración de muretes	62
4.13.1 Preparación de los ladrillos.....	62

4.13.2 Colocación de los ladrillos	63
4.13.3 Dosificación del mortero	63

Capítulo 5

Análisis y resultados	65
5.1 Ladrillos elaborados en la primera dosificación	65
5.1.1 Resistencia a la compresión y densidad aparente	66
5.1.2 Modo de falla	68
5.2 Ladrillos elaborados en la segunda dosificación	68
5.2.1 Resistencia a la compresión y densidad aparente	70
5.2.2 Absorción de humedad	72
5.3 Muretes	73
5.3.1 Esfuerzo de compresión $f'm$	73
5.3.2 Relación esfuerzo – deformación	74
5.3.3 Módulo de elasticidad E_m	75
5.3.4 Modo de falla	77

Capítulo 6

Costos de producción del ladrillo tradicional mejorado	78
6.1 Generalidades	78
6.2 Características del análisis de costos	79
6.3 Integración del costo en la producción	79
6.3.1 Costos indirectos	79
6.3.2 Costos directos	79
6.4 Análisis de costos considerado en el presente estudio	80
6.4.1 Costo base de materiales utilizados para la fabricación del ladrillo	80
6.4.2 Cálculo de costo del ladrillo producido tradicionalmente	81
6.4.3 Cálculo de costo unitario para ladrillo mejorado	82
6.5 Ventajas y desventajas del ladrillo producido tradicionalmente	83
6.6 Ventajas y desventajas del ladrillo mejorado producido tradicionalmente	84

Capítulo 7

Diseño de una vivienda con mampostería confinada	85
7.1 Generalidades	85
7.2 Diseño	86
7.2.1 Materiales, herramientas y equipo	87

7.2.2 Unidades de mampostería.....	87
7.2.3 Mortero de pega.....	87
7.2.4 Mezcla para columnas de confinamiento, vigas de amarre y cintas de culata.....	88
7.2.5 Proceso constructivo de las paredes.....	88
7.2.6 Proceso constructivo de las vigas de amarre.....	90
7.2.7 Desencofrado.....	92
7.3 Ejemplo de diseño de vivienda con mampostería confinada.....	92
7.3.1 Conclusiones.....	110
7.4 Anomalías en la mampostería.....	110
7.4.1 Fisuras y grietas.....	110
7.4.2 Origen de las fisuras y grietas.....	111
7.4.3 Deficiencias de ejecución y/o materiales.....	111
7.4.3.1 Falta de adherencia entre el mortero y el ladrillo.....	111
7.4.3.2 Morteros mal elaborados.....	112
7.4.3.3 Retracción.....	112
7.4.4 Acciones mecánicas exteriores.....	112
7.4.4.1 Asentamientos diferenciales de los cimientos.....	112
7.4.4.2 Cargas puntuales.....	114
7.4.4.3 Cargas uniformes sobre muros de sección variable.....	115
7.4.4.4 Muros sometidos a estados de carga muy diferentes.....	115
Capítulo 8	
Conclusiones y recomendaciones.....	116
8.1 Conclusiones.....	116
8.2 Recomendaciones.....	117
Resumen.....	119
ANEXOS.....	122



Capítulo 1

Generalidades



1.1 Reseña histórica

Posiblemente, después de alimentarse, una de las necesidades primarias que tuvo el hombre desde sus inicios, y conforme a su desarrollo y evolución, fue la de contar con recintos cerrados que lo protegieran de las inclemencias del medio que lo rodeaba.

Las cavernas naturales fueron las que en un principio cubren esta necesidad. Sin embargo, la circunstancia de no contar siempre con esta solución, y las cada vez mayores necesidades que le plantea su evolución, hacen que el hombre comience a implementar artificialmente esos recintos, usando en un principio maderas y rocas naturales, para posteriormente donde no existía este último material, utilizar la madera en combinación con el ladrillo crudo.

Es así como durante la evolución humana, la técnica de fabricación de ladrillos también sufrió cambios; en efecto, si el ladrillo no tuviera propiedades tales como su sencilla técnica de producción y colocación, su capacidad de aislación, su capacidad soportante, su amplia gama de combinaciones, etc., sin duda no se seguiría usando hoy en día.

Los Sumerios son los primeros que aplican los ladrillos de arcilla cocida a la construcción de edificios que les protejan de la noche e inclemencias del clima y templos donde adorar a los dioses, producto del establecimiento de las primeras tribus nómadas en las llanuras mesopotámicas, dando origen al sedentarismo.

La falta de piedras y la existencia de importantes depósitos de sedimento proveniente de las inundaciones de los ríos, posibilita el surgimiento y desarrollo de los ladrillos de forma primitiva, crudos o adobes, secados al sol, y posteriormente del ladrillo propiamente dicho (sometidos a cocción).



La utilización de esta técnica constructiva se ha mantenido durante el tiempo, destacándose los siguientes casos:

La ciudad de Babilonia (1.800 a.C.), desde sus inicios hasta la muerte de Alejandro Magno, muestra su esplendor y magnificencia con una arquitectura desarrollada en base al ladrillo crudo secado al sol y sometido a cocción en menor escala.

Excavaciones realizadas en Palestina, muestran mampuestos de grandes espesores contruidos con ladrillos en la ciudad de Jericó (6.500 a.c.) en las cercanías de Jerusalem.

Las ciudades de Pompeya (750 a.c.) y Roma, nos muestran construcciones totalmente realizadas en ladrillos cocidos y revestidas con placas de mármol, estucos pintados y mosaicos.

Sin embargo, y a pesar de los ejemplos antes expuestos, los arquitectos comienzan a apreciar las posibilidades que brinda el uso de los ladrillos a partir del siglo VII, basados en cuatro razones básicas:

La técnica de producción es sencilla, si consideramos que para poder utilizar la piedra se debe escuadrarla y pulirla con herramientas muy rudimentarias, logrando del ladrillo un material relativamente barato.

La técnica de colocación se facilita, ya que al ser el ladrillo cocido un elemento más liviano, desaparecerán prácticamente los complicados aparejos para mover y colocar los pesados bloques de piedras.

Por último, las posibilidades y variedades de expresión en las fachadas, se enriquecen notablemente.

1.2 La arcilla

1.2.1 Definición

Las arcillas son el resultado de la descomposición lenta por la acción de la atmósfera y la acción química del anhídrido carbónico y el oxígeno del aire de numerosas rocas o minerales silico-aluminosos, tales como los feldespatos, las micas, los granitos, los basaltos, etc.; por lo tanto están constituidos por varios



silicatos aluminicos hidratados. En su estado puro recibe el nombre de caolinita o caolín y está representada químicamente por la fórmula $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 2H_2O$.

Debido a la diversidad de rocas que les dan origen, el estado de descomposición en mayor o menor grado y el proceso de acarreo al que fueron sometidas, las arcillas en su estado más general contienen impurezas, tales como cuarzo, carbonato de calcio, sulfatos sódicos y cálcico, hidróxido de hierro y sustancias orgánicas, comunicándoles propiedades que las hacen aptas para distintos usos o aplicaciones y comunicándoles distintas coloraciones.

1.2.2 Propiedades físicas de las arcillas

1.2.2.1 Plasticidad

Mediante la adición de una cierta cantidad de agua, la arcilla se convierte en una pasta plástica capaz de adquirir cualquier forma deseada. "Explica Bogt, basándose en el examen microscópico, que la textura de las arcillas es en forma de laminillas que se entrelazan entre si como las tejas de un tejado, y que, cuanto más pequeñas sean las laminillas, más flexible será la masa, y tanto mayor será su plasticidad. La plasticidad de la masa será tanto mayor cuanto más finos sean los granos de la arcilla utilizada, pero también depende de la cantidad de agua con que se ha amasado, pues si el agua es excesiva, la arcilla forma una papilla semi-líquida en la que la plasticidad ha desaparecido por completo."¹

Se acepta que las laminillas se mantienen en su posición por efecto de la atracción capilar que se ejerce entre ellas y las moléculas de agua interpuestas, llegando la atracción a su punto máximo cuando las laminillas llegan a ponerse en contacto. Se comprueba lo antes dicho por el desmoronamiento que sufren la arcillas al desecarse rápidamente al sol.

1.2.2.2 Contracción

Si se deja secar al aire una pieza moldeada de arcilla cualquiera, se produce en su superficie una evaporación y el agua así perdida es reemplazada por nuevas porciones desde el interior a la superficie. Debido a la plasticidad, las partículas de la pasta se aproximan entre sí para equilibrar la disminución de volumen provocado por

¹ Tratado de Construcción I, Antonio Miguel Saad, México.



la disminución del agua, continuando esta acción hasta que las laminillas lleguen a estar en contacto. La contracción debida al secamiento en el aire ha terminado, perdiendo la pasta su plasticidad, pero el secamiento total no es completo. La cantidad de agua que el aire puede aún extraer de las arcillas no es ya compensada por una nueva disminución de volumen, dando esto lugar a una estructura porosa en la pasta seca.

Cuando la desecación es rápida, se producen agrietamientos en la masa debido a que la parte central de ella no se deseca con la misma velocidad que la superficie y, por consiguiente, ésta se contrae más que aquella y la masa va agrietándose hasta quedar reducida a pequeños fragmentos.

1.2.3 Propiedades químicas de las arcillas

La arcilla pura es bastante resistente a la acción química de los reactivos; sin embargo, es atacada por algunos reactivos, sobre todo si se le aplican en condiciones apropiadas de presión, temperatura y concentración.

El ácido clorhídrico y el sulfúrico concentrados la descomponen a una temperatura de 250 a 300 °C y actúan más lentamente sobre arcilla calcinada.

Algunos álcalis como sosa y potasa atacan el silicato aluminico si hay calentamiento prolongado y la transforman en silicatos dobles de potasio y aluminio.

El anhídrido bórico la transforma en una masa vítrea (vitrificado) más atacable por los reactivos químicos.

Con mayor facilidad actúa el ácido fluorhídrico y los fluoruros ácidos formando fluoruro de Al y de Si.

Pero para la industria cerámica, las propiedades más importantes son las relacionadas con las reacciones efectuadas entre los diferentes silicatos de la arcilla para formar compuestos de ciertas características como resistencia, dureza, aumento de densidad, disminución de absorción, según la reacción que haya tenido lugar.



1.2.4 Acción del calor sobre las arcillas

El calor produce en las arcillas alteraciones profundas que constituyen el fundamento de todo arte cerámico; la eliminación del agua higroscópica se da a una temperatura de aproximadamente 100 °C, aún no pierde su agua de composición y conserva la propiedad de dar masas plásticas sin que se produzca ninguna otra suerte de cambios químicos.

Con una temperatura de 300 y 400 °C el agua llamada de combinación es liberada, perdiendo la propiedad de masas plásticas aunque se le reduzca a polvo y se le añada suficiente agua.

Entre 600 y 700 °C el agua en la arcilla es totalmente eliminada.

Por la acción del calor entre 700 y 800 °C adquiere propiedades tales como dureza, cohesión y sonoridad a la percusión, reduciéndose su volumen aparente de un 5 a un 10 %.

Esta combinación se completa al parecer entre 1100 y 1200 °C.

Hacia los 1500 °C aparecen los primeros síntomas de vitrificación.

“El color de la arcilla cocida depende en su mayor parte de los minerales secundarios contenidos en la cruda, así por ejemplo, según SEGER:

- Las arcillas ricas en óxido de aluminio (Al_2O_3) dan, por cocción, productos blancuzcos o pajizos; como los caolines y gres.
- Las anteriores con algo de óxido de hierro (Fe_2O_3) dan productos cocidos de color ocre o siena, como los estériles de las formaciones ligníticas.
- Las arcillas pobres en alúmina y ricas en óxido de hierro (Fe_2O_3) producen materiales rojos o violáceos, como la inmensa mayoría de las tierras que utiliza la cerámica porosa o alfarería.



- Arcillas ricas en hierro (Fe) y carbonato de calcio (CaCO_3) dan colores rojo pálido o grisáceo, volviéndose blancuzco a temperatura elevada por formación de silicato cálcico.²

1.2.5 Tipos de arcilla

1.2.5.1 Caolín

Son arcillas primarias (aunque también existen caolín secundario) que se han formado por la meteorización in situ del feldespato. Sus partículas son de gran tamaño y por ello resulta menos plástico en comparación con otras arcillas. Comúnmente están mezclados con fragmentos de roca de feldespato y cuarzo por ello se hace necesario utilizar algún método para su purificación. Su composición química se aproxima a la fórmula del mineral caolinita. Se trata de una arcilla altamente refractaria, con un punto de fusión por encima de los 1.800 °C.

En la práctica, raramente se utiliza el caolín puro dado su alto grado de refractariedad y su poca plasticidad, por ello se añaden a él otros materiales aunque se debe decir que no todos los caolines son iguales en color ni plasticidad. En general su grado de contracción es baja debido al grosor de sus granos y tiene poca resistencia en seco.

1.2.5.2 Arcillas plásticas

Por sus propiedades, se contraponen al caolín dado que poseen un mayor contenido en hierro, son más fusibles, más plásticas y su grano es más fino. Es por ello que se puede decir que son complementarias y a menudo se combinan para crear una arcilla más trabajable.

Se trata de una arcilla secundaria, mezclada frecuentemente con capas de carbón y otros tipos de arcilla. Es altamente plástica y aunque no es tan pura como el caolín está relativamente libre de hierro y otras impurezas, cociéndose a un color gris claro debido a la presencia de material carbonoso.

Éstas poseen un elevado grado de contracción, que puede llegar hasta a un 20%.

² Materiales de Construcción, Antonio Camuñas Paredes, Madrid 1974



1.2.5.3 Arcillas refractarias

Esta arcilla no es un tipo propiamente dicho dado que se refiere a la resistencia al calor de las arcillas en general, independiente del color o plasticidad.

Cualquier arcilla que resista la fusión hasta alrededor de los 1.500 °C puede considerarse como una arcilla refractaria, lo que significa que es relativamente pura y libre de hierro.

Estas arcillas son útiles para gran variedad de productos, principalmente en la fabricación de ladrillos refractarios y otras piezas para hornos.

También son utilizadas como aditivos para las pastas de loza o las pastas para gacetas en los que se quiera aumentar la refractariedad.

1.2.5.4 Arcillas para gacetas

Las gacetas son cajas de arcilla en las cuales se cuecen las piezas para protegerlas del calor y la llama directa del horno. Por tanto esta arcilla debe ser bastante refractaria, plástica para ser conformada por modelado y formar un cuerpo denso una vez cocida, para ser resistente a la fatiga producida por las continuas cocciones.

Normalmente se cuecen a un color gris-anteado claro y se usan frecuentemente como aditivo en las pastas para loza y barro cocido.

1.2.5.5 Arcilla para gres o arcilla para loza

Las arcillas para loza son arcillas secundarias y plásticas que se funden a 1.200-1.300 °C.

Su color de cocción va desde un gris claro a un gris oscuro o marrón.

Cambian mucho de color, plasticidad y temperatura de cocción sin haber una distinción clara entre arcilla refractaria, de gacetas o para loza. La distinción se suele basar según el uso que se haga de la arcilla más que por su naturaleza química o física.



Esta puede presentar un grado óptimo de plasticidad así como de cocción o puede mejorarse añadiendo feldespato y arcilla de bola para ajustar su temperatura y plasticidad.

1.2.5.6 Arcilla para barro cocido o arcilla de alfarería

Son muy corrientes y suelen contener hierro y otras impurezas minerales por lo que su grado de cocción es de 950-1.100°C. En bruto esta arcilla es roja, marrón, verdosa o gris por la presencia del óxido de hierro, y tras su cocción puede variar de color.

Se trata de la materia común para los ladrillos, baldosas, tubos de drenaje, tejas, etc.

La *arcilla roja común* por sí sola es demasiado plástica, llegando a ser pegajosa, aunque a veces contiene arena u otros fragmentos pétreos que dificultan su plasticidad.

Se encuentra gran cantidad de esta arcilla en la superficie de la tierra, aunque a veces es inutilizable debido a su gran contenido en calcita o sales alcalinas solubles.

La *arcilla azul* contiene mucha cal y se trata de la arcilla más plástica de todas al natural. Estando mojada tiene un color azul grisáceo que al cocerse se convierte en un color amarillento.

1.2.5.7 Otras clases de arcillas

La tierra para adobes: Se trata de una arcilla superficial adecuada para hacer adobes o ladrillos secados al sol. Casi no tiene plasticidad y contiene un alto porcentaje de arena.

Arcilla apedernalada: Es una arcilla refractaria que ha sido compactada en una masa relativamente dura, densa, parecida a la roca.

El esquisto: Es una roca metamórfica formada por la naturaleza a partir de la arcilla sedimentaria, con poca plasticidad a menos que se pulverice finamente y se deje humedecer durante largo tiempo. Puede utilizarse como aditivo o como principal ingrediente para ladrillos y otros productos pesados de arcilla.



La bentonita: Es una arcilla de origen volcánico. Aunque su composición química es parecida a la arcilla, su naturaleza física difiere en que tiene más material coloidal. Se utiliza para dar plasticidad a las pastas de arcilla y como emulsionante en los vidriados. No puede utilizarse por sí sola debido a su tendencia a hincharse cuando se humedece y por su pegajosidad y contracción elevada.

Arcilla para terracota: Arcilla de cocción a bajo fuego que puede utilizarse en la fabricación de grandes piezas de terracota. Tiene un grano grueso que permite un secado rápido y uniforme.

La bauxita o diaspora: Poseen un alto contenido en alúmina. Pueden ser altamente refractarias y se usan como materia prima para la producción de aluminio metálico.

El gumbo: Es una arcilla superficial o del suelo, muy plástica y pegajosa que contiene una cantidad considerable de materia orgánica.

Ocre, umbra y siena: Arcillas con gran contenido de combinaciones férricas y de manganeso que puede variar por ello es aconsejable efectuar ensayos previamente. Se pueden emplear para colorear algunos tipos de vidrio.

1.3 Ladrillo de arcilla cocida

1.3.1 Definición

“El ladrillo se considera como una pieza de arcilla o tierra arcillosa moldeada (a mano o mecánicamente) y cocida, en forma de un paralelepípedo o prisma regular, empleado en albañilería. En la elaboración se puede adicionar otros materiales de suficiente plasticidad o consistencia, que puedan tomar formas permanentes y al secarse no presenten grietas, nódulos o deformaciones.”³

1.3.2 Clasificación

1.3.2.1 Clasificación fabril

- **Ladrillo artesanal o común.**- Es el ladrillo hecho a mano en molde de madera y cocido en horno hormiguero, el cual es elaborado sin una técnica que controle la calidad de los materiales usados ni el proceso de elaboración.

³ Norma INEN 297. Ladrillos cerámicos. Requisitos



- **Ladrillo prensado.**- Es un ladrillo producido a nivel industrial siguiendo un estricto proceso de control de calidad, es moldeado en prensa, cocido en horno continuo y presenta una gran compacidad y perfección de la forma.

1.3.2.2 Clasificación morfológica

- **Ladrillo macizo.**- Es compacto o con perforaciones en su interior que no pasen del 20% de su volumen. También se admiten como macizos los ladrillos que presentan rebajos parciales en sus caras, de superficie menor del 40% de ellas, destinados a alojar el mortero de pega.
- **Ladrillo hueco.**- Es un ladrillo que presenta perforaciones en cualquiera de sus caras y que pasen del 20% de su volumen. La disposición y el número de perforaciones variará de acuerdo al uso.

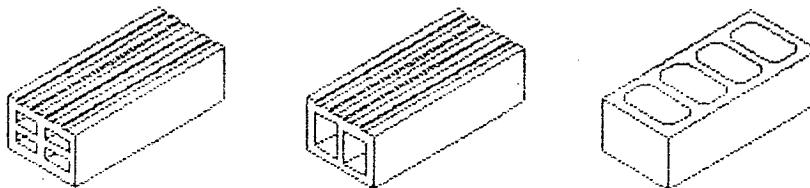


Figura 1.1 Tipos de ladrillo hueco

1.3.2.3 Clasificación térmica

- **Ladrillo santo.**- Es aquel que está requemado, torcido y negruzco.
- **El recocho.**- Aquel ladrillo que ha recibido la temperatura debida.
- **El pardo.**- Es el ladrillo cocido a temperatura más baja que la necesaria para la deshidratación del caolín.

1.3.2.4 Clasificación cualitativa

La norma INEN 297 "Ladrillos cerámicos. Requisitos", que regula las calidades y medidas de los ladrillos de arcilla cocida, establece los siguientes tipos de ladrillos:

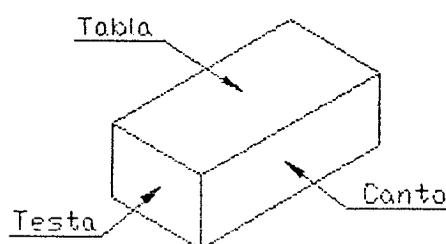
- **Ladrillo macizo.**- De acuerdo con su calidad, será: tipo A, B y C.
 - El ladrillo **tipo A** será de ángulos y aristas rectas, sin manchas, eflorescencias, quemados o desconchados aparentes. La resistencia



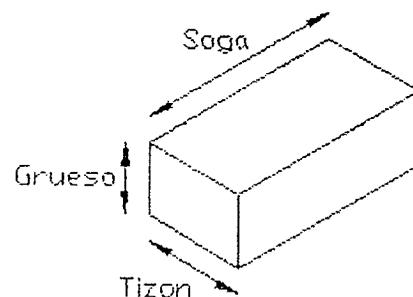
mínima a la compresión será de 200 kg./cm². La absorción máxima de humedad será de 16%.

- El ladrillo **tipo B** será de ángulos y aristas rectas, pudiendo presentar pequeñas imperfecciones en sus caras exteriores, y variación de rectitud en sus aristas de hasta 5 mm. La mínima resistencia a la compresión será de 140 kg./cm². La absorción máxima de humedad será de 18%.
- El ladrillo **tipo C** podrá presentar imperfecciones en sus caras exteriores, y variación de rectitud en sus aristas de hasta 8 mm. La mínima resistencia a la compresión será de 60 kg./cm². La absorción máxima de humedad será de 25%.
- **Ladrillo hueco.**- De acuerdo con el uso, el ladrillo hueco se clasifica en tres tipos : D, E y F, pudiendo utilizarse en muros soportantes, tabiques divisorios no soportantes y relleno de losas alivianadas.
 - El ladrillo **tipo D**, tendrá una resistencia mínima a la compresión de 50 kg./cm². La absorción máxima de humedad será de 16%.
 - El **tipo E**, tendrá una resistencia mínima a la compresión de 40 kg./cm². La absorción máxima de humedad será de 18%.
 - El ladrillo **tipo F**, tendrá una resistencia mínima a la compresión de 30 kg./cm². La absorción máxima de humedad será de 25%.

1.3.3 Terminología de caras y aristas



TERMINOLOGÍA DE CARAS



TERMINOLOGÍA DE ARISTAS

Figura 1.2 Terminología de caras y aristas

- Las caras de los ladrillos reciben los siguientes nombres:



Tabla, la cara mayor; **Canto**, la cara intermedia y **Testa**, la cara menor.

- Las aristas de los ladrillos reciben tradicionalmente los nombres siguientes:

Soga, la arista mayor; **Tizón**, la arista media y **Grueso**, la arista menor.



Capítulo 2

Caracterización de la materia prima y normas para ensayos con ladrillos

2.1 Generalidades

Los suelos muestran gran variedad de aspectos y características químicas en función de los materiales minerales y orgánicos que lo forman. El color es uno de los criterios más simples para calificar las variedades de suelo. La oscuridad suele ser resultado de la presencia de grandes cantidades de humus. A veces, sin embargo, los suelos oscuros o negros deben su tono a la materia mineral o a humedad excesiva.

Los suelos rojos o castaño-rojizos suelen contener una gran proporción de óxidos de hierro (derivado de las rocas primigenias) que no han sido sometidos a humedad excesiva. En muchos lugares del mundo, un color rojizo puede ser debido a minerales formados en épocas recientes. Casi todos los suelos amarillos o amarillentos deben su color a óxidos de hierro que han reaccionado con agua, los suelos grisáceos pueden tener deficiencias de hierro u oxígeno, o un exceso de sales alcalinas, como carbonato de calcio.

La textura general de un suelo depende de las proporciones de partículas de distintos tamaños que lo constituyen. Las partículas del suelo se clasifican como arena, limo y arcilla. Las partículas de arena tienen diámetros entre 2 y 0,05 mm, las de limo entre 0,05 y 0,002 mm, y las de arcilla son menores de 0,002 mm. En general, las partículas de arena pueden verse con facilidad y son rugosas al tacto. Las partículas de limo apenas se ven sin la ayuda de un microscopio y parecen harina cuando se tocan. Las partículas de arcilla son invisibles si no se utilizan instrumentos y forman una masa viscosa cuando se mojan.

“En función de las proporciones de arena, limo y arcilla, la textura de los suelos se clasifica en varios grupos definidos de manera arbitraria. Algunos son: la arcilla



arenosa, la arcilla limosa, el limo arcilloso, el limo arcilloso arenoso, el fango arcilloso, el fango, el limo arenoso y la arena limosa".⁴

El sitio de extracción de la arcilla en Catamayo es considerado como un depósito, que en geología no es más que la acumulación natural de mineral o de material rocoso formado después del transporte y posterior sedimentación por agua, glaciares o viento de dichos materiales. Los ríos forman los depósitos aluviales. El agua corriente puede llevar partículas de arena, arcilla o cieno en suspensión que se van posando en el fondo y en los lados de las corrientes, en especial en las zonas donde el torrente se ensancha y el agua lleva una velocidad menor. Los ríos depositan aluvión formando deltas. En el lugar donde varios arroyos alcanzan el suelo de un valle plano, el cambio rápido en el gradiente y el frenado consiguiente del agua pueden provocar la formación de un abanico aluvial, otra forma de depósito.

La acción del agua corriente tiende a clasificar por peso y medida las partículas arrastradas en suspensión. Así, las guijas y los guijarros se depositan antes que la arena, que es más ligera, y que el cieno, que se deposita aún más lejos río abajo. También los glaciares son responsables de varios tipos de depósitos.

Los materiales para la producción de productos cerámicos son compuestos inorgánicos no metálicos, en su mayoría óxidos, aunque también se emplean carburos, nitruros, boruros y siliciuros. La cerámica incluye los trabajos de alfarería, porcelana, ladrillos, baldosas y azulejos de gres.

En el valle de Catamayo se encuentra un yacimiento importante de arcillas llamado "Los Tejares", de donde se benefician diversos grupos sociales, pues las necesidades económicas de este lugar son tan grandes que la fabricación de ladrillos se efectúan de manera análoga a la de una microindustria. Por lo cual es importante la implementación de nuevas técnicas para la explotación de este recurso.

⁴ Enciclopedia Microsoft Encarta. Edición 2004

2.2 Selección de la materia prima

La selección de la materia prima dentro de la investigación se la realizó mediante muestreos, una muestra es una porción representativa de material que evidencia las características mineralógicas-técnicas de la zona a analizar.

El muestreo consiste en el proceso de recolección de porciones de material beneficiables, también en afloramientos y cortes naturales que presenten condiciones favorables.

Se conocen muchos métodos que se emplean para muestrear excavaciones minerales y afloramientos naturales a saber: por Puntos, por Fracciones, de Surcos, por Barrenado, de Cepillado Global y por Acopio.

2.2.1 Método

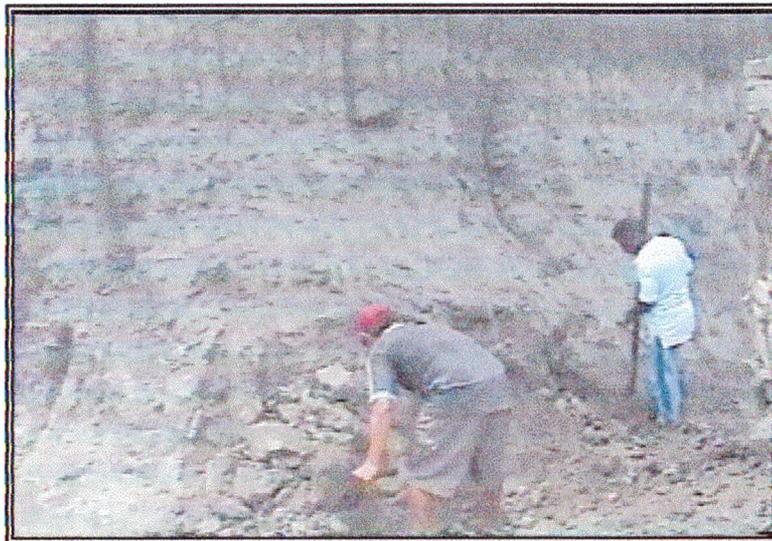


Figura 2.1 Muestreo de arcillas

El muestreo de las arcillas se lo realizó por el método puntual, estos puntos de muestreo se efectuaron de acuerdo a las condiciones y características macroscópicas de las arcillas. Ello consiste en tomar porciones en distintos lugares del afloramiento, de tal forma que sean representativas; se efectuó cortes perpendiculares a los dos estratos (arcilla pura y arcilla arenosa) claramente definidos en los afloramientos y posteriormente ubicar una red de puntos de recolección de muestra.



2.2.2 Mezclado

El mezclado consiste en remover todo el material tomado de los diferentes puntos de tal manera que se unifique para que sea representativa la muestra. Para realizar esta operación previamente reducimos el tamaño de los pedazos de arcilla y luego de esto, con una pala se procedió a mezclar toda la arcilla desprendida y seguido realizar un cuarteo según la norma ASTM C 702

El mezclado de la arcilla y de la arcilla arenosa se realiza por separado así como todos los procesos ejecutados.

2.3 Características físicas

Para la determinación de las características físicas que posee una arcilla o cualquier suelo, se emplea los límites de consistencia o también llamados de Atterberg, el mismo que se define como el grado de cohesión de las partículas de un suelo y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a la deformación o destrucción de una estructura.

Según el contenido de agua en orden decreciente un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia definidos por Atterberg.

- a. Estado líquido, con las propiedades y apariencia de una suspensión.
- b. Estado semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.
- c. Estado plástico, en el que el suelo se comporta plásticamente.
- d. Estado semisólido, en que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún, disminuye el volumen al estar sujeto a secado.
- e. Estado sólido, en que el volumen de suelo no varía con el secado.

La consistencia de los suelos está representada por el contenido de humedad. Entre los principales límites de consistencia conocidos tenemos: límite de plasticidad, líquido y de contracción, de ellos solamente se ha determinado el líquido y de plasticidad.



2.3.1 Resultados

Luego de realizar los ensayos en laboratorio para las muestras obtenidas de la mina en el sector "Los Tejares" se obtuvieron los siguientes resultados:

Ensayo	Material arcilloso	Material arenoso	Arena de río	Norma
Contenido de agua	9.10	3.31		ASTM D 4318
Límite líquido	54	30		ASTM D 4318
Límite plástico	27	25		ASTM D 4318
Índice de plasticidad	27	5		ASTM D 4318
Contenido de arcilla		25.75	4.66	INEN 697
Clasificación SUCS	CH	ML - OL		

2.4 Normas para ensayos con ladrillos

2.4.1 Ensayo de resistencia a la compresión (ASTM C - 67)

El fundamento de este ensayo es someter una mitad de un ladrillo a la aplicación de carga en aumento hasta llegar a la falla. Se considera que ésta ocurre cuando el elemento ya no puede soportar más carga.

Preparación de la muestra

Las muestras a ensayarse consistirán en mitades de ladrillo con caras planas y paralelas, obtenidas de cinco ladrillos enteros, secos y sin defectos apreciables.

Procedimiento

1. Se procede a tomar sus dimensiones para determinar el área de superficie sobre la cual se aplicará la carga.
2. Luego de varios ensayos de prueba se llegó a determinar que para refrentar la superficie del ladrillo con las placas de acero de la máquina, es necesario el uso de dos planchas de MDF ubicadas en las caras superior e inferior del ladrillo.



3. Entre la rótula de carga de la máquina y el ladrillo se debe colocar una placa de acero que cubra la totalidad de la superficie del ladrillo, capaz de distribuir uniformemente la aplicación de la carga.
4. Se coloca el ladrillo con su mayor área hacia arriba de manera que los ejes longitudinales y transversales queden alineados con los ejes de la placa de la máquina.
5. La aplicación de la carga será a una velocidad conveniente hasta la mitad de la carga máxima esperada, la carga restante será aplicada a una velocidad uniforme en no menos de 1 ni mayor a 2 minutos.

Cálculo

$$\text{Esfuerzo a compresión, } C = \frac{W}{A}$$

Donde:

C = Esfuerzo a compresión del espécimen (Kg/cm²)

W = Carga máxima (Kgf), indicada por la máquina de prueba

A = Promedio de las áreas (cm²) de las caras superior e inferior del espécimen en contacto con la máquina.

El promedio de los valores obtenidos de las 5 mitades de ladrillo representa el valor de la resistencia a la compresión de la muestra.

2.4.2 Ensayo de absorción de humedad (norma ASTM C - 67)

El procedimiento descrito a continuación cubre los procedimientos para conocer el valor de la absorción de humedad y se basa en la determinación de las masas de una muestra de ladrillo antes y después de ser sumergida en agua.

Preparación de la muestra

Las muestra a ensayar consistirá de cinco mitades de ladrillo limpios y secos. Los ladrillos serán cortados por cualquier método y tendrán las caras planas y paralelas.



Procedimiento

Una vez preparadas las muestras y anotada su masa constante, sumergirlas en agua destilada, a una temperatura de 15.5 a 30 °C por 24 horas. Al sacar las muestras del agua, secarlas con un paño húmedo antes de pesarlas. La pesada de cada muestra debe concluirse antes de cinco minutos de sacada del agua.

Cálculo

$$\text{Absorción, \%} = 100 (W_S - W_D) / W_D$$

Donde:

W_D = Peso seco del espécimen

W_s = Peso saturado del espécimen después de sumergir en el agua

El promedio de los valores obtenidos de las 5 mitades de ladrillo representa el valor del porcentaje de absorción de la muestra.

2.4.3 Ensayo de resistencia a la compresión en prismas de mampostería (norma ASTM C - 1314)

Esta norma cubre los procedimientos para la construcción y prueba de prismas de mampostería para determinar el valor de f_m (resistencia a la compresión en prismas de mampostería).

Construcción de prisma de mampostería

1. Fabricar prismas con unidades representativas de aquellas usadas en la construcción. Si las unidades tienen estrías o bordes que sobresalen 12.5 mm o más desde la superficie de la unidad, removerlas con una sierra cortándolas al nivel de la superficie de la unidad.
2. Fabricar un set de por lo menos 3 prismas para cada combinación de materiales y edad, para la cual serán ensayados.
3. Elaborar cada prisma en una bolsa húmeda abierta lo suficientemente grande para envolver y cerrar el prisma completado. Fabricar los prismas sobre un piso plano y nivelado.



4. Fabricar los prismas como se muestran en la Fig. 2.2, con las unidades dadas en las posiciones mostradas, orientar las unidades en el prisma como en la correspondiente construcción. Al tiempo de elaborar los prismas, las superficies de las unidades estarán libres de humedad.
5. Fabricar los prismas con el asiento lleno de mortero representativo del usado en la construcción, usar el espesor de las juntas de mortero, el método de posición y alineamiento de unidades representativos de la correspondiente construcción.
6. Fabricar prismas de un mínimo de 2 unidades de alto con una relación altura – espesor h_p / t_p entre 1.3 y 5.0.
7. Inmediatamente de la construcción del prisma, sellar la bolsa húmeda ajustada alrededor del prisma.

Curado

Después de las iniciales 48 horas de curado, mantener el prisma enfundado en un área a una temperatura de $24 \pm 8^\circ \text{C}$. Dos días antes de la prueba, remover las bolsas y continuar a la temperatura de $24 \pm 8^\circ \text{C}$.

Preparación para la prueba

Medición de prismas.- Como se muestra en la Fig. 2.3, medir la longitud y ancho de los bordes de las caras superior e inferior de los prismas. Determinar la longitud y ancho promediando las cuatro medidas de cada dimensión. Medir la altura del prisma al centro de cada cara. Determinar la altura promediando las cuatro dimensiones.

Procedimiento

Instalar el prisma en la máquina de prueba.- Limpiar la superficie de apoyo de la placa y el espécimen. Ubicar el espécimen sobre la placa, en la parte baja. Alinear ambos ejes centroidales del espécimen y de las placas de la máquina.



Aplicar la carga al prisma, hasta un medio de la carga total esperada a una velocidad conveniente. Aplicar el resto de la carga a una velocidad uniforme, en no menos de 1 ni más de 2 minutos.

Describir el modo de falla lo mejor posible, o ilustrar los patrones de rotura en una fotografía o dibujo.

Cálculo

Determinar el área neta de la sección transversal, multiplicando la longitud por el ancho, las cuales corresponden al área neta de la sección transversal de una unidad de mampostería.

Esfuerzo en prismas de mampostería.- Calcular el esfuerzo en cada prisma, dividiendo la máxima carga de compresión obtenida para el área neta de la sección transversal del prisma.

Esfuerzo a la compresión de la mampostería.- Calcular la relación h_p / t_p para cada prisma, usando la altura y la menor dimensión lateral. Determinar el factor de corrección en la tabla 1. Si la relación altura – espesor del prisma se halla entre los valores de h_p / t_p de la tabla 2.1, determinar el correspondiente factor de corrección mediante interpolación lineal entre los valores dados. Multiplicar el esfuerzo en el prisma por su respectivo factor de corrección. Calcular el esfuerzo a la compresión de la mampostería f_m de cada muestra promediando los valores obtenidos.

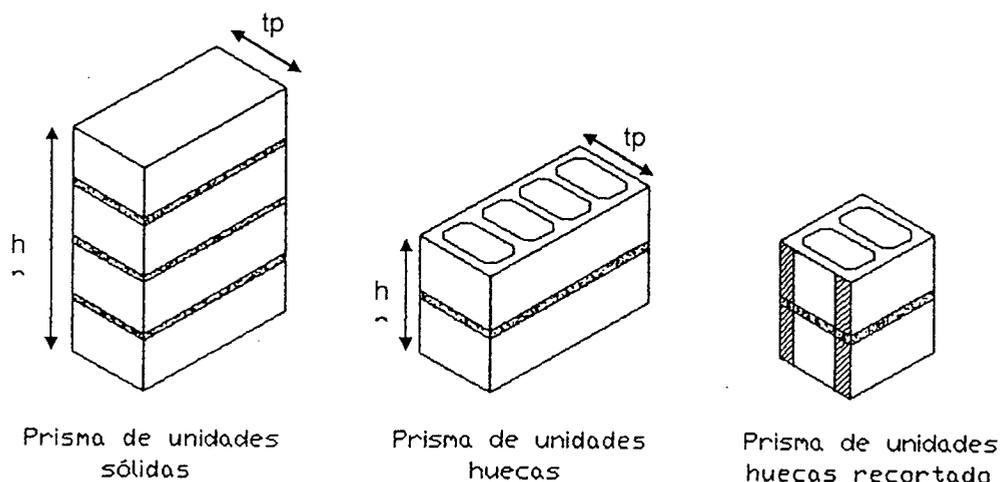


Figura 2.2 Construcción de prismas de mampostería⁵

⁵ Norma ASTM C - 1314



Tabla 2.1 Factores de corrección de altura – espesor para esfuerzo a la compresión en prismas de mampostería.

h_p / t_p	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor de corrección	0.75	0.86	1.0	1.04	1.07	1.15	1.22

Fuente : Norma ASTM C - 1314

P

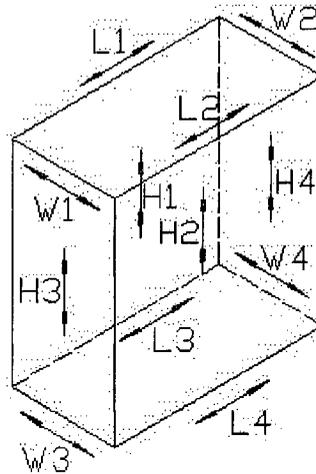


Figura 2.3 Localización de medidas en el prisma



Capítulo 3

Evaluación del ladrillo artesanal en el estado actual



3.1 Información preliminar

El ladrillo artesanal es un producto que ha venido siendo elaborado de manera empírica, aunque con un proceso parecido en todas las ladrilleras artesanales de Catamayo, esta forma sin duda afecta varias características físicas y mecánicas, entre ellas la resistencia a la compresión, considerada la más importante para el sistema constructivo de mampostería confinada.

Al no existir información que proporcione datos confiables de la resistencia a la compresión en ladrillos artesanales, hemos realizado una evaluación que cubrió la mayoría de los puntos de venta en la ciudad de Loja de este tipo de ladrillo elaborado en Catamayo, el mismo que ha demostrado ser el de la preferencia del consumidor con una participación del 95% del mercado local.

3.2 Fabricas de ladrillo artesanal

3.2.1 Información general

La producción de ladrillos constituye una actividad típica y tradicional en nuestra región especialmente a nivel artesanal.

Se visitó la totalidad de locales de expendio del ladrillo artesanal en la ciudad de Loja, concluyendo que aproximadamente el 95 % de estos venden ladrillo proveniente del cantón Catamayo y el restante llega de la parroquia de Malacatos en el cantón Loja, consecuentemente se decidió trabajar con ladrillos de las fábricas ubicadas en el cantón Catamayo por ser de la preferencia del mercado lojano.

Los ladrillos son utilizados en la construcción principalmente como material de relleno para elementos divisorios como paredes y como elementos decorativos en fachadas e interiores.



La información obtenida es resultado de la investigación directa realizada a nivel artesanal, utilizando para tal efecto una encuesta en la que se solicitó datos generales y específicos como:

- Nombre de la empresa
- Número de trabajadores
- Producción semanal o mensual de ladrillo
- Procedencia de la materia prima
- Proceso de elaboración del ladrillo
- Combustible del horno
- Mercado para la producción
- Precio de venta del ladrillo.

3.2.2 Proceso de fabricación del ladrillo artesanal

Es necesario anotar que todas las fábricas ladrilleras investigadas en el barrio “Los Tejares” del cantón Catamayo presentan iguales procesos de elaboración siendo este a un nivel artesanal.

3.2.2.1 Extracción de arcilla

Los depósitos de arcilla se encuentran aproximadamente a 200 m. de las instalaciones del aeropuerto “Camilo Ponce Enríquez” de la ciudad de Catamayo, el área cubre una extensión de 16 Ha, sus propietarios son los socios fundadores de la Asociación Catamayo, actualmente disuelta.

La mina es explotada mediante escalonamientos sucesivos, la cual posee un estrato de arcilla que se presenta en la parte superior con un espesor de 2m, seguido en la parte baja existe un estrato de arena de 2.5m de espesor como promedios para toda la mina los mismos que no presentan mayores variaciones de espesor, los estratos tienen una composición homogénea y claramente definidos. El estrato de arcilla tiene cierta presencia de carbonato de calcio en forma de pequeñas piedras de diámetro menor a 1 cm.

La arcilla se extrae de forma manual mediante el empleo de picos y palas, primero se hace una limpieza de raíces o restos vegetales contenidos en la tierra para luego excavar en los bordes del talud existente y hacer rodar grandes terrones de arcilla, la



arena se extrae en la parte baja igualmente con herramienta manual, ambas son depositadas en el camión de transporte ubicado al pie del talud y después son llevadas hasta las fábricas ubicadas a poca distancia en el barrio Los Tejares.

La arena es un desengrasante que se extrae con el fin de corregir las propiedades de la arcilla que es muy grasa, la arena tiende a mantener una constancia volumétrica durante el secado, baja la contracción y previene el agrietamiento.

3.2.2.2 Mezclado

Una vez depositada la materia prima se procede a mezclarla en un espacio abierto utilizando herramienta menor, en proporciones que varían según la fábrica y pudiendo ser diferente en cada ocasión que se elabora ladrillo.

Este paso se aprovecha para limpiar de forma manual la materia prima de restos vegetales y piedras grandes.

Cabe indicar que en las ladrilleras artesanales no se realiza ningún proceso para triturar los terrones duros de arcilla impidiendo de esta manera el mezclado homogéneo de la materia prima, ni tampoco se realiza un tamizado para retener a las partículas con diámetros mayores a 5 mm que aconsejan estudios realizados.

3.2.2.3 Humectación

Es indispensable para que se manifieste la plasticidad de la arcilla, para ello se dispone de pozos de poca profundidad (0.5 m) y cuya área puede variar según la fábrica. Se introduce la tierra arcillosa en el pozo lleno de agua y se deja reposar por 24 horas, una vez completado el tiempo se añade el aserrín o tamo de arroz que mezclado en la masa permiten disminuir notablemente el agrietamiento al secarse, debido a la resistencia mecánica de éstos, luego se procede al amasado que lo realiza un obrero pisoteando el barro con los pies y removiendo la masa con una pala, esta operación es laboriosa y muchas veces insatisfactoria

En las visitas efectuadas comprobamos que la mayoría de pozos tienen una capacidad de 3m³ que equivale a una producción aproximada de 1000 ladrillos.



3.2.2.4 Moldeo

En esta etapa se da a la pasta arcillosa la forma que va a tener el producto terminado, la técnica de moldeo empleada es la deslizante.

La masa es extraída del pozo para agilizar el trabajo, primero se espolvorea arena fina o polvo de ladrillo sobre una superficie plana del terreno con el objeto de que la masa arcillosa no se adhiera a la superficie de trabajo, después de lavar el molde se recoge la masa formando una bola que se arroja sobre él para luego comprimir el barro con las manos cerradas y llenar los espacios vacíos, se enrasa con la mano para quitar el sobrante y debido a la consistencia de la pasta, el molde se saca inmediatamente por medio de un movimiento vertical hacia arriba. Para evitar que la pasta se adhiera al molde es necesario mojarlo y limpiarlo en cada operación. El molde empleado es una caja sin fondo con divisiones para permitir la elaboración de tres ladrillos simultáneamente.

Una cuadrilla de cuatro trabajadores fabrica tres mil ladrillos diarios siguiendo el procedimiento artesanal o tradicional.

3.2.2.5 Secado

Esta etapa tiene por objeto eliminar de las piezas moldeadas, antes de la cocción, el agua de amasado para evitar fuertes contracciones, deformaciones y desmoronamientos de la pasta por brusco secado en los hornos. Para evitar esto, el secado se realiza a la sombra de modo que la evaporación superficial sea a la misma velocidad de salida del agua contenida en la parte central de la masa. Después de 24 horas de secado en la superficie de trabajo, se coloca de canto a los ladrillos y 48 horas después se apilan entre sí y con espacio suficiente para permitir el paso del aire entre las piezas, el tiempo suficiente hasta que adquieran su secado completo que por lo general lo alcanzan después de 5 días si las condiciones de temperatura lo permiten.

La contracción debido al secado es inevitable y experimenta una reducción del volumen aparente equivalente al 8 % el cual debe tenerse en cuenta al moldear.



3.2.2.6 Cocción

Es la etapa final en el proceso de elaboración cuyo objeto es la eliminación de las moléculas de agua de las piezas, las mismas que adquieren la característica pétreo que hace inalterable su forma gracias a reacciones poco conocidas que tienen lugar entre los elementos que componen a las arcillas.

La cocción se realiza de forma rústica en hornos hormigueros y se efectúa mediante apilado de las piezas secas de canto y dejando espacios entre ellas, formando una especie de pirámide cuadrangular truncada de unos 5m de base por unos 4m de altura, en la base se coloca el combustible que es la leña ayudándose también de gas para avivar el fuego, la temperatura aproximada de cocción es de 900 °C y para evitar que los gases de la combustión se pierdan por las caras laterales del tronco de pirámide se recubre estas caras con piezas puestas de canto y juntas con lodo. Lograda la cocción que dura de 18 a 20 horas se espera un tiempo de enfriamiento y se extraen los ladrillos que desde luego no presentan uniformidad, pues en los sitios centrales se obtendrán productos de mejor calidad que los ubicados en la periferia.

En los hornos hormigueros no se puede determinar con precisión la temperatura de cocción, pero al ladrillero experimentado le basta observar el color del fuego para deducir su temperatura, según la escala convencional:

COLOR	TEMPERATURA
Rojo naciente	500 °C
Rojo sombra	650 °C
Cereza naciente	800 °C
Cereza claro	950 °C
Naranja oscuro	1100 °C
Naranja claro	1250 °C
Amarillo	1400 °C
Blanco	1500 °C

Fuente : Materiales de Construcción, 1974



3.2.2.7 Dimensiones del ladrillo artesanal

Las aristas de un ladrillo tienen las siguientes dimensiones:

ARISTAS	DIMENSIONES (cm)	
	Común	Panelón
Soga	24,0	30,0
Tizón	11,0	15,0
Grueso	7,5	9,0

Fuente : Puntos de venta de ladrillo en la ciudad de Loja

3.3 Muestreo

El procedimiento adoptado para la extracción de muestras fue el sistemático, conforme la Norma INEN 292 en la cual los componentes del lote se presentan en forma ordenada, simplificándose el muestreo al escoger sus unidades a intervalos regulares hasta completar la muestra especificada.

Cada unidad de muestreo fue debidamente marcada para su identificación mediante un código que nos permita conocer su procedencia.

El tamaño de la muestra a ensayar es de 5 unidades de acuerdo a la Norma INEN 292. El número de unidades de la muestra se adopta según el tamaño del lote, el mismo que en todos los casos analizados estuvo dentro del rango especificado de 1201 hasta 35000 ladrillos.

Es necesario indicar que al tomar las unidades para la muestra se seleccionó ladrillos que presentaran las mejores características tanto en uniformidad de dimensiones, coloración y acabado, evitando aquellos que contenían fisuras o desconchados.

3.4 Método de ensayo

El método de ensayo para verificar la característica de resistencia a la compresión de los ladrillos comprados en la ciudad de Loja será el siguiente:

Para su determinación se seguirá la Norma ASTM C-67. Como resultado del ensayo se tomará el valor característico R_{ck} , siendo:



$$R_{ck} = R_c - z_c \sigma$$

donde:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (R_{ci} - R_c)^2}{n-1}}$$

siendo:

R_c = Valor medio de todos los ensayos

Z_c = Nivel de confianza

σ = Desviación estándar

R_{ci} = Cada uno de los resultados de los ensayos

n = Número de probetas ensayadas

La desviación estándar es la medida de la dispersión de los valores resultantes de los ensayos con respecto a la media (valor promedio).

Dada la amplitud en la variación de resultados obtenidos se utiliza el valor característico, el mismo que representa un rango de valores cuyo nivel de confianza viene representado por un coeficiente. En la práctica es usual utilizar un nivel de confianza del 95% para representar el valor característico

Nivel de confianza (%)	99.7	99.0	98.0	96.0	95.45	95.0	90.0	80.0	68.27	50.0
z_c	3.00	2.58	2.33	2.05	2.00	1.96	1.64	1.28	1.00	0.67

Fuente : Estadística Murray R. Spiegel, 1976

3.5 Características mecánicas

Para lograr una adecuada evaluación del ladrillo artesanal es necesario estudiar sus características mecánicas, absorción de humedad y resistencia a la compresión,



teniendo en cuenta que para la mampostería confinada el parámetro más importante es la resistencia a la compresión.

Se debe considerar defecto principal, el no cumplimiento de la resistencia y como defecto secundario el no cumplimiento de la absorción. El no cumplimiento de la resistencia motiva además el rechazo de los especímenes, mientras que el incumplimiento de la absorción queda condicionado a los demás requisitos de calidad y a lo acordado entre cliente y proveedor.

En vista de la notoria baja resistencia a la compresión en el ladrillo artesanal que se expende en la ciudad de Loja no se realizó el ensayo de absorción de humedad para estos ladrillos sino únicamente el ensayo de resistencia a la compresión que nos servirá en lo posterior para comparaciones.

El ensayo de resistencia a la compresión se lo realizó en la máquina VERSA TESTER, con la finalidad de registrar además de la carga, los valores de deformación, los mismos que serán contrastados posteriormente con valores de los ladrillos elaborados.

Los ladrillos adquiridos fueron marcados con código para su identificación de acuerdo al nombre de la fábrica.

CÓDIGO	FÁBRICA
CA	Sr. Ramiro Figueroa
CB	Sr. Carlos Chamba
CC	Sr. Héctor Jaramillo
CD	Sr. José Ordóñez
CE	Sr. Jorge Paredes
CF	Sr. Fausto Villavicencio
CG	Sr. Manuel Sarango
CH	Sr. Luis Rojas



3.6 Resultados

TIPO	DIMENSIONES (cm)			DENSIDAD (g/cm ³)	ESFUERZO UNITARIO MÁXIMO (Kg/cm ²)
	a	b	c		
CA1	11.0	11.8	6.8	1.52	28.89
CA2	11.0	11.7	6.7	1.52	34.19
CA3	11.2	11.8	7.1	1.54	24.74
CA4	10.6	12.0	6.6	1.53	20.52
CA5	11.5	11.1	7.5	1.59	22.88
CB1	11.0	12.5	7.4	1.32	24.65
CB2	11.1	11.5	7.3	1.68	31.65
CB3	11.0	11.2	6.5	1.39	33.93
CB4	11.0	11.9	7.5	1.65	30.86
CB5	10.9	11.6	6.7	1.53	39.94
CC1	10.9	11.2	6.7	1.62	32.85
CC2	11.0	12.2	6.8	1.57	34.65
CC3	11.0	11.3	7.0	1.46	24.14
CC4	10.9	11.4	6.5	1.46	32.83
CC5	11.2	11.7	7.0	1.57	17.40
CD1	11.2	12.0	6.1	1.53	28.57
CD2	11.0	11.8	6.6	1.50	23.27
CD3	11.2	11.9	7.0	1.51	27.01
CD4	11.0	12.2	6.7	1.43	27.12
CD5	10.9	11.9	6.1	1.55	20.82
CE1	11.1	11.6	6.2	1.55	34.95
CE2	11.2	12.0	7.1	1.49	33.04
CE3	10.9	11.2	7.0	1.59	22.77
CE4	10.8	12.1	6.4	1.51	25.10
CE5	11.0	11.9	6.9	1.40	31.40
CF1	11.1	11.9	6.3	1.43	26.42
CF2	11.1	11.6	7.0	1.63	37.20
CF3	11.2	11.9	7.1	1.63	31.06
CF4	11.2	12.2	7.5	1.56	18.00
CF5	11.1	12.0	7.0	1.35	26.35
CG1	10.8	12.0	7.0	1.39	26.31
CG2	10.9	11.5	6.6	1.50	29.92
CG3	11.0	12.2	6.5	1.40	24.81
CG4	11.0	11.4	6.9	1.53	40.19
CG5	10.8	12.4	6.8	1.38	32.78
CH1	11.3	11.9	7.3	1.56	24.54
CH2	11.0	11.8	7.0	1.53	25.96
CH3	11.1	12.0	7.3	1.60	37.54
CH4	11.2	11.8	6.9	1.52	26.33
CH5	11.2	11.5	6.0	1.44	22.05
Promedio :					28.44

Dimensiones

a = Tizón

b = ½ Soga

c = Grueso



De la tabla anterior y aplicando las fórmulas del valor característico para un nivel de confianza del 95% obtenemos lo siguiente:

$$R_c = \bar{X} \pm Z_c * \sigma$$

$$R_c = 28.44 \pm 1.96 * 5.73$$

$$R_c = 17.20 \text{ Kg/cm}^2$$

$$R_c = 39.68 \text{ Kg/cm}^2$$

3.7 Conclusiones

Mediante los ensayos realizados en el presente capítulo, podemos determinar la característica de resistencia a la compresión en los ladrillos que se comercializan en la ciudad de Loja, anotando las siguientes conclusiones:

Los valores obtenidos del valor característico del esfuerzo a la compresión no cumplen con la norma INEN 294. Ladrillos cerámicos. Requisitos, ya que se encuentran por debajo de la especificación, que exige un mínimo de 60 Kg/cm², para un ladrillo macizo tipo C.

Los resultados del esfuerzo a la compresión se presentan con una elevada dispersión entre especímenes de una misma fábrica, lo que demuestra que el ladrillo no es un material homogéneo en su composición, al mismo tiempo que resulta imposible hacer una clasificación por fábricas, ya que en todas se presenta el mismo caso.

Estos resultados son la muestra de que el ladrillo artesanal se ve afectado por factores como: poca homogeneidad entre los materiales que lo componen debido a una falta de mezclado y desmenuzado, desconocimiento de una dosificación apropiada, inexperiencia en el manejo de la temperatura de cocción.



Capítulo 4

Elaboración del ladrillo artesanal mejorado

4.1 Generalidades

Cuando se encuentra un depósito de material arcilloso (ver figura 4.1), deben realizarse controles previos para determinar sus posibles usos. El análisis de la arcilla puede ser realizado con el fin de obtener representatividad de la zona y determinar si la arcilla de mejor calidad se extrae del sitio adecuado.



Figura 4.1 Depósito natural de arcilla “Los Tejares”, Catamayo

“La importancia de controlar las variables del proceso a lo largo de su desarrollo y la posibilidad de prever cambios y realizar correcciones anticipadas.

Se pueden lograr grandes beneficios respecto a la eficiencia operativa y de la calidad de los productos en elaboración, cuando a lo largo de todo el proceso de fabricación, se conocen las variables operativas punto por punto. Esta condición, además de ubicarnos en el estado general en cada instante, nos permite predecir el comportamiento operativo del proceso y de la calidad de los productos en elaboración y final.”⁶

⁶ Caracterización de arcillas del Oyamel, Edo de México. César González Garza 1990



Si partimos desde la calidad de las materias primas en la cantera, hasta llegar al grado de satisfacción del cliente, podemos encontrar muchos puntos de control intermedios que nos aseguren este último. Entendemos como control, aquellas acciones que implican: la medición de una variable, la determinación de su desviación relativa respecto a un valor deseado, el conjunto de acciones que se toman para corregir tales desviaciones y una nueva medición para verificar el grado de corrección logrado y así siguiendo, hasta conseguir que la variable se mantenga en el entorno prefijado del valor deseado.

Se dice que un sistema está en estado de "control", cuando los valores de sus variables, se mantienen dentro de un rango prefijado con antelación. La importancia del control a lo largo de todo el proceso, radica en que conociendo las desviaciones se puedan predecir y prever las correcciones que deberán hacerse para evitar oscilaciones indeseables de la calidad, evitando así acciones intempestivas que terminan generando grandes oscilaciones en la calidad y en la productividad del ladrillo.

Existen puntos o parámetros claves y otros de menor peso, cada uno de los cuales se podrán seleccionar e instituir para controlar el proceso. La importancia relativa de cada variable dependerá del estado operativo de la fábrica, de su tecnología, etc. Los datos obtenidos, van adquiriendo mayor valor relativo a medida que cumplen las siguientes condiciones:

- a. Precisión de la determinación del valor de la variable o repetitividad de los resultados.
- b. Frecuencia. Esto tiene que ver con la representatividad que tiene la muestra respecto al estado real del sistema.

En una ladrillera las determinaciones que deben y pueden realizarse son relativamente sencillas, es decir, no requieren de instrumentos sofisticados ni de técnicas demasiado especializadas. Los principales factores son la constancia, la dedicación y la paciencia. Fijados los parámetros a controlar, hay que repetir las determinaciones según el plan de muestreo. Los datos obtenidos se elaboran de manera de que puedan observarse en un gráfico continuo y superpuesto o armado para compararse fácilmente - e intuitivamente - con los parámetros anteriores y



posteriores. Se elabora así una secuencia de eventos comparativos entre sí mismos en el tiempo y con el resto de los parámetros del proceso y a cada instante.

Cuando los datos empiezan a ser abundantes, podemos confeccionar los llamados límites de confianza, que son los límites - establecidos según nuestro criterio en función de los datos históricos - dentro de los cuales cada variable puede oscilar sin que genere disturbios en el del proceso y que también nos permiten observar las tendencias y prever futuras desviaciones, y mejor aún, tomar las provisiones para que tales desviaciones no ocurran.



Los ceramistas de Catamayo se han mostrado sorprendidos al conocer la simplicidad de los ensayos - y su bajo costo intrínseco - que pueden realizarse para mantener un control básico de la ladrillera. Los factores más importantes son aquellos mencionados antes, a los que debe sumarse la habilidad para relacionar datos y prever las correcciones.

Nuestra propuesta es empezar con pocas variables y a medida que vayan mostrando tendencias y pueden ser comparadas con eventos específicos del proceso, ir incorporando otras nuevas. Dentro de las determinaciones básicas, ya sea para una materia prima elemental o para la "masa" final.

Existen muchos ensayos para el estudio de las arcillas, todos valiosos, pero que requieren la asistencia de personal de mayor especialización y laboratorios o equipamiento más caro dependiendo del producto a obtener

Si bien debe preverse la presencia de una persona responsable de la recopilación, elaboración y análisis de los datos, así como de promover las acciones correctivas necesarias (y verificación de los resultados), se recomienda desarrollar en los operarios la conciencia de que sean ellos quienes obtienen las muestras de ensayo, y que se mantengan atentos a las variaciones, comprendiendo el significado de las mismas y estando capacitados para corregir las desviaciones indeseables.

Utilizando estas técnicas de manera rutinaria, y persistiendo en el análisis diario de las variaciones de cada variable, en poco tiempo podrán observar que el control del proceso empieza a ser conocido y susceptible de manejarse y principalmente de preverse, en función de las variaciones detectadas.



4.2 Metodología de Trabajo

Siendo el principal objetivo de nuestra investigación el mejorar la calidad del ladrillo artesanal, especialmente en la característica de resistencia a la compresión, base fundamental para ser apto en el sistema constructivo de mampostería confinada, nos hemos planteado una metodología de trabajo, la misma que incluye dosificaciones en peso, incorporación de materiales que cumplan el papel de desengrasantes y fundentes, cambios en la forma externa del ladrillo practicando perforaciones y cambios en las proporciones de tizón y grueso.

Las muestras a elaborarse estarán conformadas de cinco ladrillos elaborados con la misma dosificación, de acuerdo a la norma ASTM C67 e INEN 294

Para la *primera* dosificación sólo se realizará el ensayo de resistencia a la compresión, mientras que para la *segunda* dosificación se realizará además el ensayo de absorción de humedad para evaluar cada una de las muestras elaboradas y continuar el proceso a partir de aquellas que presentaran los mejores resultados.

4.2.1 Primera dosificación

En esta etapa estableceremos los porcentajes óptimos de la mezcla de arcillas provenientes del yacimiento "Los Tejares" en Catamayo. Llamaremos *arcilla* y *arena* a la materia prima, la misma que se encuentra totalmente caracterizada y diferenciada.

La cantidad de materia prima usada para la fabricación de un ladrillo de 24x11x7.5 cm fue de 3.90 Kg y a partir de ésta obtenemos los porcentajes de arcilla y arena.

Se usará aserrín como fundente, el mismo que será constante para todas las dosificaciones con el fin de evitar el manejo de excesivas variables. La cantidad adoptada de aserrín fue de 100g por ladrillo que es un dato similar al usado por las ladrilleras artesanales.

Una vez elaborados las muestras serán ensayadas a la compresión, con la dosificación que resultara la de mayor resistencia se pasará a una segunda dosificación.

MUESTRA	ARENA (%)	ARCILLA (%)
TA	20	80
TB	40	60
TC	50	50
TD	60	40
TE	70	30
TF	80	20

4.2.2 Segunda dosificación

Una vez determinada la dosificación *base* óptima de arena y la arcilla, procederemos a realizar más dosificaciones incorporando materiales desengrasantes disponibles en el medio y de costos accesibles para el ladrillero.

Practicaremos perforaciones en el ladrillo (4 - 6 - 8) de manera simétrica, sin que éste pierda la condición de macizo con la intención de permitir un mejor cocido en el núcleo del ladrillo. Para lograr las perforaciones se construyó un molde con tapa que incluía pequeños cilindros de madera. (Ver Fig. 4.2)

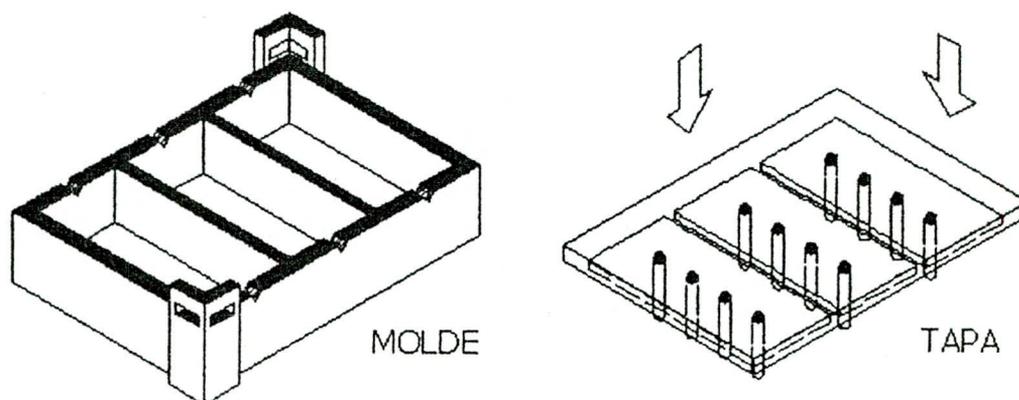


Figura 4.2 Molde para ladrillos con perforaciones

Basados en bibliografía consultada se variarán las dimensiones en ladrillo (tizón y grueso) pero sin variar el volumen respecto de los demás para evitar usar mayor cantidad de materias primas y encarecer el producto.



Por último elaboraremos por vía semi húmeda un ladrillo prensado, para establecer diferencias con el ladrillo mejorado. Ver apartado 4.12 de este capítulo.

Una vez elaboradas las muestras serán ensayadas a la compresión y absorción de humedad y con la dosificación escogida se continuará con la elaboración de muretes.

MATERIAL	MUESTRA	% PESO
Aserrín	1A	0
	1B	2
	1C	4
	1D	6
	1E	8
Tamo de arroz	2A	2
	2B	3
	2C	4
	2D	5
	2E	6
Paja	3A	0.5
	3B	1
	3C	1.5
	3D	2
	3E	2.5
Perforaciones	4A	4 perfor.
	4B	6 perfor.
	4C	8 perfor.
Cal P24	5A	4
	5B	6
	5C	8
	5D	10
	5E	12
Arcilla de Belén	6A	5
	6B	7.5
	6C	10
	6D	12.5
	6E	15



MATERIAL	MUESTRA	% PESO
Chamota de cerámica	7A	5
	7B	7.5
	7C	10
	7D	12.5
	7E	15
Ceniza de madera	8A	1
	8B	1.5
	8C	2
	8D	2.5
	8E	3
Arena de río	9A	20
	9B	40
	9C	60
	9D	80
Cambio de dimensiones	10A	24x15x5.5
Prensado manual	11A	-

4.2.3 Muretes

Es la última etapa de la investigación, en ella fabricaremos muretes de ladrillo mejorado y ensayados a la compresión, con el fin de determinar el valor de f_m que es requisito básico para diseñar mampostería confinada. El procedimiento para su elaboración está descrito en el apartado 4.13 de este capítulo.

4.3 Materias primas

4.3.1 Inspección visual y de textura

Lamentablemente el color de la arcilla cruda no siempre da una indicación clara del color de la arcilla cocida. Así, la mayoría pero no todas las arcillas que son blancas o de color crema en crudo, conservan este color en la cochura. También una arcilla muy oscura puede volverse blanca en la cochura. La mayor parte de las arcillas



amarillas se mantienen así tras la cochura, y otras arcillas coloreadas pueden cambiar su color en este tratamiento.

El color no define directamente el uso de una arcilla, pues aunque los objetos finos son predominantemente blancos, muchos artículos de arte tienen un color oscuro intenso, los productos de arcilla pesados se fabrican generalmente a partir de arcillas rojas o amarillas tras la cochura.

La textura de la arcilla cruda será útil solamente si es blanda con lo cual la finura relativa puede apreciarse al tacto (ver figura 4.3). Sin embargo, muchos materiales de grano fino se presentan en masa duras que han de moldearse antes de que se puedan determinar sus propiedades.

En el momento de escoger la arcilla tuvimos en cuenta aspectos como su color y textura, no se pudo escoger entre varios estratos de tierra ya que en toda la zona de extracción a pesar de ser muy extensa únicamente presenta dos estratos claramente definidos uno de arcilla y uno de arena limosa.

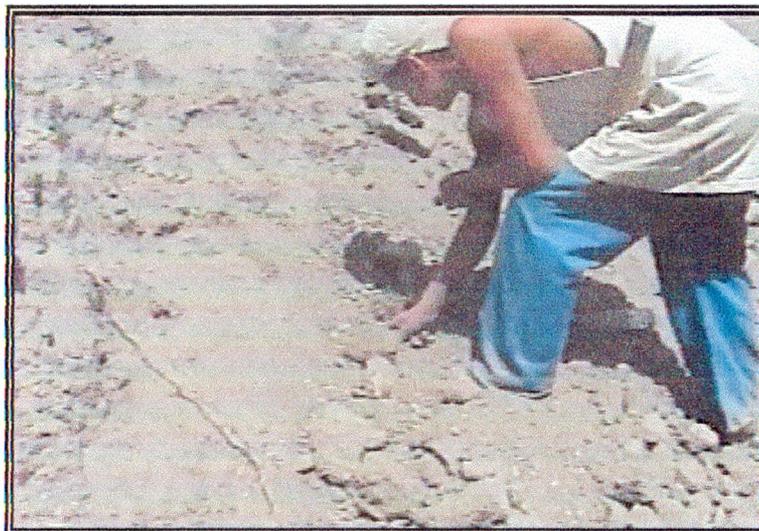


Figura 4.3 Inspección visual y de textura de la arcilla

4.3.2 Extracción y purificación de la arcilla

La diversidad de depósitos de arcilla obliga a utilizar un cierto número de métodos diferentes para su extracción. Las arcillas grasas y otro tipo de arcillas blandas como las de Catamayo pueden cortarse con picos y azadones, palas neumáticas y excavadoras mecánicas (ver figura 4.4). Las arcillas refractarias duras han de hacerse saltar con barrenos. Las arcillas del sitio “Los Tejares” se encuentran

suficientemente próximas a la superficie lo cual hace posible su beneficio mediante pozos de explotación al aire libre.

La proporción en que puede mecanizarse el trabajo de los depósitos de arcilla en los yacimientos depende en gran parte de la regularidad y profundidad del depósito.

En el caso de los yacimientos de Catamayo, en que un cierto número de materiales diferentes ó perjudiciales yacen sobre las capas de arcilla es esencial la excavación manual, ayudada si fuera posible por palas neumáticas.



Figura 4.4 Extracción manual de la arcilla.

Cuando la superficie descubierta de la arcilla es uniforme se puede utilizar una máquina excavadora de cuchara de arrastre, retroexcavadora, rozadora, etc.

4.3.3 Reconocimiento del tipo de arcilla

Todas las arcillas distintas de los caolines primarios o residuales son secundarias o sedimentarias. Por esta razón las arcillas de “Los Tejares” aparecen en capas (ver figura 4.5). El espesor de las capas y la variación de composición de unas a otras depende de las condiciones que prevalecían cuando se depositaron y son diferentes en cada estrato.

El espesor de las capas y la variación de composición de unas a otras depende de las condiciones que prevalecían cuando se depositaron y son diferentes en cada estrato.



Figura 4.5 Extracción por capas de las arcillas

En algunos casos es preferible mantener separada la arcilla y la arena y utilizarla para propósitos diferentes. Por lo tanto, se necesita mayor supervisión y cuidado en la excavación y con frecuencia es preciso hacerla a mano. En otros casos se necesitará un mezclado uniforme de las capas o si es el caso un tamizado previo resultaría más efectivo.

4.3.4 Análisis racional

El análisis completo de las arcillas indica las cantidades exactas de los elementos presentes, pero no proporcionan datos acerca del modo en que se combinan éstos. Un estudio minucioso y completo determinaría los componentes presentes en una arcilla pero de manera puntual, para poder comprender cómo estos componentes de la arcilla están influenciando su comportamiento nos llevaría de ocho a doce meses de análisis y pruebas única y exclusivamente de la muestra tomada, ya que a cada metro de extracción de material este variará su composición en mayor o menor cantidad. Se ve claramente, partiendo de la descripción de las arcillas, de su estructura y sus propiedades, que estas características dependen de la composición mineral más que de la composición química global.

4.4 Tratamiento de la arcilla

Antes de ser modelada, la arcilla debe someterse a diversos procesos de depuración encaminados a reducir la cantidad de elementos extraños (piedras, vegetación, conchas...) que se encuentran en la pasta tras su extracción. Se trata de un conjunto



de procedimientos de suma importancia, pues de ellos dependen en buena medida que la arcilla tenga las características necesarias para ser modelada y resistir la cocción. La intensidad del proceso está determinada por la calidad del objeto que se pretende obtener; así, la cerámica de lujo necesita una pasta muy depurada, mientras que los ladrillos y adobes requieren un menor esfuerzo de limpieza.

Existen diversos sistemas entre los que cabe señalar la limpieza a mano, la depuración por la acción de los agentes naturales y el filtrado en agua. Estos métodos se utilizaban para la fabricación de vasijas, que requieren una pasta más fina para su cocción; sin embargo, rara vez se incluían dentro del proceso fabril del ladrillo, cuya depuración es menor y se pasaba directamente de la extracción al amasado.

En la elaboración de ladrillos se puede adicionar otros materiales de suficiente plasticidad o consistencia, que puedan tomar formas permanentes y al secarse no presenten grietas, nódulos o deformaciones.

La plasticidad puede comprobarse por un ensayo de plasticidad en crudo, por ejemplo mezclando agua gradualmente por amasado a mano con la arcilla pulverizada y haciendo una estimación de la plasticidad, esto es, nula, pobre, mediana, buena, excepcional.

4.4.1 Ajuste granulométrico

“Es útil triturar la arcilla sin moler las partículas individuales y tamizarla. Si la mayor parte de ella queda sobre el tamiz de 18 mallas por pulgada, es improbable que el material contenga mucha sustancia de arcilla y es útil solamente para fines especializados en cerámica. Si queda un pequeño residuo sobre el tamiz de 18 mallas y residuos apreciables sobre los tamices de 60, 100 y 200 mallas, el material será probablemente adecuado para productos cerámicos bastos y una vez molido puede ser bueno para productos finos”.⁷

La preparación directa comienza con el desmenuzando de la arcilla, utilizándose, según sea su dureza y humedad, machacadoras de mandíbulas, pisones, etc. Con

⁷ Enciclopedia de la Química Industrial. Singer F. URMO España 1971



el desmenuzamiento se consigue una subdivisión del material que permita su posterior utilización sin problemas en los pozos.

En nuestro caso se realizó un ajuste granulométrico debido al gran número de partículas grandes, que componía la arcilla; de igual manera se procedió con la arena aunque ésta presentaba una estructura de grano fino y de fácil desintegración, esto para obtener igual tamaño de las muestras a utilizar. Este ajuste se hizo en la máquina de Los Ángeles del laboratorio de suelos, para así alcanzar la mayor finura posible, y poder tener una mayor homogeneidad en el amasado.

Con la intención de obtener piezas que tengan granulometrías iguales, se tamizó los materiales por una malla 6 mm, además de asegurar que los materiales estén libres de materiales que pudieran haber sido contaminados durante los procesos del molido (ver figura 4.6).

Cuando los requisitos que debe cumplir la pieza son exigentes, como sucede por ejemplo con el ladrillo caravista de calidad tipo A, la baldosa, teja, etc, se debe trabajar con un grado tal de finura, que difícilmente puede obtenerse con una instalación por vía húmeda, con molinos o desintegradores.



Figura 4.6 Tamizado de las arcillas

En tal caso la solución es la vía seca, que permite obtener prácticamente la granulometría que se precisa.

Particularmente, cuando la arcilla contiene impurezas extrañas tales como caliza, yeso, piritas, carbón entonces se precisa una molturación muy fina.

“En la figura 4.7 puede verse cómo una instalación por vía húmeda, a la cual se le adicionado un desmenuzador, un desintegrador y un laminador para no diferenciarse con el proceso de vía seca proporciona una arcilla molida que tiene escasamente un 28% de partículas inferiores de 0,5 mm. En cambio, para la misma arcilla, una instalación por vía seca proporciona sobre un 82% de partículas inferiores a 0,5 mm y aproximadamente el mismo tamaño de grano máximo. La consecuencia de esto es que la pieza preparada con este último material tiene una resistencia aproximadamente el doble que la obtenida con la granulometría más gruesa, una absorción sensiblemente más baja, una mayor densidad y un mejor acabado”.

En el caso concreto de las arcillas contaminadas por inclusiones calcáreas, la molturación fina constituye hoy por hoy el remedio universalmente empleado y, aún cuando en numerosos casos por sí solo este remedio ha resultado insuficiente, es necesario señalar que la eficacia de todas las demás soluciones aplicadas, como son la mayor temperatura de cocción o la inmersión en agua, dependen en último término del grosor del grano de cal.

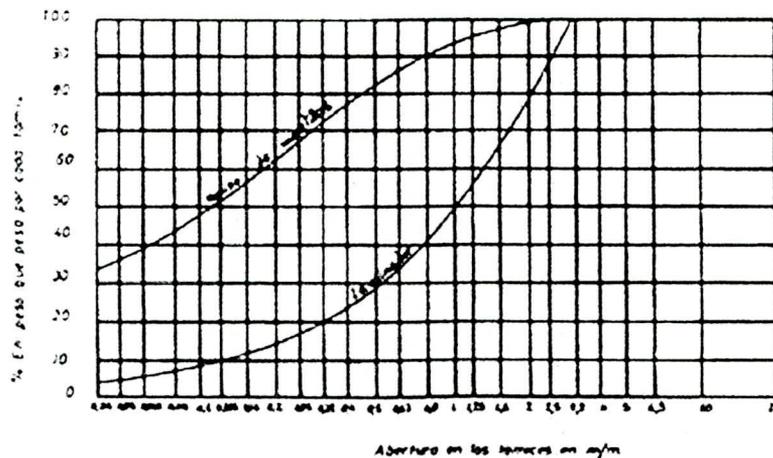


Figura 4.7 Gráfica comparativa entre las granulometrías obtenidas al molturar la misma arcilla en un molino de martillos o en un laminador

Para comprender mejor la influencia del grosor en los granos, supongamos que un cubo de 10 mm de arista y una superficie total de 600 mm^2 se divide en pequeños cubos de 1 mm. de arista y 6 mm^2 de superficie, o sea, una superficie total de 6.000 mm^2 , la superficie atacable es por lo tanto 10 veces superior. Trasladando este ejemplo al caso concreto de la cal, quiere decir que las probabilidades de éxito al aplicar un remedio determinado se duplican si en lugar de granos de 2 mm. se trata



de granos de 1 mm. y que estas posibilidades se multiplican por 4 si se muele a 0,5 mm.

Además, la dilatación absoluta y la fuerza desarrollada por los granos de cal son función del tamaño de grano, de suerte que por debajo de un volumen crítico determinado ya no tienen fuerza para vencer la elasticidad y resistencia del material cocido e incluso su dilatación puede ser absorbida por los poros adyacentes.

En las fábricas de ladrillos y tejas que molturan por vía seca, se utilizarán exclusivamente pisones ó molinos.

Con los pisones, se obtienen granulometrías más gruesas y para eliminar los defectos producidos por ciertas impurezas (cal, piritas...) es necesario el tamizado posterior a la molturación.

Dicho tamizado, tiene un límite que podríamos fijar en aproximadamente 5 mm. Tamizar por debajo de este límite, no es aconsejable ya que puede resultar muy problemático en cuanto la arcilla pase de un determinado porcentaje de humedad.

Con los molinos, se obtiene una granulometría más fina sin necesidad del tamizado posterior.

En las fábricas de ladrillo visto que utilicen pisones, se trabajará con cribas de acero resistente a la abrasión, o bien con parrillas de barrotes, con secciones de salida de unos 6-8 mm. Es frecuente en estos casos, la inmersión en agua del ladrillo después de la salida del horno para evitar desconchamientos por caliche.

En estas condiciones la granulometría de salida es cada vez más fina y disminuye la producción de molino. Al mismo tiempo, se produce un aumento de las dificultades de secado y cocción, variando las características del producto cocido: más contracción de cocción, menos porosidad, material menos resistente al impacto. Para compensar esta variación, ciertos fabricantes, en invierno, trabajan con cribas o parrillas de mayor sección de paso: 8-10 mm., en lugar de la de 6 mm. utilizada en verano.





4.4.2 Ajuste por contracción

Las tierras arcillosas, en sus múltiples calidades constituyen la materia prima para la fabricación cerámica; las diversas propiedades de este mineral y, muy especialmente, su plasticidad y comportamiento ante el calor han hecho posible la obtención de materiales de múltiples usos tanto para la construcción en general como para la vida corriente de los pueblos.

La plasticidad, agente esencial del moldeo, constituye un grave defecto cuando es excesiva, pues de una parte prolonga el secado y de otra, al originar contracciones considerables, atenta contra la conservación de la forma adquirida, pudiendo producirse roturas o agrietamientos. Cuando por el contrario la plasticidad es escasa, como sucede con algunas tierras ricas en sílice, arena o caolín, el moldeo se ofrece difícil, más aún, la conservación de la forma, el producto resultante de la cocción resulta muy poroso y además ésta no tiene lugar sino a elevadas temperaturas.

Por tanto se considera, que así en un caso como en el opuesto, conviene corregir la composición de las tierras arcillosas mediante adición de materiales cuyas propiedades sean opuestas o materiales de enmienda, pertenecientes a dos grandes grupos:

4.4.2.1 Desengrasantes

Destinados a corregir las propiedades de las arcillas muy grasas, entre estos se encuentran los que tienden a mantener una constancia volumétrica durante el secado, pero que al aumentar la temperatura arden, dejando la pasta porosa y ligera, tales como el aserrín de madera, la paja, ceniza de madera y los que no experimentan alteraciones térmicas a temperatura cerámica, pero actúan como estabilizadores de volumen, como la sílice y los feldespatos.

4.4.2.2 Fundentes

Materiales que favorecen la cocción y vitrificación de las pastas cerámicas y que son los álcalis - sosa y potasa -, las bases alcalino-térreas - caliza, barita - y los óxidos metálicos.



Si en el lugar de la fabricación o en sus proximidades se dispone de tierras de propiedades opuestas, el método más sencillo de enmendarlas consiste en mezclarlas en la proporción conveniente y suele ser el sistema utilizado para la fabricación ordinaria.

Deben rechazarse rigurosamente las arcillas que contengan carbonato de calcio, porque ésta en el horno se convierte en cal viva que en la primera lluvia se apaga y tiende a romper el ladrillo.

Los materiales añadidos utilizados en ésta investigación son aquellos que se pueden obtener fácilmente en la localidad, los cuales podrán funcionar como una alternativa en el caso de no contar con el aserrín que es un desengrasante muy comúnmente utilizado, además éstos aditivos tienen un precio más bajo o igual que el aserrín lo que favorece su uso. A continuación se presenta un listado de los materiales empleados y el lugar de procedencia, usados en la investigación con el fin de establecer su incidencia en el valor de la resistencia a la compresión en el ladrillo mejorado.

MATERIAL AÑADIDO	PROCEDENCIA
Aserrín	Loja
Tamo de arroz	Macará
Paja	Catamayo
Cal P24	Loja
Arcilla de Belén	Loja
Chamota de cerámica	Loja
Ceniza de madera	Catamayo
Arena de río	Catamayo

4.4.3 Ajuste por humedad

Las arcillas duras y secas como los esquistos se preparan mejor en instalaciones para ladrillo tipo A, esto cuando se lo hace por vía seca. Este sistema asegura la obtención de un porcentaje importante de partículas finas que se humectan con más facilidad y rapidez, obteniéndose una masa muy homogénea y de mayor plasticidad;



lo cual se traduce en un mejor acabado y una mayor resistencia mecánica, tanto del material seco como del producto cocido.

Para una instalación de moldeo por vía húmeda no es necesario realizar un estudio de los contenidos de humedad de la materia prima, ya que ésta necesita estar completamente saturada al momento de realizar el moldeo.

4.5 Adición de desengrasantes y fundentes

Una vez que la materia prima ha sido sometida a procesos de molido y tamizado, se pesa en los porcentajes apropiados y se continua con la adición del material que cumplirá la función de desengrasante o fundente, el cual previamente se ha determinado en porcentajes de acuerdo al tanteo propuesto en la *Metodología de Trabajo - Segunda dosificación* - anteriormente descrito.

4.6 Mezclado

Ya con el material dispuesto en un recipiente, procedimos a mezclar los componentes (arcilla – arena – aditivo) hasta obtener un material homogéneo (ver Fig. 4.8). El mezclado se lo realizó a mano debido a la pequeña cantidad de material aun cuando se la podría realizar con herramienta menor para optimizar tiempo.



Figura 4.8 Mezclado de arcilla con aserrín



4.7 Amasado

Antes del moldeo se realiza un amasado para dotar de flexibilidad y homogeneidad a la arcilla. También tiene la función de dar uniformidad interna a la pasta, permitiendo que los materiales componentes se mezclen, se eliminen las pequeñas cámaras de aire que se forman dentro de ella y que crean zonas de menor resistencia en el ladrillo cocido.

Debido a la naturaleza del sistema de moldeo por vía húmeda, el material mezclado necesitará de una cantidad de agua suficiente para saturar todas las partículas de la mezcla.

Por experiencia llegamos a determinar que sería suficiente agregar 1.5 litros de agua por ladrillo para lograr una saturación satisfactoria.

El amasado se lo realizó a mano por ser un trabajo a pequeña escala, pero lo adecuado sería utilizar un mezclador accionado de paletas accionado por motor que realiza el trabajo en poco tiempo.

Luego del amasado se dejó reposar el material por un lapso de 24 horas, con una cubierta de protección para evitar un secado prematuro.

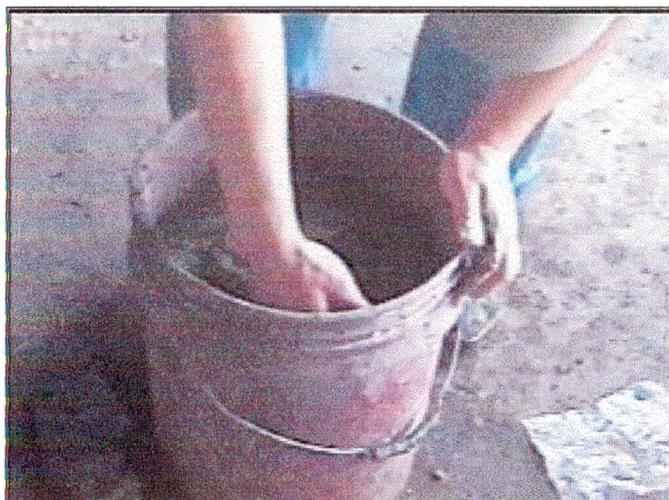


Figura 4.9 Amasado de materia prima

4.8 Moldeo

El moldeo es la operación necesaria para dar forma al material según el uso posterior. Esta labor puede hacerse a mano o por medios mecánicos.



Existen diferentes sistemas de modelado según el tipo de ladrillo a fabricar como son: sistemas semiseco, semihúmedo y húmedo.

Generalmente el semiseco se emplea para los ladrillos finos prensados clase A; el semihúmedo, para los comunes reprensados clase B y el húmedo para los comunes artesanales clase C.

El moldeado manual se lo realiza sobre un pequeño molde de madera llamado *gradilla*

Las dimensiones de éstos deben ser de un décimo a un séptimo mayor que las dimensiones finales del producto terminado, debido a la contracción que sufre la masa por secado y cocción.

La fabricación industrial emplea potentes prensas de hilera o prensas de troquel, en la cual la pasta con ligera humedad es obligada a salir, por medio de un helicoides, a través de una boquilla de sección rectangular, formándose así un prisma que se corta de acuerdo al espesor por medio de un mecanismo de alambre.

Hay dos técnicas tradicionales para sacar el ladrillo del molde.

- a. El método del moldeado deslizante, en el cual el molde se mantiene húmedo y la arcilla es mezclada con más agua, y
- b. El método del moldeado con arena, en el cual la bola de arcilla se cubre con arena para evitar que se pegue al molde.



Figura 4.10 Moldeo a mano de los ladrillos.



En nuestro caso el moldeo se realizó a mano con el método deslizante y el proceso fue el siguiente:

Se lubrica con agua las caras internas del molde para lograr una mínima adhesión entre la arcilla y el molde, ubicamos el molde en un lugar limpio y plano, se recoge la arcilla formando una especie de bola y se la introduce al molde aplicándole presión de forma que ocupe cada uno de los espacios vacíos del molde para que no quedara en capas dentro del él. La presión se hizo con los dedos, los excesos son desechados con una paleta igualmente lubricada con agua y su forma de eliminación será aplicada en un sentido de corte-compresión.

4.9 Secado

Ya con el ladrillo desmoldado y conformado, éste se expuso al medio ambiente (en una parte seca), durante 5 días y a la sombra; luego se lo traslado a la fabrica de ladrillo (Catamayo) para secarse de la manera tradicional, durante estos días se eliminó el mayor porcentaje posible de humedad libre quedando menos del diez por ciento de está humedad debido al largo tiempo de exposición. Como consecuencia de esta exposición se presentó contracciones.

Después del moldeo, el ladrillo se somete a una desecación lenta al aire y luego se cocina en hornos.



Figura 4.11 Secado en sitio de elaboración hasta lograr una consistencia dura para poder ser movilizado



Durante este proceso de secado, la pieza modelada pierde el agua contenida en su interior, produciéndose una disminución de tamaño. El secado debe realizarse de forma gradual y lenta, en lugar fresco y aireado, alejado de las fuentes de calor y las corrientes de aire, la época del año más satisfactorias para orear las piezas cerámicas son las de verano, pues en ellas el secado se producía lentamente y sin cambios fuertes de temperatura.

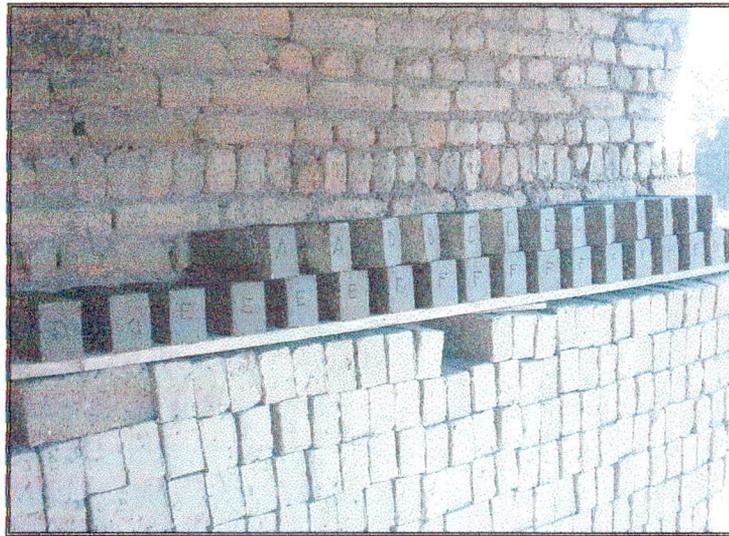


Figura 4.12 Apilado para su secado total

4.10 Hornos para cochura de piezas cerámicas

La cochura de los materiales debe hacerse siempre en estructuras cerradas con aplicación de calor, habiéndose construido hornos de algún tipo desde comienzos de la alfarería, los cuales se reconocen en excavaciones de lugares prehistóricos.

El método más sencillo de cochura es el horno de hormiguero, el cual, a pesar de ser tan antiguo, se emplea todavía para la fabricación de los ladrillos hechos a mano. Se apilan alternados con el combustible, formando un montón, o con frecuencia aprovechando un talud y se cubren después con tierra, etc. A continuación se enciende por el fondo y se deja que el fuego avance a través del hormiguero, aspirando tras sí el aire encargado del enfriamiento. Una vez frío, se derriba el conjunto.



El horno periódico o intermitente con estructura permanente, posee un revestimiento interior de un refractario adecuado y otro exterior de ladrillo de construcción protector.

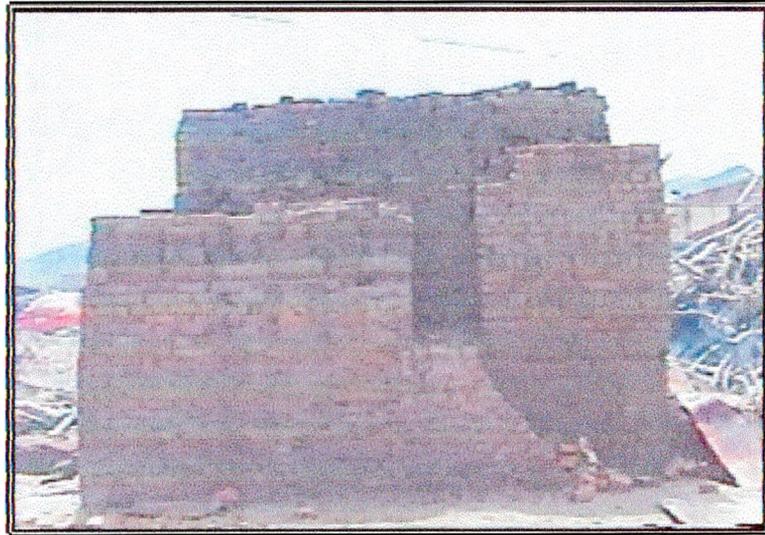


Figura 4.13 Horno tradicional cargado y en proceso de quema

Los hornos periódicos pueden hacerse trabajar según los principios de tiro ascendente, tiro horizontal o tiro descendente, siendo mucho más satisfactorios los últimos. Se colocan las piezas en el horno y a continuación se calienta este gradualmente, se mantiene a la temperatura máxima durante un cierto periodo y se deja enfriar. Seguidamente puede extraerse la carga e introducirse una carga nueva.

Aparte de su ineficiencia por pérdidas de calor a través de las paredes y hacia la chimenea, etc., un horno periódico debe consumir una gran cantidad de combustible para calentar la estructura con cada carga de material, cantidad de calor que se pierde totalmente durante el enfriamiento. El calentamiento y enfriamiento continuado de la estructura la debilita mucho más rápidamente que lo haría una temperatura elevada constante.

Los hornos continuos aprovechan el calor residual desprendido durante el enfriamiento. Consiste en esencia en una serie de hornos intermitentes conectados en circuito. Se regula la circulación de aire de forma que pase primero a través de las piezas que se han cocido ya y se están enfriando, y a continuación, una vez caliente, pasa al horno que se encuentra en fase de cochura. Los gases residuales calientes pasan sobre las piezas que se encuentran próximas a la cochura, precalentandolas, de tal forma que éstas precisan una menor cantidad de



combustible en la cochura propiamente dicha. El principio fundamental es que el fuego se mantiene siempre encendido y en movimiento alrededor del circuito de hornos. Se aprovecha el calor residual, pero todavía ha de calentarse la estructura del horno y dejarse enfriar para cada carga.

En el horno de túnel ocurre el proceso inverso. Una estructura en el túnel tiene zonas a temperaturas constantes diferentes que se corresponden con un programa de cochura, y las piezas avanzan sobre carretillas o planchas refractarias. En teoría este es el método ideal de cochuras, con el que puede conseguirse la máxima eficiencia en combustible. El horno de túnel está siendo reconocido como el método óptimo de cochura para la producción en serie.

La colocación o disposición de las piezas en los hornos está también sujeta a cierto número de consideraciones y varía considerablemente. Los factores que deben tenerse en consideración son, en primer lugar, si las piezas pueden, o no, someterse al contacto directo con las llamas y los gases de combustión producidos al quemarse el combustible.

El segundo factor de importancia consiste en si las piezas pueden o no apilarse unas sobre otras hasta alcanzar la altura total del horno. Los ladrillos pueden por lo general apilarse de dicho modo. Muchas otras piezas pueden apilarse solo en pequeña altura, por lo que requieren ciertos soportes intermedios. Las piezas vidriadas que están recibiendo la cochura de vidriado no pueden tocarse en absoluto, o de lo contrario se pegarían unas con otras.

4.10.1 Métodos de construcción de hornos

Las paredes de los hornos se construyen en mampostería con juntas de dilatación. Usualmente se construyen con diferentes materiales en capas o revestimientos. En ocasiones la pared es totalmente maciza, sean uno o varios los materiales que la componen. Otras veces el revestimiento refractario y la estructura exterior son independientes y pueden estar separados por un espacio relleno con un material aislante suelto. La construcción debe proyectarse de tal forma que sobre los refractarios más calientes se aplique la mínima carga posible.

En el tipo más reciente de construcción suspendida los refractarios propiamente dichos soportan poca o ninguna carga, puesto que están suspendidos



individualmente o en pequeños grupos de una estructura de acero. El método es particularmente útil para techos, los cuales pueden ser planos, con lo que se consigue un espacio de carga más conveniente y mayor, junto con una mejor distribución del calor; los techos planos de hornos u hogares se denominan bóvedas.

Una modificación más reciente consiste en disponer los ladrillos con sus superficies encajadas de tal forma que no puedan caerse aquellos que se rompan. Pueden construirse hornos de cualquier anchura deseada con ladrillos suspendidos sin que las paredes deban soportar carga alguna, por lo que estas pueden construirse más económicamente. Las bóvedas suspendidas pueden ser de cualquier forma, e incluso no ser abovedadas. La desventaja principal de los techos suspendidos estriba en que si se coloca el aislamiento encima de los refractarios y por lo tanto alrededor de los soportes metálicos se sobrecalentarán estos, y si los soportes se refrigeran con agua, el aislamiento es menos efectivo. Los techos suspendidos son adecuados para la utilización con ladrillos aislantes de superficie caliente.

4.11 Cocción

Constituye la última y definitiva etapa de la fabricación cerámica y se lleva a cabo con la ayuda de hornos abiertos.

En nuestra investigación se utilizó un horno tradicional, llamado también *horno hormiguero*, de caldeo directo y llama ascendente.

Después de 10 días de haber sido moldeados los ladrillos los sometimos al proceso de cocción, ya que había liberado la mayoría de agua libre y tenían un cambio volumétrico despreciable con el paso del tiempo.

La cochura es muy larga, con una duración aproximada de tres días, aunque varía en función del tamaño de la hornada, de las características del horno y del material de combustión empleado (ver figura 4.14).

La ubicación de la muestra en el horno en todos los casos fue siempre en el centro del mismo; ya que observaciones visuales en todas las ladrilleras nos han demostrado que el proceso de quemado no es uniforme en todos los ladrillos, ya que depende en buena medida de la ubicación dentro del horno. Es decir que no todo el lote de ladrillos podrá ser utilizado como mampostería confinada.



Figura 4.14 Cochura en horno hormiguero con madera

“Los buenos ladrillos están bien cocidos y tienen un sonido claro y metálico a la percusión; son duros y presentan el grano fino y compacto en su fractura. Sus aristas deben ser duras y la superficie, lisa y regular”.⁸

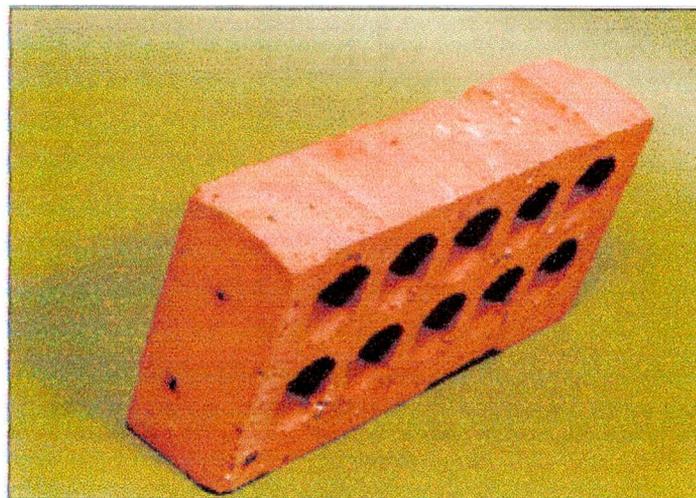


Figura 4.15 Desconchamiento por pirita

Si la arcilla contiene piritas (sulfuro de hierro) y no se logra una buena trituración o molturación, en cocción pueden dar lugar a desconchamientos producidos por los gases (S_0_2) que se desprenden durante su oxidación entre los 400 y 5000 °C. Estos desconchamientos aparecen ya en el material a la salida del horno y en el centro de

⁸ Especificaciones técnicas de edificaciones. C.A.E. 1997



los mismos, se aprecia la pirita oxidada de color marrón o negro grisáceo según la temperatura de cocción y atmósfera del horno. (ver en figura 4.15)

4.11.1 Cantidad de calor

Según la temperatura de cocción podemos obtener varios productos:

- De 800° a 900° C obtenemos ladrillo tradicional.
- De 900° a 1.000° C obtenemos *mullita*, fase alotrópica de la arcilla.
- De 1.000° a 1.450° C obtenemos el producto *vitrificado*.

4.11.2 Terminación de la cochura

La terminación de la cochura dependerá directamente de la tecnificación de las fábricas lo cual va de la mano con el tipo de producto a elaborar, en una ladrillera tipo A con hornos tipo túnel, se monitorea su temperatura con pirómetros. No ocurre así con de los de tipo C, ya que el término de la cochura estará a cargo de la experiencia del quemador, el cual lo determina en función del tiempo siendo éste aproximadamente de 18 a 20 horas pudiendo llegar incluso a 24 horas, otro factor es el color de la última fila de ladrillos que se están quemando los cuales toman un color cereza claro (ver figura 4.16).

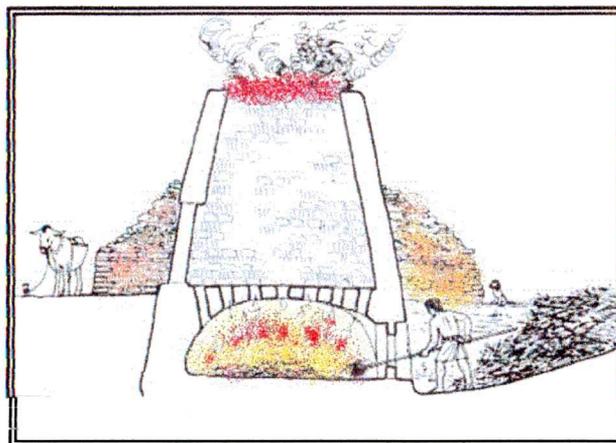


Figura 4.16 Horno hormiguero en fase de cocción final

El ladrillo tipo C o artesanal estará luego de finalizada la cochura en reposo por dos días, esto con la finalidad de ser descargado ya que a los dos días aun estarán calientes pero lo suficientemente fríos como para no desconcharse o cuartearse por efecto del cambio de temperatura.



Los diferentes colores de los ladrillos tienen que ver con el tipo de arcilla empleado en su fabricación. En algunos casos también intervienen en el color la adhesión de algún mineral y al aumentar temperatura se da un arreglo cristalino, factor determinante del color en la cocción. No es raro encontrar ladrillos negros, blancos, amarillos o rojos. En cuanto a las texturas, éstas dependen de los moldes utilizados en la fabricación, por lo que pueden ser de lo más variadas: ralladas, punteadas, con motivos decorativos, etc., y tener dibujos en una sola de sus caras o en todas.

4.11.3 Contracción en la cochura

La reacción irreversible de endurecimiento que tiene lugar cuando una arcilla se calienta fuertemente es otra de las características que ha prestado importancia fundamental para la industria cerámica.

Por un progresivo calentamiento de la arcilla se desprende más agua y poco a poco se forma una pieza dura aunque porosa. Después de esto se conduce ahora a la vitrificación que produce una pieza muy densa, fenómeno que va seguido del reblandecimiento y luego la fusión. El desprendimiento de gases va dando una apariencia esponjosa conocida como hinchamiento.

Debido a los procesos químicos que se producen durante el calentamiento se registran cambios considerables en el volumen de la arcilla. Estos cambios consisten en expansiones y contracciones rápidas e irregulares y están asociados a los cambios que se evidencian también como reacciones exotérmicas como endotérmicas en el análisis térmico diferencial.

El porcentaje de contracción de las arcillas empleadas lo hemos calculado en base a las longitudes del ladrillo crudo y cocido, adoptando las medidas promedio obtenidas en el 100% de las muestras elaboradas.:

Dimensión	Crudo (cm)	Cocido (cm)	Contracción (%)
Soga (cm)	26.0	24.0	7.7
Tizón (cm)	12.0	11.0	8.3
Grueso (cm)	8.5	7.5	11.8



Un factor que resulta muy importante en la contracción de la pieza es la cantidad de agua que se pierde por efecto del calentamiento.

4.11.4 Carga y descarga del horno

El método de la colocación de las piezas en el horno depende de cierto número de factores relacionados tanto con las propias piezas como con el horno en sí (ver figura 4.17).

Piezas:

- a) Bizcocho o vidriado.
- b) Resistentes a la carga en caliente o más o menos propensas a la deformación.
- c) Indiferentes a las llamas y la atmósfera del horno que requieren más o menos protección contra las mismas.

Horno:

- a) De llama directa o de mufla o eléctrico.
- b) Combustibles relativamente sucios o limpios y,
- c) Tipos intermitentes, continuos o de túnel.

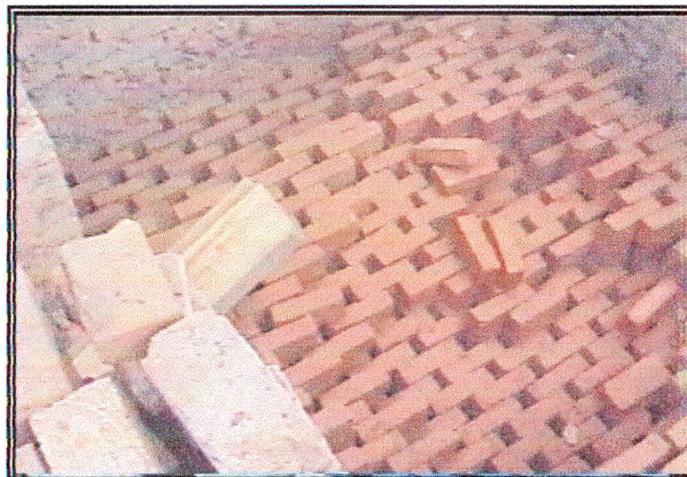


Figura 4.17 Colocación de piezas en el horno

En general los materiales sin vidriar pueden apilarse en contacto, mientras que cada pieza de material vidriado debe separarse cuidadosamente de todas las demás o de lo contrario se pegarán unas a otras. Las calidades inferiores de materiales, ladrillos, tejas, etc., pueden cocerse en contacto directo con los gases del horno, en tanto que los materiales de calidad, en particular si su color ha de ser blanco, deben protegerse contra el contacto directo de las llamas, humo, cenizas, etc.

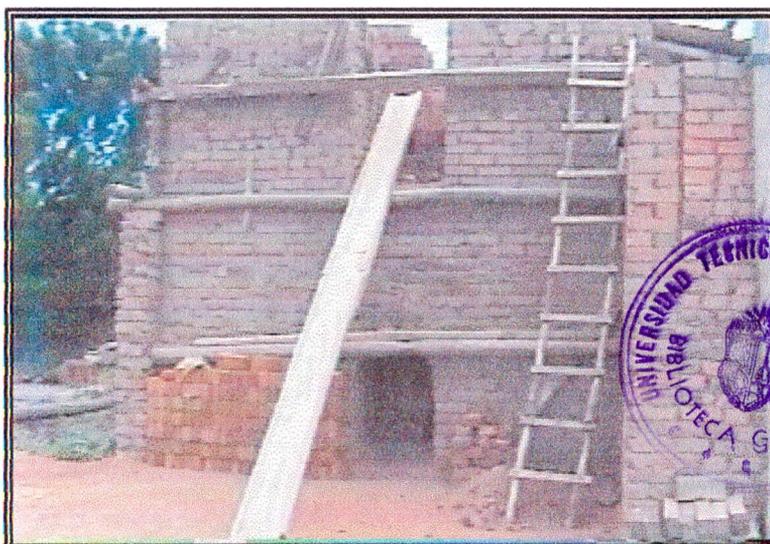


Figura 4.18 Descarga de las piezas por las ventanas

La colocación de las piezas individuales en los hornos ha de hacerse de tal forma que permita la circulación óptima de los gases del horno para lograr una máxima regularidad de la temperatura y del intercambio de calor. Una colocación demasiado separada permite que los gases pasen a su través con facilidad y antieconómicamente. Por el contrario, un método de colocación demasiado compacto impide que los gases alcancen uniformemente a la totalidad de las piezas.

4.12 Elaboración de ladrillos prensados

Estos ladrillos se fabricaron con la dosificación base (arcilla = 40% - arena = 60% - aserrín = 2%). Para la compresión se utilizó la máquina CINVA, la cual se emplea para la elaboración de adobe mediante prensado manual.

Con la mezcla de materia prima se realizó en laboratorio el ensayo de compactación para determinar el contenido óptimo de agua a ser adicionado.

Una vez comprimido el ladrillo (Ver figura. 4.19) se dejó secar a la sombra por un tiempo de 4 días hasta que pierda la humedad y posteriormente se llevó a Catamayo junto con los ladrillos elaborados por la vía húmeda para su secado total.



Figura 4.19 Compresión de ladrillo en la máquina CINVA

Es necesario señalar que en este sistema de compresión manual no se puede obtener datos acerca de la esfuerzo ejercido sobre el ladrillo.

4.13 Elaboración de muretes

Los muretes se elaboraron con los ladrillos de las muestras seleccionadas y arena del sector "Nangora". La granulometría de la arena se presenta en la sección *Anexos*. Se siguieron los procedimientos de la norma ASTM C-1314 en cuanto tiene que ver con aspectos generales.

4.13.1 Preparación de los ladrillos

Los ladrillos se remojaron en agua antes del uso, por un periodo de tiempo que permita la penetración de ésta en todo su interior.

Este tiempo se lo encontró por medio de un ensayo de campo, en el cual varios ladrillos se remojaron en agua por diferentes periodos de tiempo y luego se rompen para descubrir la profundidad de la penetración del agua. El periodo mínimo que permita la humedad total se aplicará en el trabajo de la construcción. En base a nuestra experiencia se determinó un tiempo mínimo de sumergimiento en agua por 8 minutos para lograr la humedad total.

El remojo sirve para remover materias extrañas, arena y polvo de los ladrillos, además impide la succión del agua del mortero húmedo, porque de otro modo el mortero se puede secar muy pronto y desmenuzarse antes de adquirir resistencia.



Luego del remojo se retiraron del agua el tiempo suficiente para que las caras empezaran a secarse.

4.13.2 Dosificación del mortero

La dosificación escogida para el mortero fue el tipo M20, mortero cemento – arena de proporciones 1:2.5, de acuerdo con la especificación de la siguiente tabla de Tipos de mortero, dosificación y resistencia según CEC-2000. De esta manera nos aseguramos que ladrillo y mortero trabajen de manera conjunta.

Tipo de mortero	Resistencia Mínima a compresión a los 28 días		Composición en volumen		
	Mpa	Kg/cm ²	Cemento	Cal	Arena
M20	20	200	1	-	2.5
M15	15	150	1	-	3
			1	0.5	4
M10	5	50	1	-	6
			1	1	7
M2.5	2.5	25	1	-	7
			1	2	9

Fuente : CEC-2000 Tabla tipos de mortero, dosificación y resistencia

4.13.3 Colocación de los ladrillos

Se colocaron cuidando que queden bien asentados, haciéndoles una ligera presión y controlando que cada unidad quedará completamente a nivel a plomo (ver figura. 4.20). Debido a la uniformidad en las dimensiones de los mampuestos se chequeó que la junta de mortero no tuviera de más de 1 cm de espesor como lo indica la norma ASTM E 447.

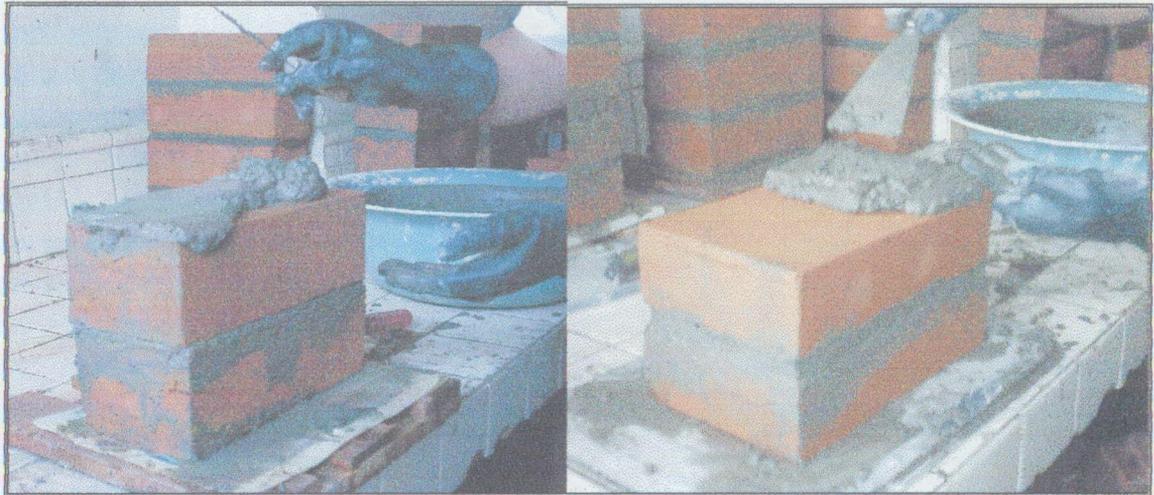


Figura 4.20 Colocación de los ladrillos



Capítulo 5

Análisis y resultados

Mediante los ensayos de compresión realizados a los ladrillos elaborados en la primera, segunda dosificación y muretes, y los ensayos de absorción de humedad para la segunda dosificación, podemos determinar algunas diferencias que nos ayudarán a elegir el ladrillo de mejores características y apto para ser usado en el sistema constructivo de mampostería confinada.

5.1 Ladrillos elaborados en la primera dosificación

Luego de haber fabricado los ladrillos (ver Fig. 5.1) con el procedimiento descrito en el capítulo anterior, se ensayaron las muestras a resistencia a la compresión según la norma ASTM C67 y se obtuvieron los resultados siguientes:

Tabla 5.1 Resultados de ensayos en ladrillos elaborados en 1º dosificación

MUESTRA	DENSIDAD APARENTE PROMEDIO (g/cm ³)	ESFUERZO UNITARIO PROMEDIO (Kg/cm ²)	DOSIFICACIÓN EN PESO
TA	1.67	105.47	20% ARENA - 80% ARCILLA - 2% ASERRÍN
TB	1.70	105.28	40% ARENA - 60% ARCILLA - 2% ASERRÍN
TC	1.70	136.99	50% ARENA - 50% ARCILLA - 2% ASERRÍN
TD	1.69	158.54	60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% ASERRÍN
TE	1.62	102.98	70% ARENA - 30% ARCILLA - 2% ASERRÍN
TF	1.62	80.20	80% ARENA - 20% ARCILLA - 2% ASERRÍN

El valor de la densidad aparente se lo determinó con el fin de establecer la relación existente con el esfuerzo a la compresión.

$$Densidad\ aparente = \frac{Peso\ (g)}{volumen\ (cm^3)}$$

En esta etapa no se halló el valor del porcentaje de absorción de humedad, ya que el parámetro que condiciona la aceptación de unidades para mampostería confinada

es el valor de resistencia a la compresión, el porcentaje de absorción de humedad se determinará en la segunda dosificación.



Figura 5.1 Ladrillos elaborados en la primera dosificación

5.1.1 Resistencia a la compresión y densidad aparente

De acuerdo a los resultados obtenidos (ver figura 5.2), podemos determinar que los ladrillos de la muestra TD cuya dosificación es 60% arena, 40% arcilla y 2% aserrín tuvieron la mayor resistencia, la misma que cumple con el parámetro establecido en la bibliografía (ver Tabla 5.2), por lo cual esta dosificación fue la escogida como una constante para realizar una serie de tanteos en la *segunda dosificación*.

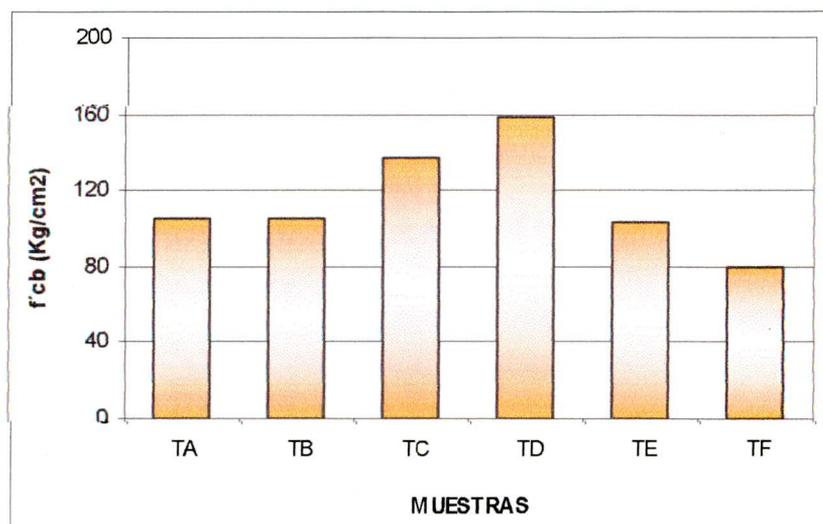


Figura 5.2 Resultados de resistencia a la compresión

En lo que tiene que ver con la densidad se nota que existe una tendencia a disminuir su valor conforme aumenta el contenido de arena, esto se explica porque el grano de arena al ser mayor que el de arcilla crea mayor cantidad de espacios vacíos entre ellos, también dependerá la densidad de la forma de fabricación manual del ladrillo que pudiera variar por factores externos.

Tabla 5.2 Tabla de resistencia mínima de las unidades para muros de mampostería confinada según la norma colombiana NSR-98 y el CEC-2000.

Tipo de Unidad	f'_{cb}	
	Mpa	Kg/cm ²
Ladrillo macizo	15	150
Bloque de perforación horizontal de arcilla	3	30
Bloque de perforación vertical de concreto o de arcilla (sobre área neta)	5	50

De los resultados obtenidos en los ensayos, vemos que no existe una clara relación de proporcionalidad entre la densidad y la resistencia a la compresión (ver Fig. 5.3), debido a la naturaleza misma de un ladrillo hecho a mano y cuyo proceso de cocción no se realiza uniformemente en toda la producción (ver Fig. 5.4), ya que existen sectores dentro del horno que pueden estar a una mayor temperatura que otros.

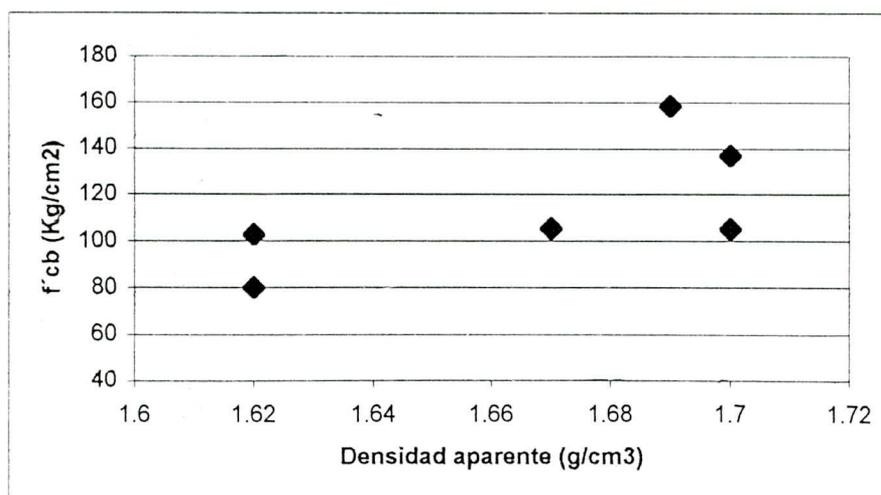


Figura 5.3 Gráfica relación densidad aparente – resistencia a compresión



Figura 5.4 Diferente cocción en ladrillos

5.1.2 Modo de falla

En la Figura 5.5 podemos ver la forma de falla en los ladrillos elaborados sometidos a compresión, la misma se presenta por aplastamiento con fisuras paralelas al perímetro del ladrillo y el núcleo en forma de “v”.

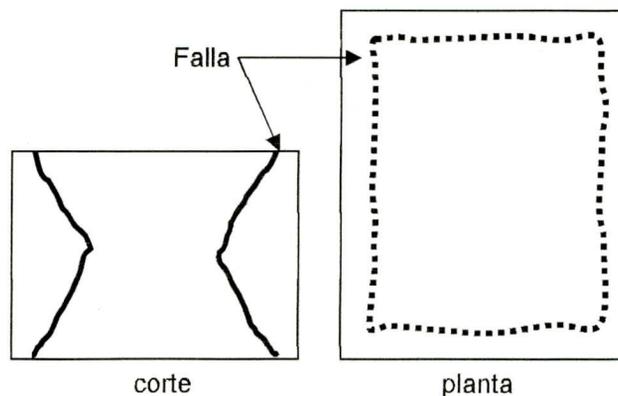


Figura 5.5 Ilustración del modo de falla en ladrillos

5.2 Ladrillos elaborados en la segunda dosificación

Una vez adoptada la dosificación base se elaboraron las muestras correspondientes a la segunda dosificación y se ensayaron a resistencia a la compresión y porcentaje de absorción de humedad según la norma ASTM C67 y se obtuvieron los resultados siguientes:



Tabla 5.3 Resultados de ensayos en ladrillos de 2° dosificación

MUESTRA	DENSIDAD APARENTE PROMEDIO (g/cm ³)	ESFUERZO UNITARIO PROMEDIO (Kg/cm ²)	% ABSORCIÓN HUMEDAD PROMEDIO	VARIABLE EN DOSIFICACIÓN
1A				0% ASERRIN
1B	1.70	139.24	13.34	2% ASERRIN
1C	1.62	124.55	14.11	4% ASERRIN
1D	1.58	120.41	15.00	6% ASERRIN
1E	1.58	112.37	17.68	8% ASERRIN
2A	1.57	92.53	16.76	2% TAMO DE ARROZ
2B	1.51	74.21	17.59	3% TAMO DE ARROZ
2C	1.45	72.30	19.35	4% TAMO DE ARROZ
2D	1.51	67.54	21.36	5% TAMO DE ARROZ
2E	1.57	62.15	23.32	6% TAMO DE ARROZ
3A	1.68	120.00	14.27	0.5% PAJA
3B	1.64	86.10	15.79	1.0% PAJA
3C	1.61	74.26	17.89	1.5% PAJA
3D	1.64	75.89	18.15	2.0% PAJA
3E	1.61	73.42	19.66	2.5% PAJA
4A	1.68	160.26	15.68	4 PERFORACIONES
4B	1.67	146.21	15.87	6 PERFORACIONES
4C	1.66	140.00	15.80	8 PERFORACIONES
5A *	-	-	-	CAL P24
5B *	-	-	-	CAL P24
5C *	-	-	-	CAL P24
6A	1.68	109.21	15.60	5% ARCILLA DE BELEN
6B	1.66	93.23	15.71	7.5% ARCILLA DE BELEN
6C	1.64	74.60	15.69	10% ARCILLA DE BELEN
6D	1.66	53.00	15.61	12.5% ARCILLA DE BELEN
6E	1.64	24.61	15.86	15% ARCILLA DE BELEN
7A	1.68	137.41	15.63	5% CHAMOTA DE CERÁMICA
7B	1.64	143.28	15.67	7.5% CHAMOTA DE CERÁMICA
7C	1.63	127.93	15.94	10% CHAMOTA DE CERÁMICA
7D	1.62	114.08	16.49	12.5% CHAMOTA DE CERÁMICA
7E	1.61	100.24	17.06	15% CHAMOTA DE CERÁMICA

* La muestra 5 no se ensayó debido a la excesiva fragilidad del ladrillo.



MUESTRA	DENSIDAD APARENTE PROMEDIO (g/cm ³)	ESFUERZO UNITARIO PROMEDIO (Kg/cm ²)	% ABSORCIÓN HUMEDAD PROMEDIO	VARIABLE EN DOSIFICACIÓN
8A	1.55	89.12	17.03	1 % CENIZA DE MADERA
8B	1.57	106.52	17.45	1.5 % CENIZA DE MADERA
8C	1.52	114.26	18.41	2 % CENIZA DE MADERA
8D	1.56	108.32	18.79	2.5 % CENIZA DE MADERA
8E	1.59	102.10	18.30	3 % CENIZA DE MADERA
9A	1.73	105.93	17.15	20% ARENA DE RIO - 80% ARCILLA
9B	1.74	81.73	16.73	40% ARENA DE RIO - 60% ARCILLA
9C	1.69	52.26	16.24	60% ARENA DE RIO - 40% ARCILLA
9D	1.48	14.67	15.86	80% ARENA DE RIO - 20% ARCILLA
10A	1.67	153.32	15.46	DIMENSIONES DE ARISTAS
11A	1.53	89.19	20.40	PRENSADOS

5.2.1 Resistencia a la compresión y densidad aparente

Según los resultados presentados en la tabla 5.3, los mejores ladrillos de cada tipo de acuerdo a la resistencia a la compresión son:

En el ladrillo tipo 1 de variable *aserrín* el mejor resultado lo reporta la muestra 1B (2%) con $f'_{cb} = 139.24 \text{ kg/cm}^2$. La muestra 1A no se ensayó porque debido a la falta total de aserrín se agrietó durante el proceso de secado.

En el ladrillo tipo 2 de variable *tamo de arroz* la mayor compresión se dio en la muestra 2A (2%) con $f'_{cb} = 92.53 \text{ kg/cm}^2$.

En el ladrillo tipo 3 de variable *paja* la mayor compresión se presentó en la muestra 3A (2%) con $f'_{cb} = 120.00 \text{ kg/cm}^2$.

En el ladrillo tipo 4 de variable *número de perforaciones*, la mayor compresión se dio en la muestra 4A con $f'_{cb} = 160.26 \text{ kg/cm}^2$. Esta muestra fue uno de los tipos escogido, ya que su valor supera el requisito mínimo de resistencia apto para considerarse en el sistema de mampostería confinada.

El ladrillo tipo 5 de variable *cal*, no se llegó a ensayar debido a la notable baja resistencia dada por la incompatibilidad de mezclar arcilla con cal para fines de



aumentar la cohesión entre sus partículas, ya que la cal contrarrestó la propiedad aglutinante de la arcilla.

En el ladrillo tipo 6 de variable *arcilla del sitio Belén*, el mejor resultado a compresión se presentó en la muestra 6A (5%) con $f'_{cb} = 109.21 \text{ kg/cm}^2$.

En el ladrillo tipo 7 de variable *chamota de cerámica* obtenida de la Planta de Cerámica de la U.T.P.L., el mejor resultado se dio en la muestra 7B (7.5%) con $f'_{cb} = 143.28 \text{ kg/cm}^2$.

En el ladrillo tipo 8 de variable *ceniza de madera* el mejor resultado se dio en la muestra 8C (2%) con $f'_{cb} = 114.26 \text{ kg/cm}^2$.

En el ladrillo tipo 9 de variable *arena de río* como sustituto de la arena de la mina, el mayor resultado se presentó en la muestra 9A (20%) con $f'_{cb} = 105.93 \text{ kg/cm}^2$.

La muestra 10A de variable *cambio de dimensiones* dio como resultado $f'_{cb} = 153.32 \text{ kg/cm}^2$, siendo también escogida ya que superó el requisito mínimo de resistencia para considerarse en el sistema de mampostería confinada.

La muestra 11A elaborada en la máquina de compresión CINVA que es utilizada para la elaboración de adobe dio como resultado $f'_{cb} = 89.19 \text{ kg/cm}^2$.

Los mayores resultados de f'_{cb} antes mencionados se encuentran graficados en la figura 5.6 para una mayor comprensión.

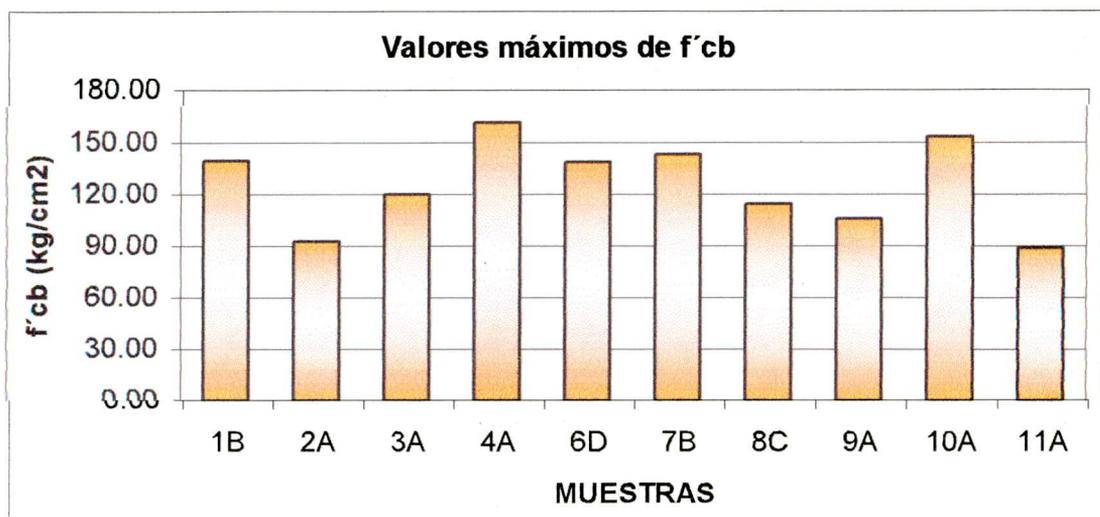


Figura 5.6 Muestras con valores máximos de resistencia a la compresión f'_{cb}

En cuanto tiene que ver con la densidad aparente, los valores de las muestras escogidas de cada tipo de ladrillo se presentan en la figura. 5.7.

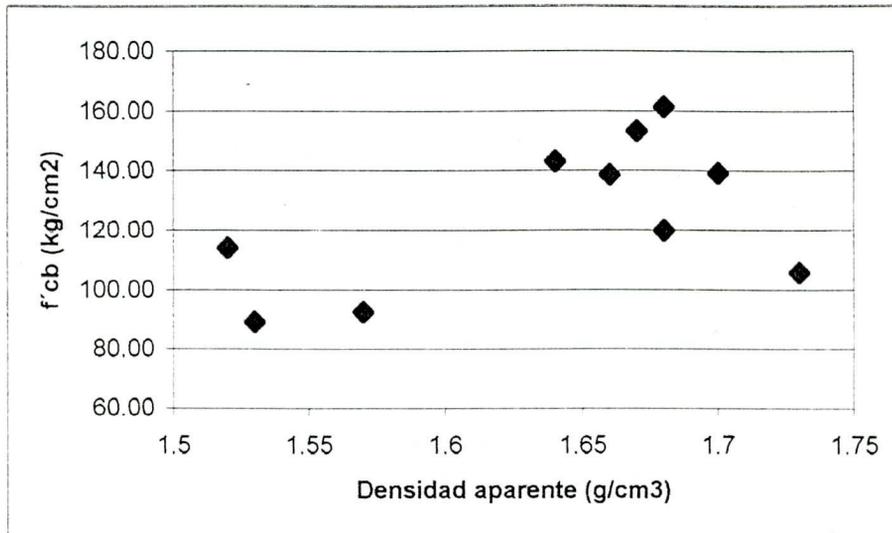


Figura 5.7 Gráfica relación densidad aparente – resistencia a compresión

En la figura 5.7 vemos que no existe una relación bien definida de proporcionalidad entre la densidad y la resistencia a la compresión, como ya se explicó anteriormente debido a la naturaleza misma de un ladrillo hecho a mano y cuyo proceso de cocción no se realiza uniformemente en toda la producción, siendo éste un factor principal para adquirir mayor resistencia.

5.2.2 Absorción de humedad

Según los resultados obtenidos de la tabla 5.3, la absorción de humedad para las muestras escogidas para mayores valores a la compresión, se encuentran en rangos aceptables y dentro de las especificaciones de la norma INEN 297 que especifica:

Tipo de ladrillo	Absorción máxima de humedad %
Macizo tipo A	16
Macizo tipo B	18
Macizo tipo C	25
Hueco tipo D	16
Hueco tipo E	18
Hueco tipo F	25

En la figura 5.8 se presentan los valores de absorción de humedad según el tipo de ladrillo, los cuales no presentan mayor variación y se encuentran dentro de los límites fijados para ladrillo macizo tipo C hecho a mano.

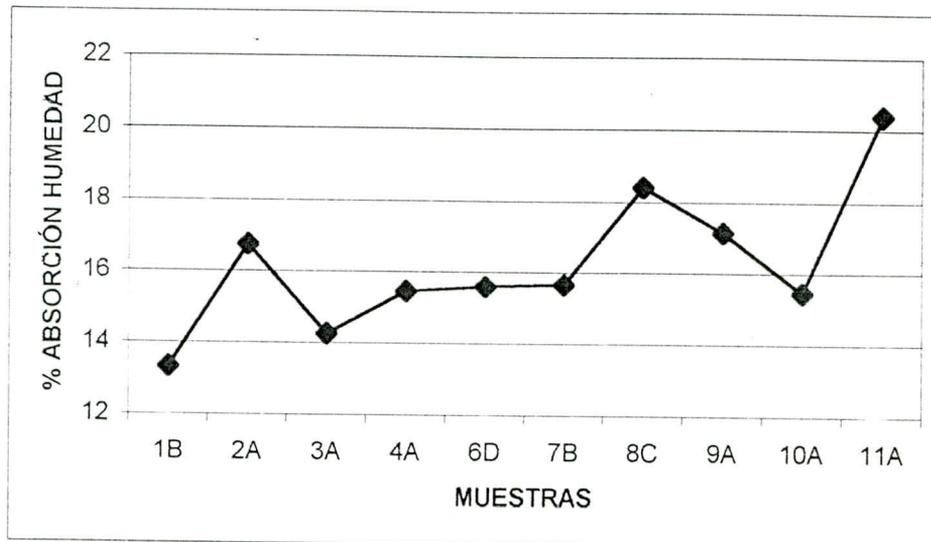


Figura 5.8 Valores de absorción de humedad para muestras seleccionadas de cada tipo de ladrillo

El valor de absorción de humedad para las muestras escogidas que cumplieron el requisito mínimo de resistencia para mampostería confinada fue de 15.68% para la muestra 4A y 15.46% para la muestra 10A, ambas están dentro del valor permitido para un ladrillo macizo tipo A según la norma INEN 297.

5.3 Muretes

Una vez realizados los muretes con las muestras escogidas de la segunda dosificación, se sometieron a ensayos de compresión axial y se realizó lecturas en el deformímetro acoplado en la máquina ACUTEK para determinar el módulo de elasticidad de las muestras.

5.3.1 Esfuerzo de compresión f'_m

Se realiza este ensayo en muretes debido a la relativa facilidad de construcción y ensayo, con el cual se reproducen razonablemente los modos de fallo observados en muros a escala natural.

De acuerdo a investigaciones realizadas, la resistencia a compresión en paneles de mampostería (f'_m), será menor a la resistencia en unidades aisladas (f'_{cb}).

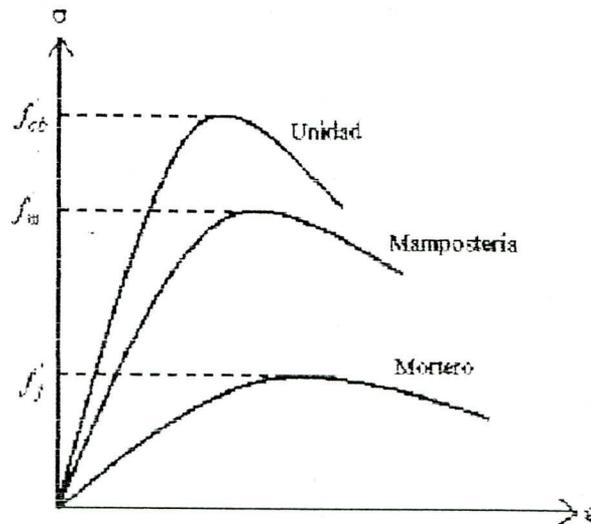


Figura 5.9 Relaciones esfuerzo-deformación para el mortero, unidades aisladas y paneles de mampostería [Paulay y Priestley, 1992]⁹

Se ensayaron los muretes tipo A y B según la norma ASTM C 1314 y se obtuvieron los siguientes resultados:

Muestra	Murete	f'm (kg/cm ²)	f'm promedio
A	A1	122.50	121.10
	A2	118.51	
	A3	122.28	
B	B1	91.98	84.30
	B2	84.00	
	B3	76.91	

De la tabla anterior vemos que el tipo de murete que mejores resultados presentó fue el tipo A, que fue elaborado en base al ladrillo con perforaciones. Este resultado se encuentra dentro de lo previsto según la bibliografía consultada (ver figura 5.9).

5.3.2 Relación esfuerzo – deformación

Esta relación depende de las características de los materiales constitutivos, esto es; las deformaciones y los esfuerzos varían considerablemente de un tipo de unidad a otra. En las figuras 5.10 y 5.11 se muestran las curvas para los muretes tipo A y B respectivamente y una misma proporción de mezcla utilizada para fabricar el mortero

⁹ Engineering Online. Course Number CE524. Spring 2004

(proporción cemento: arena =1:2.5). Claramente se observa que, existe una relación directa entre las deformaciones y esfuerzos obtenidos y conservan una misma tendencia incluso variando el tipo de unidad.

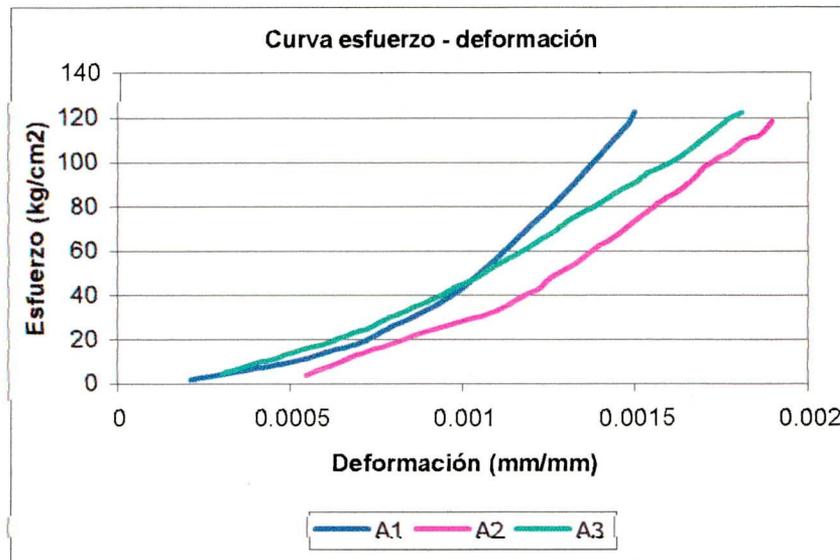


Figura 5.10 Curva esfuerzo – deformación para murete tipo A

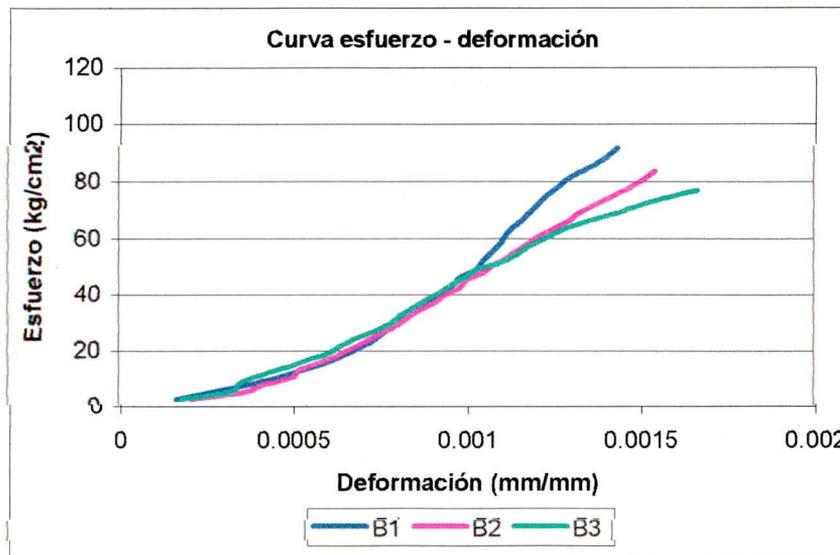


Figura 5.11 Curva esfuerzo – deformación para murete tipo B

5.3.3 Módulo de elasticidad E_m

La norma ACI 530-99 utiliza el método secante para determinar el módulo de elasticidad de la mampostería de arcilla cocida, en el cual, la pendiente de la línea se toma desde el punto correspondiente a un esfuerzo igual a $0.05 f'm$ hasta un punto sobre la curva en $0.33 f'm$, ver figura 5.12, ya que hasta hace poco tiempo se

usaban ecuaciones empíricas que resultaban erróneas porque se mayoraba el resultado.

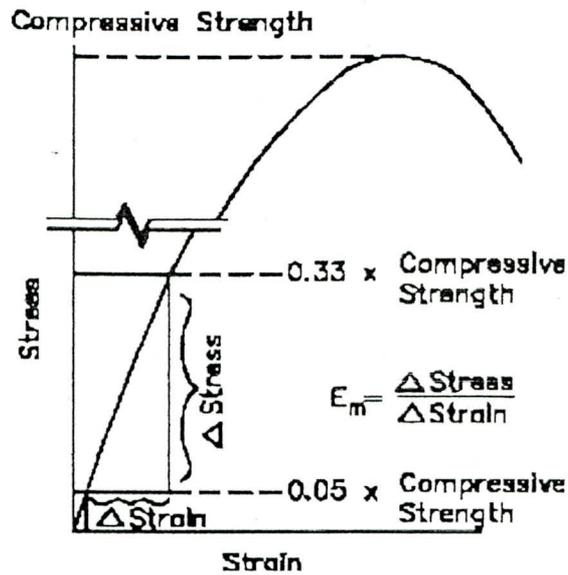


Figura 5.12 Módulo de elasticidad para mampostería según ACI 530-99

Tabla 5.4. Expresiones empíricas para el módulo de elasticidad de la mampostería según algunos investigadores y códigos de construcción.

Autores	Valor de E_m
Paulay y Priestley, 1992	$750 f'_m$
San Bartolomé, 1990	$500 f'_m$
CEC -2000	$750 f'_m$ unidades de concreto $500 f'_m$ unidades de arcilla
ACI 530-99	$700 f'_m$ unidades de arcilla $900 f'_m$ unidades de concreto

De acuerdo a las curvas esfuerzo deformación y aplicando el método descrito por la norma ACI 530-99 se obtuvo los siguientes valores de módulo de elasticidad para los muretes A y B.

Muestra	Murete	E_m	E_m promedio
A	A1	57573	56795
	A2	56244	
	A3	56569	



Muestra	Murete	Em	Em promedio
B	B1	45460	46880
	B2	48867	
	B3	46314	

El tipo de murete que mejores resultados presentó fue el tipo A, que fue elaborado en base al ladrillo con perforaciones. Este resultado se aproxima al valor calculado con la fórmula dada por el CEC – 2000, no así al valor propuesto por el ACI 530-99 que supera en un 45% al valor encontrado en laboratorio.

Nota: Las gráficas y los valores de esfuerzo y deformación se encuentran en la sección Anexos

5.3.4 Modo de falla

El tipo de falla más común en los muretes, es la formación de grietas verticales en las piezas, producidas por las deformaciones transversales. Sin embargo, otros tipos de falla pueden presentarse, como consecuencia de las posibles combinaciones que se generan al variar la calidad y las propiedades de las unidades y el mortero, como es el caso del fallo por aplastamiento en unidades de baja resistencia. Por lo tanto, depende tanto de las propiedades mecánicas de los materiales constitutivos y de la forma como éstos se combinan para formar la mampostería.



Figura 5.13 Tipo de fallo en muretes



Capítulo 6

Costos de producción del ladrillo tradicional mejorado

6.1 Generalidades

El ladrillo tradicional para la construcción se ha convertido en un material barato y de producción masiva el cual como producto ha abaratado costos y sistematizado los procesos constructivos. La simplicidad del equipo necesario para su fabricación, se adecua técnica y económicamente a la realidad de los países de América Latina.

La actividad destinada a la producción de ladrillos explota un recurso casi no renovable. Esta problemática esta asociada al abandono del espacio productivo por la pérdida de su renta inicial y la aparición de las inevitables consecuencias ambientales. Estos sitios en general periurbanos, se convierten en lugares de riesgo ambiental y en un elemento paisajístico ejemplo de la degradación.

La existencia de diversos sistemas constructivos no han podido reemplazar el consumo del ladrillo. El mismo se basa en su costo – beneficio desde el enfoque económico y en la identidad constructiva desde el enfoque histórico – cultural, convirtiéndolo en un elemento vital de la construcción en las ciudades latinoamericanas. Como sistema constructivo tradicionales, su producción no demanda tecnología sofisticada ni una mano de obra calificada.

La mayor parte de la demanda de ladrillos, se encuentra abastecida por los medianos y grandes productores y consecuentemente, la mayor parte de la plusvalía es apropiada por éstos. La falta de capacidad de acumular o estoquear de ladrillos, impide las posibilidades de acumulación de capital. El caso del stock es importante para la acumulación, dado que al estar condicionada la producción por factores climáticos (los ladrillos artesanales se elaboran especialmente en verano) este stock permitirá sacar un plus mayor en el periodo de máxima demanda para la venta, que es antes y después de la temporada de verano.

En el presente capítulo estableceremos diferencias en costos de producción de ladrillos hechos a mano de la forma tradicional, con los costos de producción de



ladrillos mejorados hechos a mano, y establecer diferencias, ventajas económicas y facilidades en las formas de producción, tomando en cuenta que los ladrillos mejorados a más de ser durables, resistentes, presentarán un mejor acabado.

6.2 Características del análisis de costos

Para la realización del presupuesto en una oferta, resulta de mucha importancia tener en cuenta todos los factores integrantes de cada rubro, esto nos permitirá apegarnos a la realidad de gastos que constituyen cada rubro.

Los análisis de costos son aproximados, es decir el presupuesto será estimado, por lo cuál existirá una diferencia al presupuesto real que posteriormente se determinará cuando cada ladrillera determine el proceso óptimo a seguir, es así que al fabricar ladrillos mejorados en lugar distinto, solo la ubicación ya nos cambia los costos, además las condiciones del suelo, condiciones geográficas, accesos, hacen variar los precios, por lo que los costos no se pueden generalizar, por lo tanto el análisis de costos se vuelve dinámico, por el mejoramiento constante de materiales, equipos, procesos constructivos, organizaciones técnicas de planificación, rendimientos de equipos, cambios en la economía, todo esto permiten una actualización constante de costos.

6.3 Integración del costo en la producción

Los costos de cada uno de los rubros de una obra estarán formados por el costo directo y el costo indirecto.

6.3.1 Costos indirectos

Son todos aquellos gastos que se realizan para la ejecución de un proyecto y que no han sido considerados como costo directo.

6.3.2 Costos directos

Son todos aquellos producidos por los gastos en mano de obra, materiales, equipo y transporte, efectuados exclusivamente para la ejecución de un concepto de trabajo.





6.4 Análisis de costos considerado en el presente estudio

Para el presente proyecto realizaremos un estudio en la fabrica de ladrillos del Sr. Ramiro Figueroa, ubicada en el cantón Catamayo, provincia de Loja. El análisis se realizará partiendo desde los materiales utilizados tradicionalmente es decir aproximadamente 50 % arcilla y 50% arena limosa, a lo cual se le adiciona aserrín como un material desengrasante en varias dosificaciones hasta obtener los resultados deseados.

6.4.1 Costo base de materiales utilizados para la fabricación del ladrillo

El valor de los materiales constituyen uno de los costos directos que influyen en el precio de producción del ladrillo, el costo base considerado por parte del fabricante de ladrillo, se refiere al valor de la explotación, transporte y procesamiento de los agregados de el sector de explotación "Los Tejares" ubicado tras del aeropuerto, lugar desde donde se extrae los materiales para la fabricación del ladrillo. A continuación se detalla los precios base necesarios para la fabricación del ladrillo tradicional.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO USD
Arcilla	m ³	5,0000
Arena	m ³	5,0000
Aserrín	m ³	6,5000
Molde	U	3,0000
Leña	Glb	0,0020
Agua	Glb	0,0020

En el transporte de la arcilla y la arena limosa se considera una distancia promedio de 200 m. desde el sector de explotación hasta la fabrica de ladrillo, para el transporte del aserrín esta considerado una distancia de 35 Km. Desde la ciudad de Loja hasta el cantón Catamayo.



6.4.2 Cálculo de costo del ladrillo producido tradicionalmente

Análisis de costo unitario por ladrillo para la dosificación y elaboración del ladrillo artesanal que se expende actualmente en la ciudad de Loja.

1. Costos Directos

A. MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Arcilla	Kg.	1,98000	0,00500	0,0099
Arena	Kg.	1.98000	0,00500	0,0099
Aserrín	m ³	0,00050	6,50000	0,00325
Leña	glb	1,00000	0,00200	0,00200
Agua	glb	1,00000	0,00200	0,00200
			TOTAL A:	0.02705

B. MANO DE OBRA	CATEG.	HORAS HOMBRE	SALARIO REAL	COSTO TOTAL
Albañil	III	0,00360	1,33	0,00479
Operador de horno		0,00290	1,33	0,00386
			TOTAL B:	0,00865

C. EQUIPO	HORAS- EQUIPO	COSTO X HORA	COSTO TOTAL
Molde	0.00600	0.01	0.00006
Horno tradicional	0,00290	1,00	0,00290
Herramienta menor (5% MO)		-	0,00043
		TOTAL C:	0.0034

D. TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO TRANSP.	COSTO TOTAL
Transporte	glb	1,00	0,02	0,02
			TOTAL D:	0,02

E. COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)	0,05909
F. COSTO INDIRECTOS: 35,00 %	0,02068
G. COSTO UNITARIO TOTAL (E+F)	0,07977 USD



La suma A+B+C+D, nos da como resultado el total de los costos directos = USD 0.059. El total de costos indirectos nos da al calcular el 35 % de los costos directos = $0.35 (0.059) = 0.02$. Precio unitario adoptado = 0.08 USD

La ladrillera del Sr. Ramiro Figuroa, en el análisis de precios unitarios por unidad incluye análisis para un ladrillo de 26.20 Kg/cm^2 como promedio de ésta ladrillera.

Los valores de éste análisis corresponden a la fecha de ejecución del mismo teniéndose siempre en cuenta que este valor variará o se incrementara en época de invierno esto desde el mes de noviembre hasta el mes de febrero.

6.4.3 Cálculo de costo unitario para ladrillo mejorado

A continuación realizaremos el análisis de precios por unidad de ladrillo producido en la fabrica del Sr. Ramiro Figuroa adicionándole aserrín, el mismo que demostró ser el de mejores resultados en cuanto a la resistencia a la compresión y absorción de humedad según los resultados antes presentados.

1. Costos Directos

A. MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Arcilla	Kg.	1,50400	0,00500	0,00752
Arena	Kg.	2,25600	0,00500	0,01128
Aserrín	m ³	0,00050	6,50000	0,00325
Leña	glb	1,00000	0,00200	0,00200
Agua	glb	1,00000	0,00200	0,00200
			TOTAL A:	0,02792

B. MANO DE OBRA	CATEG	HORAS HOMBRE	SALARIO REAL	COSTO TOTAL
Albañil	III	0,00650	1,33	0,00865
Operador de horno		0,00290	1,33	0,00386
			TOTAL B:	0,01251



C. EQUIPO	HORAS - EQUIPO	COSTO X HORA	COSTO TOTAL
Tamiz	0.20000	0.005	0.00100
Pisón	0.04000	0.02	0.00080
Paleta	0.00200	0.005	0.00001
Horno tradicional	0,00290	1,00	0,00290
Herramienta menor (5% MO)			0,00063
TOTAL C:			0,00534

D. TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO TRANSP.	COSTO TOTAL
Transporte	Glb	1,00	0,02	0,02
TOTAL D:				0,02

E. COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)	0,06577
F. COSTO INDIRECTOS: 35,00 %	0,02302
G. COSTO UNITARIO TOTAL (E+F)	0,08879 USD

La suma A+B+C+D, nos da como resultado el total de los costos directos = USD 0.066. El total de costos indirectos nos da al calcular el 35 % de los costos directos = $0.35 (0.066) = 0.023$. Precio unitario adoptado = 0.09USD

6.5 Ventajas y desventajas del ladrillo producido tradicionalmente

- Costos de producción bajos.
- Material de relleno en mamposterías interiores.
- Material de aliviamiento en losas.
- Material no recomendado para cerramientos o paredes exteriores.
- Material no recomendado para paredes vistas por su alto contenido de fluorescencias.
- Baja resistencia a la compresión.
- Alto porcentaje de absorción de agua.
- Baja resistencia a los factores climáticos o medio ambiente.
- Material de distinto tamaño por contracción en el secado.



6.6 **Ventajas y desventajas del ladrillo mejorado producido tradicionalmente.**

- Costos de producción bajos.
- Material autoportante en mamposterías interiores.
- Material no recomendado en aliviamiento en losas.
- Material recomendado para cerramientos o paredes exteriores.
- Material recomendado para paredes vistas por su bajo contenido de fluorescencias y aristas rectas.
- Alta resistencia a la compresión.
- Bajo porcentaje de absorción de agua.
- Alta resistencia a los factores climáticos o medio ambiente.



Capítulo 7

Diseño de una vivienda con mampostería confinada

7.1 Generalidades

Los edificios construídos con paredes (muros) portantes de ladrillo cerámico son concebidos como un sistema tridimensional formado por entramados y paredes sensiblemente perpendiculares entre sí. La estructura debe tener forma celular, debiendo prevalecer esta idea siempre frente a la de elementos de carga paralelos.

La transmisión de las cargas hasta la cimentación se realiza a través de paredes de carga (en el caso de cargas verticales gravitatorias) y de paredes de arriostramiento (que ante acciones horizontales se comportan como ménsulas de gran canto).

Las paredes de carga se encuentran normalmente sometidos a flexocompresión.

Los empotramientos de los entramados en las paredes, los cambios de sección de las paredes de fachada en plantas bajas, el viento contra sus caras o las tolerancias de ejecución producen excentricidades de carga en el plano perpendicular a la pared, cuya influencia en la resistencia de la pared debe estimarse.

Las paredes son los elementos que dividen los espacios en una vivienda. En un plano de planta o distribución son representados por medio de dos líneas que representan el grueso de la pared, las ventanas son representadas por una o dos líneas en el centro de la pared y las puertas se representan por un cuarto de circunferencia y una o dos líneas rectas, el espacio donde no se coloca puerta y sirve de pasillo se llama vano. Ver figura 7.1.

Según la función estructural que desempeñan las paredes (muros) en una vivienda se clasifican en: Muros confinados estructurales, Muros de rigidez y Muros no estructurales.

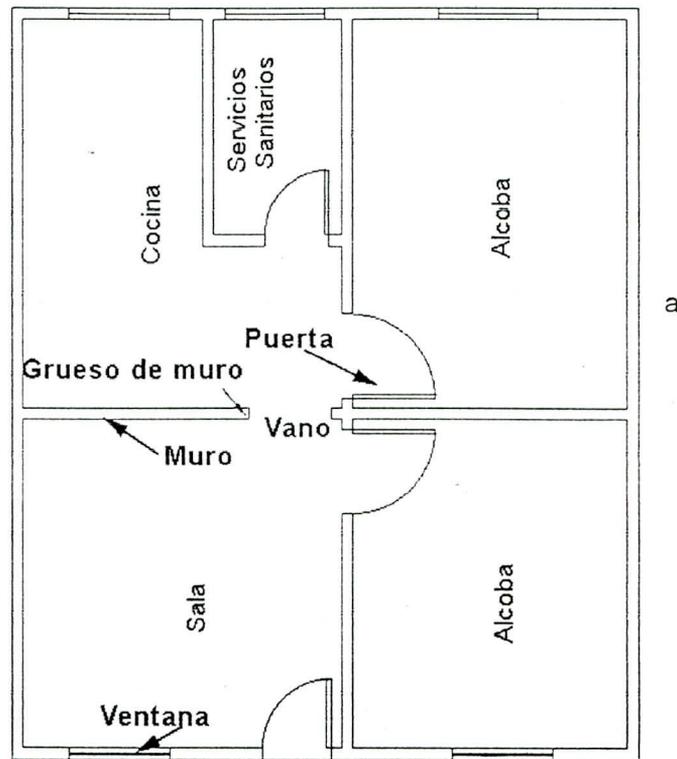


Figura 7.1 Representación gráfica de planta de vivienda

Muros confinados estructurales : Son aquellos que soportan las losas y techos además de su propio peso y resisten las fuerzas horizontales causadas por un sismo o el viento.

Muros de rigidez : Son los que soportan su propio peso pero ayudan a resistir las fuerzas horizontales causadas por sismos en la dirección contraria a las paredes estructurales no considerándose para el soporte de losas y techos.

Muros no estructurales : Son las paredes que solo sirven para separar espacios de la vivienda y no soportan más carga que la de su propio peso.

Según el sitio donde se colocan las paredes, se pueden llamar de fachada (los del frente de la casa) divisorios los que separan un espacio de otro y medianeros los que separan una construcción con la del vecino.

7.2 Diseño

Las paredes de este tipo de edificación, son importantes porque transmiten las cargas a los cimientos y sirven para conformar espacios de la vivienda tales como



sala, dormitorios, cocina, servicios. Estas paredes representan en si todo lo que forma el volumen de la construcción.

7.2.1 Materiales, herramientas y equipo

Materiales: Ladrillo común mejorado o ladrillo tipo A, cemento, arena, acero de refuerzo corrugado, alambre, clavos.

Herramientas: Regla, escuadra, nivel, hilo, ranuradores, plomada, cincel, hachuela, paleta, llana, flexómetro, pala.

Equipos: Carretillas, escaleras, andamios.

7.2.2 Unidades de mampostería

Se llaman unidades de mampostería a los elementos con los cuales realizamos la pared confinada y pueden ser ladrillos de arcilla mejorados y de perforación horizontal o vertical tipo A que cumplan con las normas de calidad.

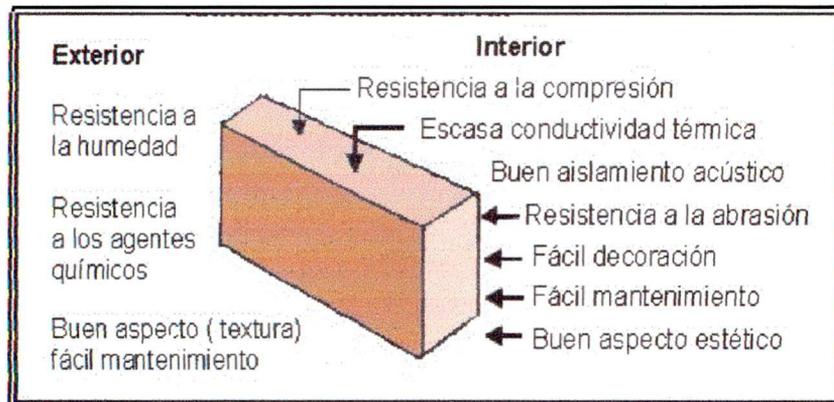


Figura 7.2 Características de la unidad de mampostería

7.2.3 Mortero de pega

Es una mezcla compuesta de cemento, arena y agua utilizada para unir las unidades de mampostería y debe reunir las siguientes condiciones:

Plasticidad: (trabajabilidad) Que sea fácil de distribuir en la superficie de las juntas de pega.

Consistencia: Que conserve la forma y el tamaño al ser colocado.



Retención de agua: Que conserve el agua requerida para la hidratación del cemento pues las unidades de mampostería tienden a extraer el agua del mortero de pega al ser colocado sobre la superficie.

Adherencia: Que se una con las unidades de mampostería, para esto se debe de establecer dosificaciones del mortero de pega con una resistencia adecuada, mínimo de $f'c = 7.5$ Mpa, El mortero también debe tener endurecimiento gradual, durabilidad, bajo encogimiento y buen aspecto.

7.2.4 Mezcla para columnas de confinamiento, vigas de amarre y cintas de culata.

La mezcla que se utiliza para estos elementos es del tipo hormigón con una resistencia mínima de $f'c=17.5$ Mpa y dosificada por volumen con la siguiente proporción :

1 parte de cemento

2 partes de arena de pega limpia

3 partes de triturado de $\frac{3}{4}$ de pulgada

7.2.5 Proceso constructivo de las paredes.

Organizar el puesto de trabajo. Lo primero que hacemos es preparar el puesto de trabajo organizando las herramientas, equipos y materiales, luego procedemos a darle una limpieza al terreno.

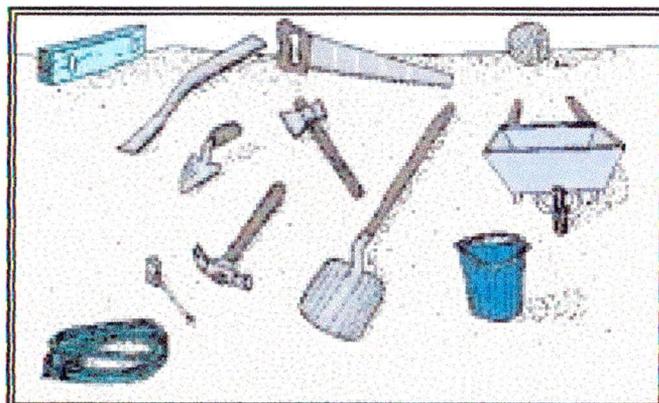


Figura 7.3 Herramientas necesarias

Replantear la pared. Para iniciar la pega de las unidades de mampostería debemos verificar las medidas y los ángulos rectos, sobre la corona del cimiento, marcamos el eje en la corona para así tener una referencia del sitio donde iniciamos la pega, además que tipo de pared se va a colocar y su espesor.

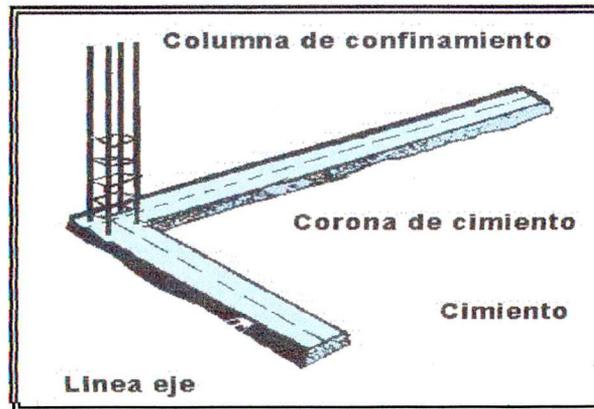


Figura 7.4 Replanteo de ejes de muros

Previamente al asentado se arrumarán los ladrillos en una zona cercana a la pared por levantar, dejando libre el paso del personal y el frente de trabajo.

Se empaparán los ladrillos en agua, al pie del sitio donde se levantará la pared y poco antes de su asentado.

Se debe usar un piola de guía en la colocación de cada hilada. Con la piola se marcará la distancia entre la cara superior del sobrecimiento o nivel de apoyo de la pared y la cota final de la pared, dividiéndose en hiladas enteras e iguales que incluyen el alto del ladrillo y la junta.

Para el procedimiento de colocación se tendrá en cuenta las siguientes normas:

Si la pared se levantara sobre el sobrecimiento, se limpiará y mojará la cara superior de éste, colocando una capa de mortero a todo lo largo del tramo.

Si la pared se levanta sobre una losa, previamente se efectuará el trazado, precisando la ubicación de los vanos luego se mojará la zona de colocación y se verterá una capa de mortero a todo lo largo del tramo.

Se colocará los ladrillos de extremos de la pared y costados del vano, teniendo un cordel entre ellos para luego colocar el resto de ladrillos de la primera hilada.

Se rellenarán las juntas verticales, colocando una segunda capa de mortero.

Se colocaran los ladrillos de los extremos en la altura que marquemos con la piola aplomándolos con la primera hilada, con esta piola se colocará el resto de ladrillos de la segunda hilada, alternando las juntas verticales para lograr un buen amarre.

Los ladrillos se asentarán hasta cubrir una altura de pared de 1.00m., en ocasiones se llegará hasta la altura 1.50m. para proseguir la elevación de la pared se dejará un mínimo de 12 horas.

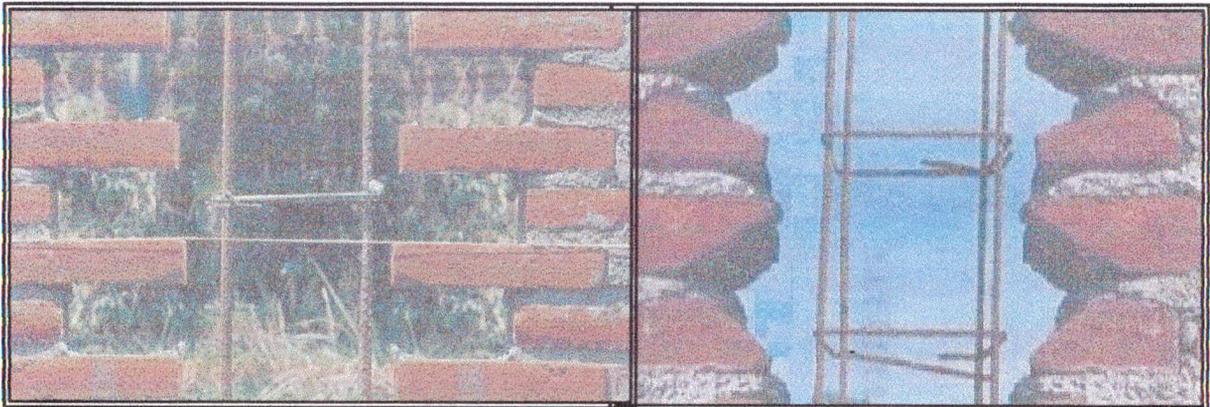


Figura 7.5 Columnas de confinamiento

7.2.6 Proceso constructivo de las vigas de amarre.

Se selecciona el tipo de acero a colocar, se corta, se figura y se arma los estribos.

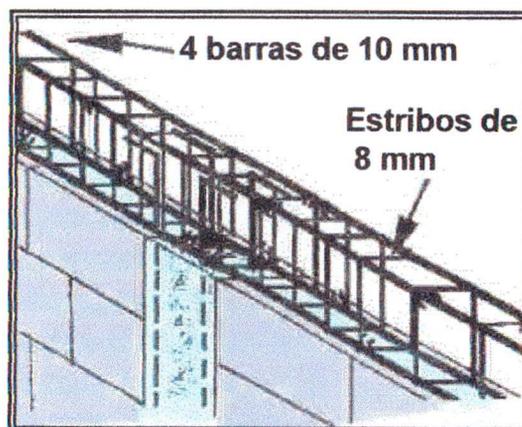


Figura 7.6 Armado en vigas de confinamiento

Se arma el encofrado. Se arman primero los tableros en el piso, luego se colocan longitudinalmente en las caras de la pared y en la parte superior, se les coloca trabillas, a distancias de 60 cm para evitar que se abran en el momento de fundir la viga. En la parte inferior se amarran con alambre o se les coloca tacos en diagonal. Ver las figuras 7.7

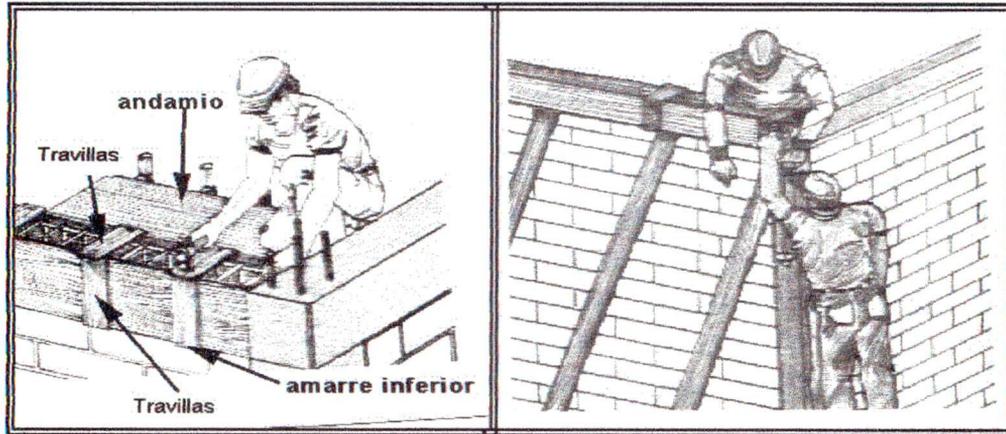


Figura 7.7 Armado de encofrado para vigas de confinamiento

Colocar ganchos o tornillos para amarre del techo.

Si la viga es terminal o sea que no tiene más pisos encima y el techo descansa sobre ella, se deben colocar ganchos o tornillos de una longitud de 30 cm, o según el grueso de la viga, con la rosca hacia arriba para amarrar a ellos el techo. Lo importante es que queden puntas de donde amarrar la solera

Fundir viga.

La viga se funde utilizando una mezcla con la misma dosificación que se utilizó para las columnas.

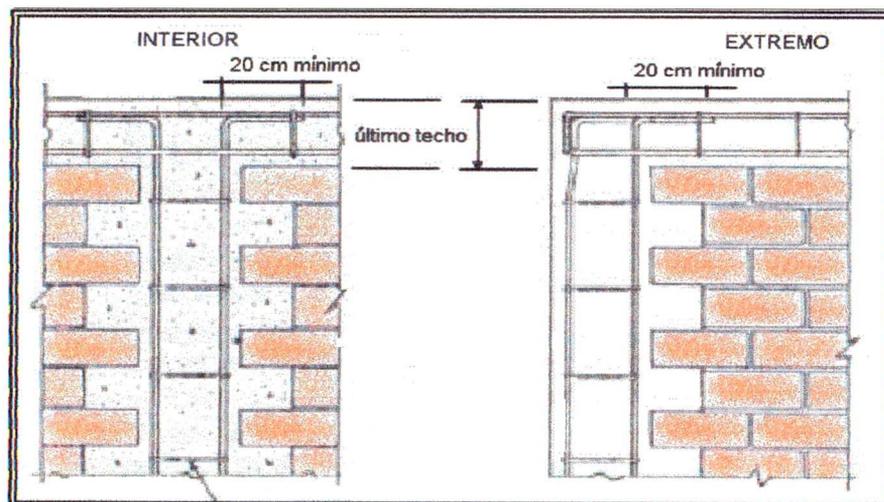


Figura 7.8 Detalle en armado de vigas y columnas de confinamiento

Se debe vibrar dándole golpes suaves con un combo de caucho y chuzando el hormigón o concreto con una varilla para que quede bien compactado

7.2.7 Desencofrado

Pasadas 12 horas, o al otro día, se quita el encofrado o formaleta y se resana la viga si le quedaron hormigueros.



Figura 7.9 Desencofrado de las vigas de confinamiento

Luego se cura rociándole agua 3 veces al día durante 7 días de la semana.

Según el clima puede necesitar regarlas con más frecuencia.

7.3 Ejemplo de diseño de vivienda con mampostería confinada

A continuación se presenta un ejemplo de diseño de una edificación de dos plantas, ubicada en la ciudad de Loja (zona 2 según CEC-2000) y se levantará sobre suelo arcilloso. La geometría en planta y las medidas han sido tomadas del ejemplo incluido en la tesis "Dimcad".¹⁰

Datos:

Número de pisos = 2

Altura de piso = 2.40 m

Peso Losa(espesor 15cm) + cielo raso + acabado de piso = 440 Kg/cm²

Peso Losa cubierta(espesor 15cm) + cielo raso = 396 Kg/cm²

Carga viva = 200 Kg/cm²

Carga cubierta = 100 Kg/cm²

¹⁰ DIMCAD software de análisis y diseño de mampostería confinada por resistencia. UTP L 2004



Capacidad portante del suelo = 1.5 Kg/cm^2

Peralte Cadena = 0.30 m

$Z = 0.25g$

Tipo suelo = S3

Resistencia a la compresión de la mampostería $f'm = 121.10 \text{ Kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad de la mampostería = 56795 Kg/cm^2

Resistencia a la compresión del hormigón = 180 Kg/cm^2

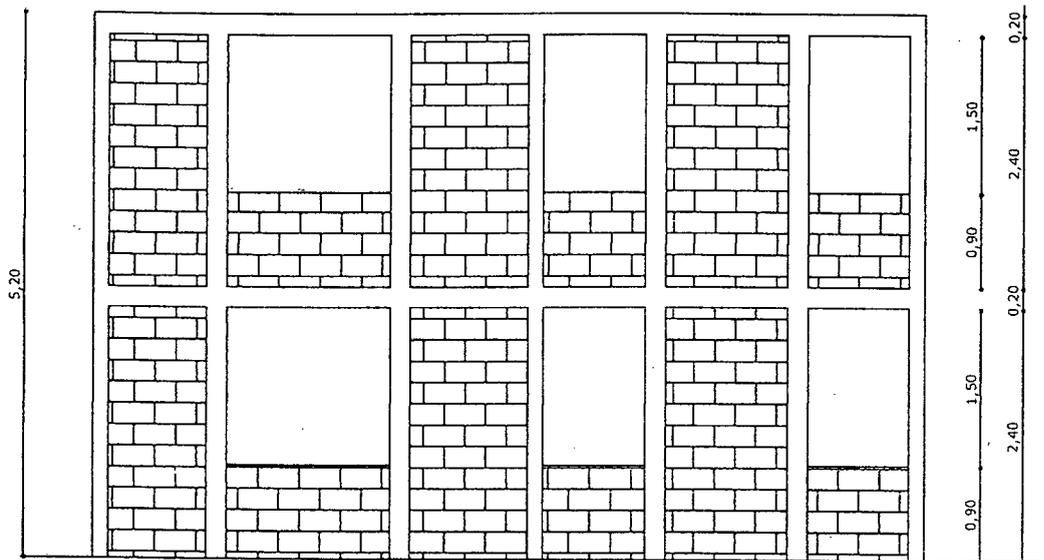
Fluencia acero = 4200 Kg/cm^2

Losa armada en dos direcciones

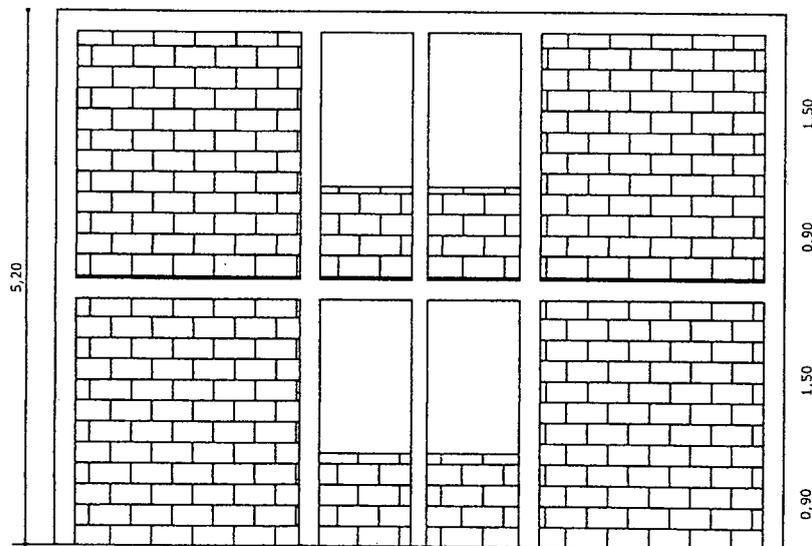
Espesor de muros de mampostería = 0.12 m

Columnas y vigas de confinamiento $0.12 \times 0.20 \text{ m}$ con 4 varillas longitudinales $\phi = 10 \text{ mm}$

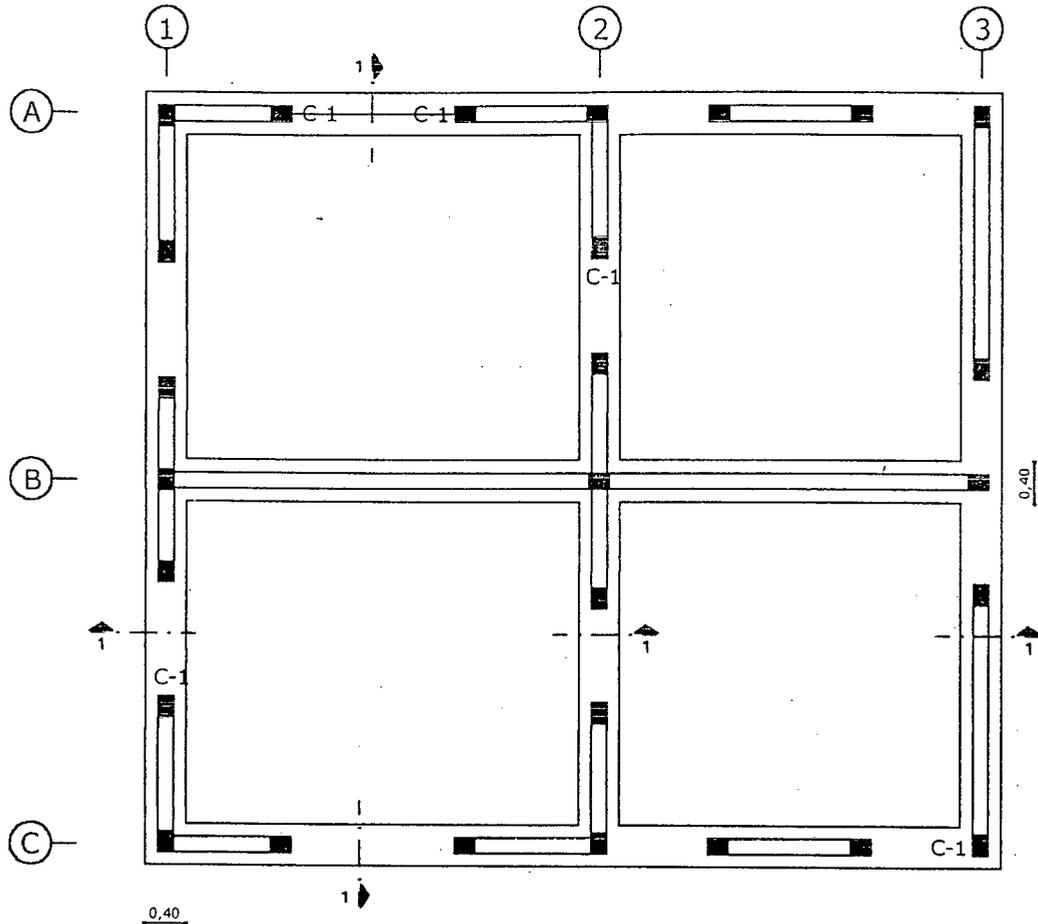
Estribos $\phi = 6 \text{ mm}$



VISTA LATERAL EJES A, C
ESCALA:1_75

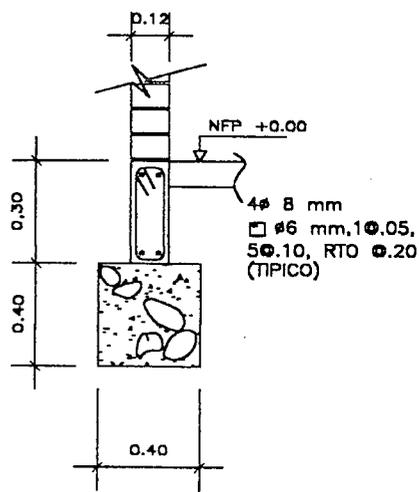


VISTA LATERAL EJE 3
ESCALA:1_75

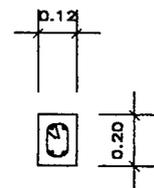


CIMENTACIÓN

ESCALA: 1_75

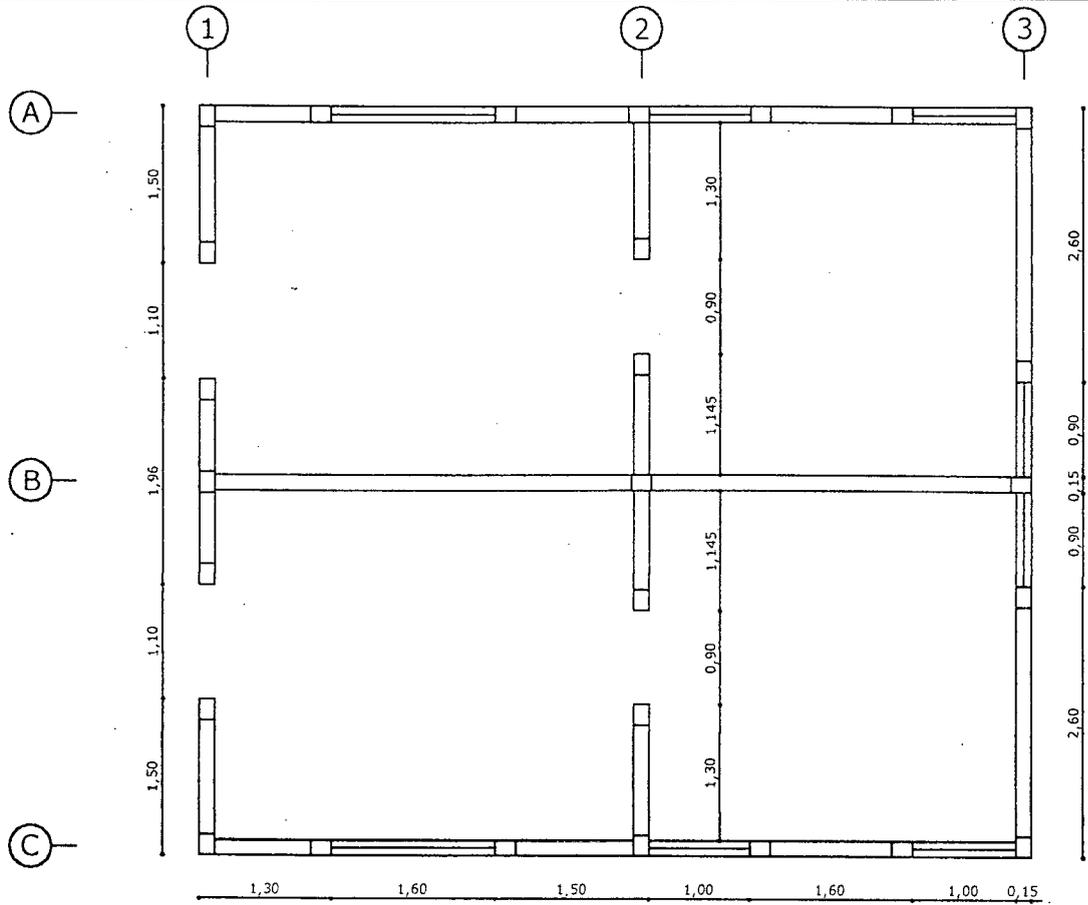


TITULO
ESCALA = ESC_ELEV

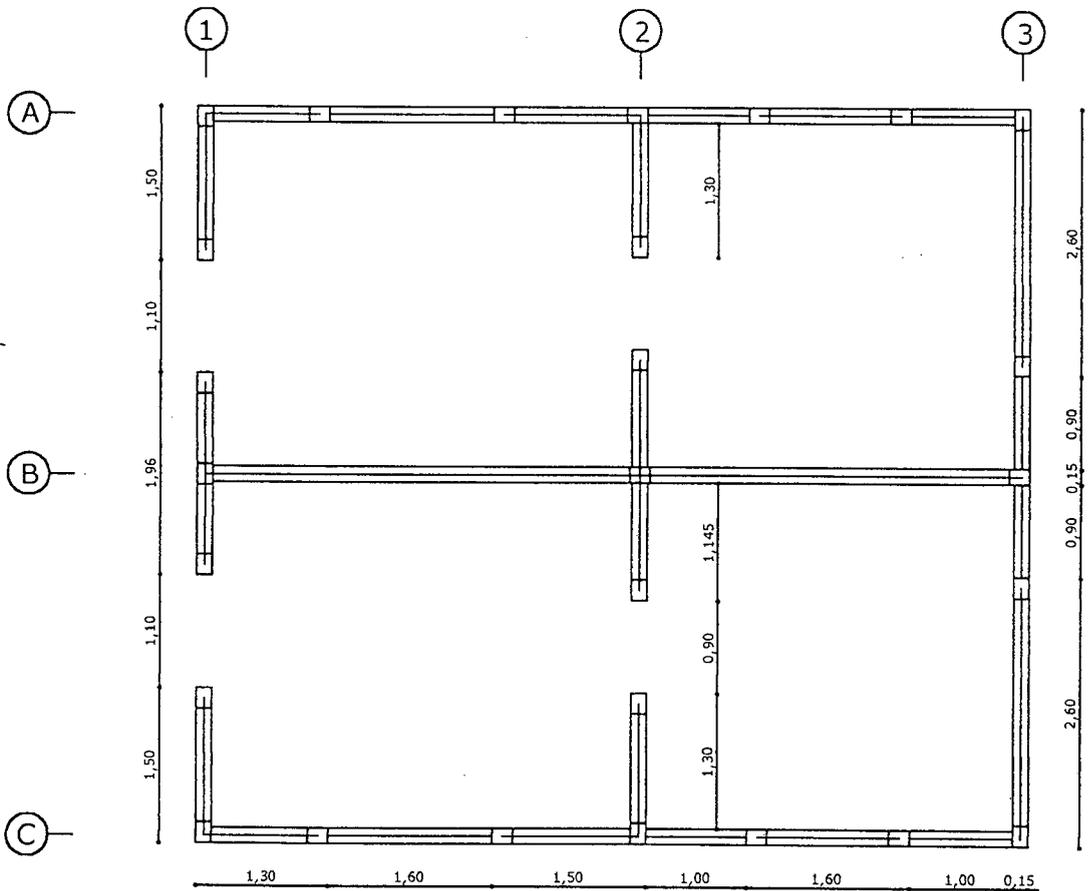


4 #10 mm
#6 mm, 1 #0.05
5 #0.10, RESTO #0.20

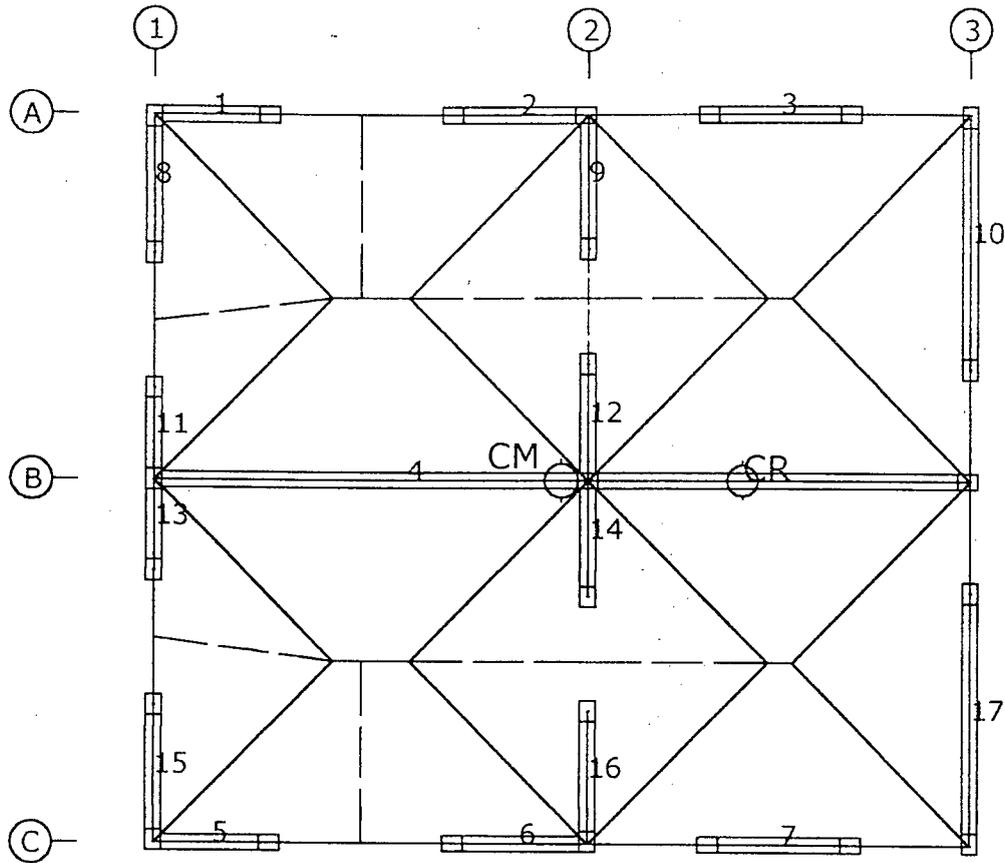
TITULO
ESCALA = ESC_ELEV



PLANTA TIPO
ESCALA :1_75



EJES DE MUROS
ESCALA:1_75



DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS TRIBUTARIAS

ESCALA: 1_75

- VIGAS DE CONFINAMIENTO
- COLUMNAS DE CONFINAMIENTO
- CM ○ CENTRO DE MASAS
- CR ○ CENTRO DE RIGIDEZ



ANÁLISIS Y DISEÑO DE MAMPOSTERÍA CONFINADA

DATOS GENERALES

CARGAS MUERTAS	
Muros	1800 Kg/m ³
Losa+enlucido+piso acabado	440 Kg/m ²
Losa+enlucido (cubierta)	396 Kg/m ²
Concreto	2400 Kg/m ³
Tabiquería	0 Kg/m ²

CARGAS VIVAS	
Sobrecarga típica	200 Kg/m ²
Azotea	100 Kg/m ²

OTROS DATOS	
Número de pisos	2
Altura de entrepiso	2.40 m
Capacidad portante del terreno	1.50 Kg/cm ²
Ancho muro	0.12 m
Peralte losa aligerada	0.15 m
Peralte sobrecimiento	0.30 m

MATERIALES	
Unidad de mampostería	
Tipo	arcilla
f _m	121.10 Kg/cm ²
E _m	56795 Kg/cm ²
f _y acero	4200 Kg/cm ²
Hormigón armado	
f _c	180 Kg/cm ²
E	202587.76 Kg/cm ²

GEOMETRÍA	
PISO 1	
Área	56 m ²
Centro masa	
X	4.07 m
Y	3.58 m
Mayor dimensión en planta en X	8.00 m
Mayor dimensión en planta en Y	7.00 m

FACTORES DE CARGA	
Muerta	1.2
Viva	1.6
Cortante	1.4
Momento	1.4
FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA	
Carga axial de compresión, con o sin flexión	0.70
Carga axial de tracción	0.90
Flexión sin carga axial	0.90
Cortante	0.60
Cortante-RC	0.75

ANÁLISIS POR CARGAS VERTICALES

# MURO	LONGITUD	# PAÑOS	AREA TRIBUTARIA(m²)	PESO PROPIO, D (Kg)	CARGA MUERTA, D (Kg)	CARGA VIVA, L (Kg)	CARGA VIVA CUBIERTA, Lr (Kg)	1.4D	1.2D+1.6L +0.5Lr	1.2D+1.6L r+0.5L	1.2D+0.5L +0.5Lr	1.2D+0.5L	Pu (Kg)
1	1.130	1	2.03	1,171.58	1,693.42	405.12	202.56	4,011.01	4,187.49	3,964.67	3,741.85	3,640.57	4,187.49
2	1.325	1	2.37	1,373.76	1,978.71	473.38	236.69	4,693.45	4,898.70	4,638.35	4,377.99	4,259.65	4,898.70
3	1.390	1	3.48	1,441.15	2,911.37	696.50	348.25	6,093.53	6,511.55	6,128.48	5,745.40	5,571.28	6,511.55
4	8.000	2	15.75	8,294.40	13,167.00	3,150.00	1,575.00	30,045.96	31,581.18	29,848.68	28,116.18	27,328.68	31,581.18
5	1.130	1	2.03	1,171.58	1,693.42	405.13	202.56	4,011.01	4,187.49	3,964.67	3,741.85	3,640.57	4,187.49
6	1.325	1	2.37	1,373.76	1,978.71	473.37	236.69	4,693.45	4,898.70	4,638.35	4,377.99	4,259.65	4,898.70
7	1.390	1	3.48	1,441.15	2,911.37	696.50	348.25	6,093.53	6,511.55	6,128.48	5,745.40	5,571.28	6,511.55
8	1.325	1	1.73	1,373.76	1,442.88	345.19	172.59	3,943.30	4,018.57	3,828.72	3,638.86	3,552.57	4,018.57
9	1.280	1	3.06	1,327.10	2,560.25	612.50	306.25	5,442.30	5,797.95	5,461.07	5,124.20	4,971.07	5,797.95
10	2.425	1	3.06	2,514.24	2,560.25	612.50	306.25	7,104.29	7,222.51	6,885.64	6,548.76	6,395.64	7,222.51
11	0.880	1	1.34	912.38	1,117.37	267.31	133.66	2,841.65	2,930.23	2,783.21	2,636.18	2,569.36	2,930.23
12	1.120	1	3.06	1,161.22	2,560.25	612.50	306.25	5,210.05	5,598.88	5,262.01	4,925.13	4,772.01	5,598.88
13	0.880	1	1.34	912.38	1,117.37	267.31	133.66	2,841.65	2,930.23	2,783.21	2,636.18	2,569.36	2,930.23
14	1.120	1	3.06	1,161.22	2,560.25	612.50	306.25	5,210.05	5,598.88	5,262.01	4,925.13	4,772.01	5,598.88
15	1.325	1	1.73	1,373.76	1,442.88	345.19	172.59	3,943.30	4,018.57	3,828.72	3,638.86	3,552.57	4,018.57
16	1.280	1	3.06	1,327.10	2,560.25	612.50	306.25	5,442.30	5,797.95	5,461.07	5,124.20	4,971.07	5,797.95
17	2.425	1	3.06	2,514.24	2,560.25	612.50	306.25	7,104.29	7,222.51	6,885.64	6,548.76	6,395.64	7,222.51

29.750

P MUROS/PISO
P LOSA/PISO1
P LOSA/PISO2
P TOTAL/PISO (Kg):

15422.4
24640
22176

15422.4
7711.2
46816

69949.60

40062.4 =WP1
29887.2 =WP2





CORTANTE BASAL

W_{TOTAL}: 69949.60 kg

DATOS	
S:	1.5
Cm:	2.8
Z:	0.25
I:	1
R:	5
Coeficientes de configuración en planta	
ΦA:	1
ΦB:	1
Φp:	1
Coeficientes de configuración en elevación	
ΦEA:	1
ΦEB:	1
ΦEC:	1
ΦE:	1

RESULTADOS	
T:	0.19 s
C:	11.80
Cadoptado:	2.8
Cortante Basal:	9792.944 Kg

$$C = \frac{1,125 * S^5}{T}$$

$$T = Ct * (h_n)^{3/4}$$

PISO	Wi	hi	Wi*hi	Fx = Fy	Vpiso
2	29,887.20	4.80	143,458.56	5,863.24	5,863.24
1	40,062.40	2.40	96,149.76	3,929.70	9,792.94
	69,949.60		239,608.32	9,792.94	

Ecuaciones empleadas:

$$V = \frac{Z * I * C}{R * \Phi_p * \Phi_E} W_{TOTAL}$$

$$F_i = \frac{(V - Ft) * W_i * h_i}{\sum_{i=1}^n W_i * h_i}$$

CORTANTE POR TRASLACIÓN

# MURO	LONGITUD	DIRECCIÓN	INERCIA(cm^4)	RIGIDEZ X (K _i X)	RIGIDEZ Y (k _i Y)	CORTE X	CORTE Y
1	1.130	X	1,442,897.00	15,619.96		164.75	
2	1.325	X	2,326,203.13	24,083.34		254.02	
3	1.390	X	2,685,619.00	27,364.26		288.62	
4	8.000	X	512,000,000.00	794,335.66		8,378.17	
5	1.130	X	1,442,897.00	15,619.96		164.75	
6	1.325	X	2,326,203.13	24,083.34		254.02	
7	1.390	X	2,685,619.00	27,364.26		288.62	
8	1.325	Y	2,326,203.12		24,083.34		668.81
9	1.280	Y	2,097,152.00		21,946.45		609.47
10	2.425	Y	14,260,515.62		107,298.95		2,979.75
11	0.880	Y	681,472.00		7,748.28		215.17
12	1.120	Y	1,404,928.00		15,241.61		423.27
13	0.880	Y	681,472.00		7,748.28		215.17
14	1.120	Y	1,404,928.00		15,241.61		423.27
15	1.325	Y	2,326,203.12		24,083.34		668.81
16	1.280	Y	2,097,152.00		21,946.45		609.47
17	2.425	Y	14,260,515.62		107,298.95		2,979.75
			Σ =	928470.78	352637.25	9792.94	9792.94

Ecuaciones:

Rigidez de muro:

$$K = \frac{1}{h \left(\frac{h^2}{3EI} + \frac{1}{AG} \right)}$$

$$G = 0.4 * E$$

Cortante en cada muro:

$$V_i = \frac{K_i}{\sum_{i=1}^n K_i} * V_{nivel}$$



CÁLCULO DEL CENTRO DE RIGIDEZ

# MURO	DIRECCIÓN	RIGIDEZ X (ki X)	RIGIDEZ Y (ki Y)	Xi(m)	Yi(m)	Ki_X*Yi	Ki_Y*Xi
1	X	15,619.96			7.08	11,058,931.14	
2	X	24,083.34			7.08	17,051,007.16	
3	X	27,364.26			7.08	19,373,893.24	
4	X	794,335.66			3.57	283,577,832.17	
5	X	15,619.96			0.08	124,959.67	
6	X	24,083.34			0.08	192,666.75	
7	X	27,364.26			0.08	218,914.05	
8	Y		24,083.34	0.07			168,583.40
9	Y		21,946.45	4.33			9,502,810.81
10	Y		107,298.95	8.07			86,590,250.45
11	Y		7,748.28	0.07			54,237.95
12	Y		15,241.61	4.33			6,599,617.88
13	Y		7,748.28	0.07			54,237.95
14	Y		15,241.61	4.33			6,599,617.88
15	Y		24,083.34	0.07			168,583.40
16	Y		21,946.45	4.33			9,502,810.81
17	Y		107,298.95	8.07			86,590,250.45

$$X_{cr} = \frac{\sum Kiy * Xi}{\sum Kiy} \quad Y_{cr} = \frac{\sum Kix * Yi}{\sum Kix}$$

Σ = 928,470.78 352,637.25 331,598,204.17 205,831,000.98

CENTRO DE RIGIDEZ Xcr: 5.84 m
 Ycr: 3.57 m

Ecuaciones:

Centro de rigidez:

$$X_{cr} = \frac{\sum Kiy * Xi}{\sum Kiy}$$

$$Y_{cr} = \frac{\sum Kix * Yi}{\sum Kix}$$

CENTRO DE MASA (m)

Xcm: 4.07
Ycm: 3.58

Excentricidad:

$$e_x = Xcm - Xcr$$

$$e_{accx} = 0,05 * dx$$

$$e_y = Ycm - Ycr$$

$$e_{accy} = 0,05 * dy$$

EXCENTRICIDAD

ex(m) : -1.767
ey(m) : 0.009

OJO 22.09%
OK 0.12%

Momentos torsores:

eXaccidental: 0.4
eYaccidental: 0.350

$$Mt_{1x} = Vx * (e_y + e_{accy})$$

$$Mt_{2x} = Vx * (e_y - e_{accy})$$

Mt1x(Kg-cm): 351,131.21
Mt2x(Kg-cm): -334,374.87

$$Mt_{1y} = Vy * (e_x + e_{accx})$$

$$Mt_{2y} = Vy * (e_x - e_{accx})$$

Mt1y(Kg-cm): -1,338,602.04
Mt2y(Kg-cm): -2,122,037.56



CORTANTE POR TORSIÓN

# MURO	DIRECCIÓN	RIGIDEZ X (Kl X)	RIGIDEZ Y (Kl Y)	Xi-Xcr	Yi-Ycr	Kl_X*(Yi-Ycr) ²	Kl_Y*(Xi-Xcr) ²	TORSIÓN				Traslación X (Kg)	Traslación Y (Kg)	Cortante Total(Kg)	Cortante Diseño(Kg)	Momento
								Cort 1X	Cort 2X	Cort 1Y	Cort 2Y					
1	X	15,619.96			350.86	1,922,810,791.79		38.49	-36.65			164.75		203.24	284.54	109,174.72
2	X	24,083.34			350.86	2,964,650,033.95		59.35	-56.51			254.02		313.36	438.71	168,329.01
3	X	27,364.26			350.86	3,368,529,068.82		67.43	-64.21			288.62		356.05	498.47	191,260.74
4	X	794,335.66			-0.14	16,578.78		-0.81	0.77			8,378.17		8,378.94	11,730.51	4,500,915.54
5	X	15,619.96			-349.14	1,904,102,085.70		-38.30	36.48			164.75		201.22	281.71	108,092.02
6	X	24,083.34			-349.14	2,935,804,363.64		-59.06	56.24			254.02		310.25	434.36	166,659.67
7	X	27,364.26			-349.14	3,335,753,706.53		-67.10	63.90			288.62		352.52	493.53	189,363.98
8	Y		24,083.34	-576.69			8,009,443,007.19			371.87	589.51		668.81	1,258.32	1,761.64	675,930.41
9	Y		21,946.45	-150.69			498,351,434.39			88.55	140.37		609.47	749.84	1,049.77	402,790.50
10	Y		107,298.95	223.31			5,350,692,695.49			-641.55	-1,017.03		2,979.75	2,979.75	4,171.66	1,600,635.81
11	Y		7,748.28	-576.69			2,576,859,711.05			119.64	189.66		215.17	404.84	566.77	217,465.54
12	Y		15,241.61	-150.69			346,100,654.26			61.50	97.49		423.27	520.76	729.06	279,734.43
13	Y		7,748.28	-576.69			2,576,859,711.05			119.64	189.66		215.17	404.84	566.77	217,465.54
14	Y		15,241.61	-150.69			346,100,654.26			61.50	97.49		423.27	520.76	729.06	279,734.43
15	Y		24,083.34	-576.69			8,009,443,007.19			371.87	589.51		668.81	1,258.32	1,761.64	675,930.41
16	Y		21,946.45	-150.69			498,351,434.39			88.55	140.37		609.47	749.84	1,049.77	402,790.50
17	Y		107,298.95	223.31			5,350,692,695.49			-641.55	-1,017.03		2,979.75	2,979.75	4,171.66	1,600,635.81

Cortante por torsión:

$$\Delta V_{Xy} = \frac{M_{1x} * K_{xi} * (Yi - Ycr)}{\sum K_{xi} * (Yi - Ycr)^2 + \sum K_{yi} * (Xi - Xcr)^2}$$

$$\Delta V_{Yx} = \frac{M_{1y} * K_{yi} * (Xi - Xcr)}{\sum K_{xi} * (Yi - Ycr)^2 + \sum K_{yi} * (Xi - Xcr)^2}$$

Momento:

$$M_i = \frac{F_2 * h_2 + F_1 * h_1}{F_2 + F_1} * I$$



Σ = 928,470.78 352,637.25 16,431,666,629.21 33,562,895,004.75

DISEÑO COMPRESIÓN AXIAL Y CORTE

# MURO	DIRECCIÓN	LONGITUD	Pu (Kg)	Pn (Kg)	ΦPn≥Pu	CORTANTE ULTIMO Vu (Kg)	Vn min (Kg)	Vn max (kg)	Vn (kg)	ΦVn≥Vu
1	X	1.130	4,187.49	97,705.90	OK	284.54	5,350.20	7,908.75	5,350.20	OK
2	X	1.325	4,898.70	114,566.66	OK	438.71	6,269.67	9,273.53	6,269.67	OK
3	X	1.390	6,511.55	120,186.91	OK	498.47	7,034.75	9,728.46	7,034.75	OK
4	X	8.000	31,581.18	691,723.20	OK	11,730.51	38,522.62	55,991.12	38,522.62	OK
5	X	1.130	4,187.49	97,705.90	OK	281.71	5,350.20	7,908.75	5,350.20	OK
6	X	1.325	4,898.70	114,566.66	OK	434.36	6,269.67	9,273.53	6,269.67	OK
7	X	1.390	6,511.55	120,186.91	OK	493.53	7,034.75	9,728.46	7,034.75	OK
8	Y	1.325	4,018.57	114,566.65	OK	1,761.64	5,976.29	9,273.53	5,976.29	OK
9	Y	1.280	5,797.95	110,675.71	OK	1,049.77	6,411.94	8,958.58	6,411.94	OK
10	Y	2.425	7,222.51	209,678.59	OK	4,171.66	10,893.66	16,972.31	10,893.66	OK
11	Y	0.880	2,930.23	76,089.55	OK	566.77	4,056.25	6,159.02	4,056.25	OK
12	Y	1.120	5,598.88	96,841.25	OK	729.06	5,785.67	7,838.76	5,785.67	OK
13	Y	0.880	2,930.23	76,089.55	OK	566.77	4,056.25	6,159.02	4,056.25	OK
14	Y	1.120	5,598.88	96,841.25	OK	729.06	5,785.67	7,838.76	5,785.67	OK
15	Y	1.325	4,018.57	114,566.65	OK	1,761.64	5,976.29	9,273.53	5,976.29	OK
16	Y	1.280	5,797.95	110,675.71	OK	1,049.77	6,411.94	8,958.58	6,411.94	OK
17	Y	2.425	7,222.51	209,678.59	OK	4,171.66	10,893.66	16,972.31	10,893.66	OK

Carga de compresión axial nominal:

$$P_{nd} = 0.80(0.85 f'_m A_{md}) \left[1 - \left(\frac{h}{40 * t} \right)^3 \right]$$

Cortante nominal:

$$V_{n\max} = 0.53 \sqrt{f'_m} * t * l_w$$

$$V_{n\min} = \left(0.265 \sqrt{f'_m} + \frac{P_u}{3 * t * l_w} \right) * (t * l_w)$$

DISEÑO FLEXOCOMPRESIÓN

# MURO	DIRECCIÓN	LONGITUD	# PAÑOS	Pu (Kg)	Mu (kg)	Puc1	Puc2	Puc3	Put1≤0	Put2≤0	Put3≤0	Pnc1	Pnc2	Pnc3	Pnt1	Pnt2	Pnt3	ΦPnc≥Puc
1	X	1.130	1	4,187.49	109,174.72	3,059.89			0.00			54,236.54			-13,196.40			OK
2	X	1.325	1	4,898.70	168,329.01	3,719.76			0.00			54,236.54			-13,196.40			OK
3	X	1.390	1	6,511.55	191,260.74	4,631.75			0.00			54,236.54			-13,196.40			OK
4	X	8.000	2	31,581.18	4,500,915.54	14,272.58	10,685.92	14,113.71	0.00	0.00	0.00	54,236.54			-13,196.40			OK
5	X	1.130	1	4,187.49	108,092.02	3,050.31			0.00			54,236.54			-13,196.40			OK
6	X	1.325	1	4,898.70	166,659.67	3,707.16			0.00			54,236.54			-13,196.40			OK
7	X	1.390	1	6,511.55	189,363.98	4,618.11			0.00			54,236.54			-13,196.40			OK
8	Y	1.325	1	4,018.57	675,930.41	7,110.65			-3,092.08			54,236.54			-13,196.40			OK
9	Y	1.280	1	5,797.95	402,790.50	6,045.78			-247.83			54,236.54			-13,196.40			OK
10	Y	2.425	1	7,222.51	1,600,635.81	10,211.82			-2,989.30			54,236.54			-13,196.40			OK
11	Y	0.880	1	2,930.23	217,465.54	3,936.31			-1,006.09			54,236.54			-13,196.40			OK
12	Y	1.120	1	5,598.88	279,734.43	5,297.07			0.00			54,236.54			-13,196.40			OK
13	Y	0.880	1	2,930.23	217,465.54	3,936.31			-1,006.09			54,236.54			-13,196.40			OK
14	Y	1.120	1	5,598.88	279,734.43	5,297.07			0.00			54,236.54			-13,196.40			OK
15	Y	1.325	1	4,018.57	675,930.41	7,110.65			-3,092.08			54,236.54			-13,196.40			OK
16	Y	1.280	1	5,797.95	402,790.50	6,045.78			-247.83			54,236.54			-13,196.40			OK
17	Y	2.425	1	7,222.51	1,600,635.81	10,211.82			-2,989.30			54,236.54			-13,196.40			OK

Ecuaciones:

$$P_{uc} = \frac{P_u}{2} + \Delta P_u \quad P_{ut} = \frac{P_u}{2} - \Delta P_u \leq 0 \quad P_{nc} = 0.80 [0.85 f'_c (A_{ci} - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad P_{nt} = -f_y A_{st}$$

DISEÑO FLEXOCOMPRESIÓN - INFORMACIÓN SOBRE CONFINAMIENTOS

DISTANCIA DE LAS
COLUMNAS AL BORDE
DEL MURO

# MURO	DIRECCIÓN	LONGITUD	# PAÑOS	1	2	3	ANCHO COL b (cm)	AREA CONCRETO COL Aci	Ast col (cm ²)	Act (cm ²)	xm (cm)	lct	DELTA Pu1	DELTA Pu2	DELTA Pu3
1	X	1.130	1	0.000	1.130		30.00	360.00	3.142	720.00	56.500		966.15		
2	X	1.325	1	0.000	1.325		30.00	360.00	3.142	720.00	66.250		1270.41		
3	X	1.390	1	0.000	1.390		30.00	360.00	3.142	720.00	69.500		1375.98		
4	X	8.000	2	0.000	4.260	8.000	30.00	360.00	3.142	1,080.00	408.667	176,791,310.74	3745.52	158.86	3586.65
5	X	1.130	1	0.000	1.130		30.00	360.00	3.142	720.00	56.500		956.57		
6	X	1.325	1	0.000	1.325		30.00	360.00	3.142	720.00	66.250		1257.81		
7	X	1.390	1	0.000	1.390		30.00	360.00	3.142	720.00	69.500		1362.33		
8	Y	1.325	1	0.000	1.325		30.00	360.00	3.142	720.00	66.250		5101.36		
9	Y	1.280	1	0.000	1.280		30.00	360.00	3.142	720.00	64.000		3146.80		
10	Y	2.425	1	0.000	2.425		30.00	360.00	3.142	720.00	121.250		6600.56		
11	Y	0.880	1	0.000	0.880		30.00	360.00	3.142	720.00	44.000		2471.20		
12	Y	1.120	1	0.000	1.120		30.00	360.00	3.142	720.00	56.000		2497.63		
13	Y	0.880	1	0.000	0.880		30.00	360.00	3.142	720.00	44.000		2471.20		
14	Y	1.120	1	0.000	1.120		30.00	360.00	3.142	720.00	56.000		2497.63		
15	Y	1.325	1	0.000	1.325		30.00	360.00	3.142	720.00	66.250		5101.36		
16	Y	1.280	1	0.000	1.280		30.00	360.00	3.142	720.00	64.000		3146.80		
17	Y	2.425	1	0.000	2.425		30.00	360.00	3.142	720.00	121.250		6600.56		

Ecuaciones:

$$A_{ct} = \sum_i A_{ci} \quad \bar{x} = \frac{\sum_i A_{ci} x_i}{A_{ct}} \quad \Delta P_{ui} = \left| \frac{M_u A_{ci} (x_i - \bar{x})}{I_{ct}} \right|$$



DISEÑO POR APLASTAMIENTO

DISTANCIA DE LAS
COLUMNAS AL BORDE DEL
MURO

# MURO	DIRECCIÓN	LONGITUD	# PAÑOS	1	2	3	h'	h'	Amd1	Amd2	Pnd1	Pnd2	Pud1	Pud2	ΦPnd1 ≥ Pud1	ΦPnd2 ≥ Pud2
1	X	1.130	1	0.000	1.130		265.27		636.652		43,577.811		667.96		OK	OK
2	X	1.325	1	0.000	1.325		274.15		657.951		44,086.805		907.70		OK	OK
3	X	1.390	1	0.000	1.390		277.35		665.631		44,239.618		994.60		OK	OK
4	X	8.000	2	0.000	4.260	8.000	488.95	444.38	1,173.490	1,066.519	-5,509.408	18,135.866	7169.60	6516.05	OJO	OK
5	X	1.130	1	0.000	1.130		265.27		636.652		43,577.811		661.34		OK	OK
6	X	1.325	1	0.000	1.325		274.15		657.951		44,086.805		898.70		OK	OK
7	X	1.390	1	0.000	1.390		277.35		665.631		44,239.618		984.74		OK	OK
8	Y	1.325	1	0.000	1.325		274.15		657.951		44,086.805		3644.89		OK	OK
9	Y	1.280	1	0.000	1.280		272.00		652.800		43,975.032		2230.77		OK	OK
10	Y	2.425	1	0.000	2.425		341.18		818.841		43,214.404		5869.28		OK	OK
11	Y	0.880	1	0.000	0.880		255.62		613.499		42,889.961		1646.37		OK	OK
12	Y	1.120	1	0.000	1.120		264.85		635.633		43,550.427		1724.01		OK	OK
13	Y	0.880	1	0.000	0.880		255.62		613.499		42,889.961		1646.37		OK	OK
14	Y	1.120	1	0.000	1.120		264.85		635.633		43,550.427		1724.01		OK	OK
15	Y	1.325	1	0.000	1.325		274.15		657.951		44,086.805		3644.89		OK	OK
16	Y	1.280	1	0.000	1.280		272.00		652.800		43,975.032		2230.77		OK	OK
17	Y	2.425	1	0.000	2.425		341.18		818.841		43,214.404		5869.28		OK	OK

Ecuaciones:

$$h' = \sqrt{lc^2 + h^2}$$

$$Amd = \frac{h'}{5} * l$$

$$Pnd = 0,80 (0,85 * f' m * Amd) \left[1 - \left(\frac{h'}{40 * l} \right)^3 \right]$$

$$Pnd = \frac{h'}{lw} V_u$$

DISEÑO CONFINAMIENTOS

# MURO	DIRECCIÓN	LONGITUD	# PAÑOS	DISTANCIA DE LAS COLUMNAS AL BORDE DEL MURO			Vu _{col1}	Vu _{col2}	Vn _{col1}	Vn _{col2}	Vu _{beam}	Vn _{beam}	ΦVn _{col1} ≥ Vu _{col1}	ΦVn _{col2} ≥ Vu _{col2}	ΦVn _{beam} ≥ Vu _{beam}	Estribos 6mm@	Estribos 6mm@	Estribos 6mm@	VIGA			
				1	2	3													Put1	Put2	Pnt	-ΦPnt ≥ -Put
1	X	1.130	1	0.000	1.130		142.27		2,595.17		302.16	2,346.530	OK	OK	OK	22.60		22.60	-284.54		-13196.40	OK
2	X	1.325	1	0.000	1.325		219.35		2,639.59		397.32	2,346.530	OK	OK	OK	22.60		22.60	-438.71		-13196.40	OK
3	X	1.390	1	0.000	1.390		249.24		2,652.75		430.34	2,346.530	OK	OK	OK	22.60		22.60	-498.47		-13196.40	OK
4	X	8.000	2	0.000	4.260	8.000	3,123.25	2,742.01	3,290.13	2,504.17	1,759.58	2,346.530	OJO	OJO	OK	13.75	13.75	22.60	-6246.50	-5484.01	-13196.40	OK
5	X	1.130	1	0.000	1.130		140.86		2,548.19		299.17	2,346.530	OK	OK	OK	22.60		22.60	-281.71		-13196.40	OK
6	X	1.325	1	0.000	1.325		217.18		2,591.62		393.38	2,346.530	OK	OK	OK	22.60		22.60	-434.36		-13196.40	OK
7	X	1.390	1	0.000	1.390		246.76		2,651.84		426.07	2,346.530	OK	OK	OK	22.60		22.60	-493.53		-13196.40	OK
8	Y	1.325	1	0.000	1.325		880.82		2,816.63		1,595.45	2,346.530	OK	OK	OK	22.60		22.60	-1761.64		-13196.40	OK
9	Y	1.280	1	0.000	1.280		524.89		2,746.23		984.16	2,346.530	OK	OK	OK	22.60		22.60	-1049.77		-13196.40	OK
10	Y	2.425	1	0.000	2.425		2,085.83		3,021.66		2,064.33	2,346.530	OK	OK	OJO	22.60		13.75	-4171.66		-13196.40	OK
11	Y	0.880	1	0.000	0.880		283.38		2,606.77		772.87	2,346.530	OK	OK	OK	22.60		22.60	-566.77		-13196.40	OK
12	Y	1.120	1	0.000	1.120		364.53		2,696.73		781.13	2,346.530	OK	OK	OK	22.60		22.60	-729.06		-13196.40	OK
13	Y	0.880	1	0.000	0.880		283.38		2,606.77		772.87	2,346.530	OK	OK	OK	22.60		22.60	-566.77		-13196.40	OK
14	Y	1.120	1	0.000	1.120		364.53		2,696.73		781.13	2,346.530	OK	OK	OK	22.60		22.60	-729.06		-13196.40	OK
15	Y	1.325	1	0.000	1.325		880.82		2,816.63		1,595.45	2,346.530	OK	OK	OK	22.60		22.60	-1761.64		-13196.40	OK
16	Y	1.280	1	0.000	1.280		524.89		2,746.23		984.16	2,346.530	OK	OK	OK	22.60		22.60	-1049.77		-13196.40	OK
17	Y	2.425	1	0.000	2.425		2,085.83		3,021.66		2,064.33	2,346.530	OK	OK	OJO	22.60		13.75	-4171.66		-13196.40	OK

Ecuaciones:

Columna: $V_{u,col} = \frac{l_c}{2h_v} V_u$

$$V_{n,col} = 0,53 \left(1 + 0,0071 \frac{P_{u,c}}{A_c} \right) \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

Viga: $V_{u,viga} = \frac{h_p}{2h_v} V_u$

$$V_{n,viga} = 0,53 \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

$$P_{u,viga} = - \frac{l_c}{l_w} V_u$$

$$P_{n,viga} = - f_y * A_{st}$$



DISEÑO CIMENTOS

ALTURA SOBRECIMIENTO: 0.3 m
 PESO SOBRECIMIENTO / m: 86.4 kg/m

# MURO	DIRECCIÓN	LONGITUD	PESO PROPIO, D (Kg/m)	CARGA MUERTA, D (Kg/m)	CARGA VIVA, L (Kg/m)	CARGA VIVA CUBIERTA, Lr (Kg/m)	1.4D	1.2D+1.6L+0.5Lr	1.2D+1.6Lr+0.5L	1.2D+0.5L+0.5Lr	1.2D+0.5L	Pu (Kg/m)	ANCHO CIMENTO (m)	ANCHO ADOPTADO (m)	PERALTE ADOPTADO (m)
1	X	1.130	1,036.80	1,498.60	358.52	179.26	3,670.53	3,809.42	3,612.24	3,415.05	3,325.42	3,809.42	0.25	0.40	0.40
2	X	1.325	1,036.80	1,493.36	357.25	178.63	3,663.19	3,800.82	3,604.32	3,407.83	3,318.51	3,800.82	0.25	0.40	0.40
3	X	1.390	1,036.80	2,094.51	501.08	250.54	4,504.80	4,788.25	4,512.66	4,237.06	4,111.79	4,788.25	0.32	0.40	0.40
4	X	8.000	1,036.80	1,645.87	393.75	196.87	3,876.70	4,051.33	3,834.76	3,618.20	3,519.76	4,051.33	0.27	0.40	0.40
5	X	1.130	1,036.80	1,498.60	358.52	179.26	3,670.53	3,809.42	3,612.24	3,415.05	3,325.42	3,809.42	0.25	0.40	0.40
6	X	1.325	1,036.80	1,493.36	357.25	178.63	3,663.19	3,800.82	3,604.32	3,407.83	3,318.51	3,800.82	0.25	0.40	0.40
7	X	1.390	1,036.80	2,094.51	501.08	250.54	4,504.80	4,788.25	4,512.66	4,237.06	4,111.79	4,788.25	0.32	0.40	0.40
8	Y	1.325	1,036.80	1,088.97	260.52	130.26	3,097.04	3,136.56	2,993.28	2,849.99	2,784.86	3,136.56	0.21	0.40	0.40
9	Y	1.280	1,036.80	2,000.20	478.52	239.26	4,372.75	4,633.33	4,370.14	4,106.96	3,987.33	4,633.33	0.31	0.40	0.40
10	Y	2.425	1,036.80	1,055.77	252.58	126.29	3,050.56	3,082.04	2,943.12	2,804.20	2,741.06	3,082.04	0.21	0.40	0.40
11	Y	0.880	1,036.80	1,269.73	303.76	151.88	3,350.11	3,433.49	3,266.41	3,099.34	3,023.40	3,433.49	0.23	0.40	0.40
12	Y	1.120	1,036.80	2,285.94	546.87	273.44	4,772.79	5,102.68	4,801.90	4,501.12	4,364.40	5,102.68	0.34	0.40	0.40
13	Y	0.880	1,036.80	1,269.73	303.76	151.88	3,350.11	3,433.49	3,266.41	3,099.34	3,023.40	3,433.49	0.23	0.40	0.40
14	Y	1.120	1,036.80	2,285.94	546.87	273.44	4,772.79	5,102.68	4,801.90	4,501.12	4,364.40	5,102.68	0.34	0.40	0.40
15	Y	1.325	1,036.80	1,088.97	260.52	130.26	3,097.04	3,136.56	2,993.28	2,849.99	2,784.86	3,136.56	0.21	0.40	0.40
16	Y	1.280	1,036.80	2,000.20	478.52	239.26	4,372.75	4,633.33	4,370.14	4,106.96	3,987.33	4,633.33	0.31	0.40	0.40
17	Y	2.425	1,036.80	1,055.77	252.58	126.29	3,050.56	3,082.04	2,943.12	2,804.20	2,741.06	3,082.04	0.21	0.40	0.40





7.3.1 Conclusiones

Del ejemplo tomado del Software DIMCAD podemos concluir lo siguiente:

La excentricidad calculada (22.09%) excede a lo prescrito en la mayoría de códigos de construcción, es decir es mayor al 20% de la máxima dimensión en planta, en este caso, en la dirección X; una solución sería aumentar el espesor de los muros 11 y 13, para mover el centro de rigidez más a la izquierda.

En cuanto a diseño, los muros 10 y 17 fallan por corte, la solución, aumentar el espesor de los muros o utilizar un ladrillo prensado tipo A ($f'_{cb} > 200 \text{ kg/cm}^2$).

El muro 4 falla por aplastamiento de las unidades de mampostería, para solucionar el problema se debe colocar dos columnas de confinamiento, una a cada lado del eje 2.

De estos resultados observamos que las limitaciones en la resistencia de los muros están determinadas por la inadecuada distribución de espacios en la vivienda y no por la calidad de los materiales empleados.

7.4 Anomalías en la mampostería

Al observar un pared defectuosa no solo debemos concentrarnos en el efecto en si mismo sino que además debemos iniciar una pesquisa tratando de lograr la mayor cantidad de datos que nos den una pista sobre la verdadera causa del defecto. Una fisura puede tener múltiples orígenes, en algunos casos una rápida mirada será suficiente para determinar el origen de la misma, pero en la mayoría de los casos no es así.

7.4.1 Fisuras y grietas

Previamente es conveniente definir lo que es una "fisura" y lo que es una "grieta"

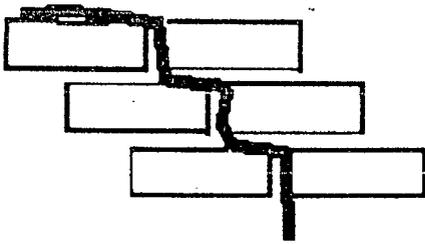
Grieta: Abertura incontrolada que afecta a todo el espesor de la pared.

Fisura: Abertura que afecta a la superficie del elemento o su acabado superficial (revoque).

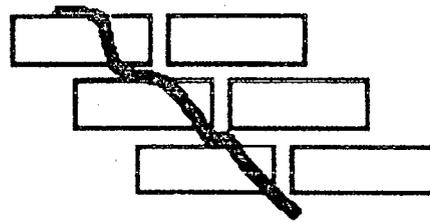
También conviene clasificar a las grietas en dos tipos:



- Grieta que rompe sólo al mortero de asiento.
- Grieta que rompe al mortero de asiento y al ladrillo.



Grieta que rompe al mortero



Grieta que rompe al mortero y al ladrillo

Figura 7.10 Tipos de grietas

7.4.2 Origen de las fisuras y grietas

- Deficiencia de ejecución y/o materiales
- Acciones mecánicas externas (cargas y asentamientos diferenciales del terreno)
- Acciones higrotérmicas
- Deficiencias del proyecto.

7.4.3 Deficiencias de ejecución y/o materiales

7.4.3.1 Falta de adherencia entre el mortero y el ladrillo

Las paredes no tienen problemas para resistir esfuerzos de compresión, no ocurre lo mismo cuando tienen que soportar tracciones, siendo este el principal origen de la aparición de grietas y fisuras. Un trabajo mal ejecutado o construido con materiales de deficiente calidad, dará por resultado una pared de poca resistencia a la tracción y se fisurará ante el menor esfuerzo.

A veces puede resultar difícil determinar si la rajadura se produjo por un movimiento excesivo de la estructura o por falta de resistencia de la mampostería. La observación de las rajaduras nos puede dar algún indicio.



Si la grieta produjo una separación limpia entre el mortero y el ladrillo ello es debido a una baja adherencia entre el mampuesto y el mortero posiblemente por falta de humectación del ladrillo o por problemas en la elaboración del mortero. Si el mortero está bien adherido al ladrillo el problema estará originado en movimientos que superan a la resistencia de la mampostería.

El criterio es el siguiente:

- Si hay falta de adherencia fácilmente aparece la grieta
- Si la adherencia es correcta se puede controlar el esfuerzo
- Si el esfuerzo es demasiado grande y la adherencia es buena se rompe el mortero y/o el ladrillo

7.4.3.2 Morteros mal elaborados

Es común utilizar un mortero excesivamente fluido para compensar la pérdida de agua producida por succión del ladrillo se corre el riesgo de que escurra por las juntas y que además se produzcan contracciones de fragüe que provoquen fisuras.

7.4.3.3 Retracción

Si los morteros de asientos son muy gruesos y muy ricos en cemento se producen fuertes retracciones de fragüe, que en algunos casos puedan llegar a romper al ladrillo, o producir fisuras.

7.4.4 Acciones mecánicas exteriores

Es la causa más común y la que produce grietas más claras y abundantes. Estas acciones se transforman en esfuerzos que pueden ser de tracción, corte o rasantes. Las posibles acciones mecánicas pueden ser muy variadas, por lo que conviene agruparlas en una serie de tipos, de acuerdo a si el movimiento es de la estructura soporte o movimiento propio del elemento.

7.4.4.1 Asentamientos diferenciales de los cimientos

Los suelos arcillosos varían su resistencia a la compresión según su contenido de agua. Con la humedad natural (aprox. 18%) tienen muy buena resistencia pero a



medida que aumenta el contenido de humedad también aumenta su volumen al tiempo que disminuye la resistencia llegando al valor límite del 26% (límite plástico).

Luego va disminuyendo su volumen y se licua a partir de 35%. Al aumentar su volumen, el suelo ejerce una presión que ronda en los 4 kg/cm^2 . Como las cargas que los muros portantes transmiten al suelo están en el orden de los 2 kg/cm^2 puede ocurrir que la acción del suelo supere a las cargas empujando la estructura hacia arriba.

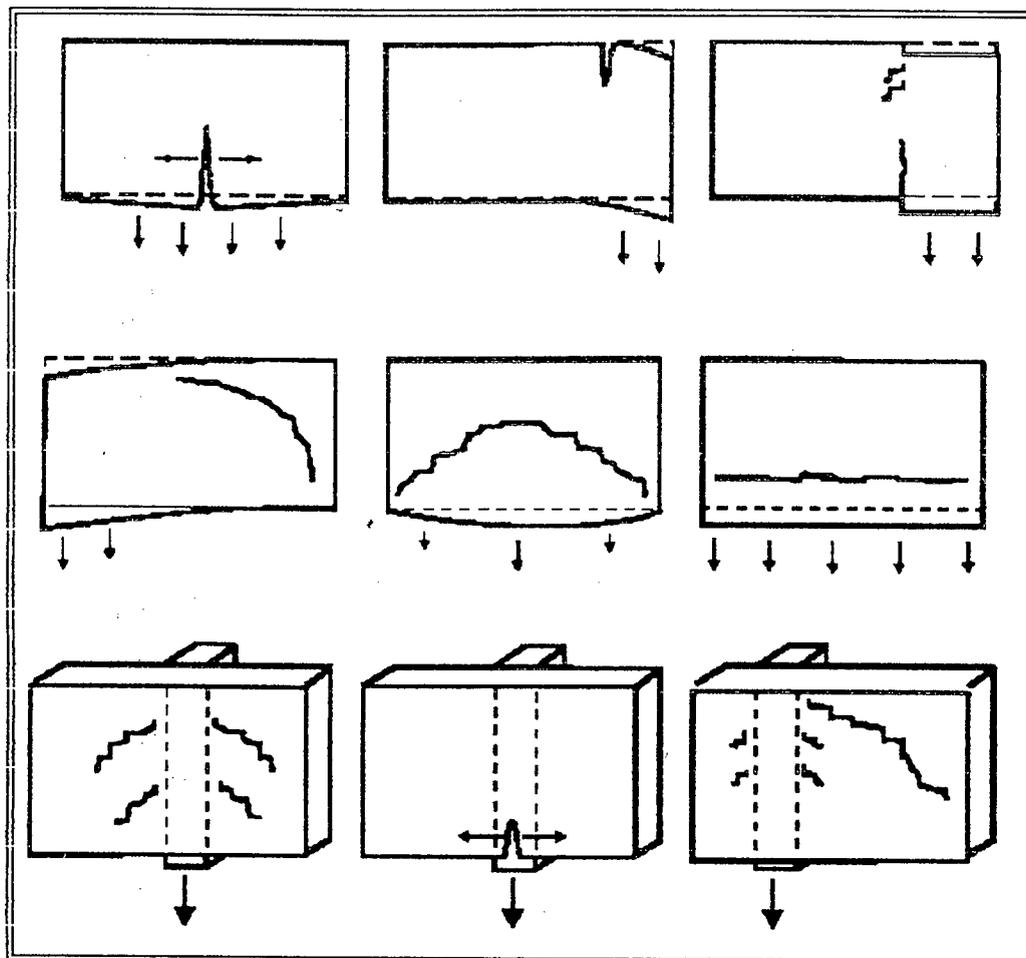
Si la humedad continúa aumentando el suelo pierde volumen y resistencia produciéndose el fenómeno contrario. En la medida que los asentamientos sean parejos el problema no es demasiado grande, el problema se magnifica cuando existen asentamientos "diferenciales" o humedad del suelo no pareja.

El exceso de humedad puede provenir de: agua de lluvia que cae por los desagües del techo, falta de vereda perimetral, cañerías rotas, etc. También se producen rajaduras en donde existen elementos constructivos de distinto peso (Ej. chimeneas).

En los cimientos que ceden en forma puntual, como ocurre al romperse un caño, o desagües que aflojan el terreno, las grietas pueden ser verticales o en forma de "V" invertida sobre el eje del asiento, o ligeramente inclinados en algunos tramos por los esfuerzos del corte. En otros, la base de apoyo se deforma aumentando su longitud. Según como y donde sea ese aumento aparece la grieta.

Si la pared es muy larga y apoya sobre un terreno débil puede resultar que no se llega a formar un arco de descarga por estar muy alejados los puntos de arranque. En consecuencia la grieta que se produce es horizontal, coincidente con una hilada en la parte inferior.

En la figura 7.11 se detallan algunos casos típicos

Figura 7.11 Asentamientos diferenciales en muros¹¹

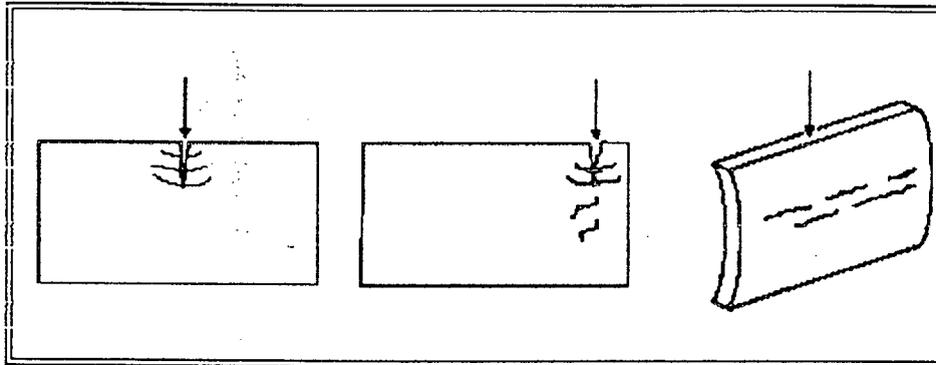
7.4.4.2 Cargas puntuales

Las cargas concentradas pueden provocar aplastamiento o pandeo. Los aplastamientos se manifiestan con una grieta vertical acompañada de ramificaciones laterales como las indicadas en la figura. 7.7. Si la carga está aplicada en un extremo pueden aparecer fisuras a 45° grados. Las cargas verticales estén distribuidas o concentradas pueden ocasionar el pandeo de la pared.

El pandeo es un fenómeno complejo que depende de la esbeltez de la pared (cuanto más alto y delgado se dice que es más esbelto y mayor es la posibilidad de pandeo). También depende de su vinculación a columnas y losas en su perímetro y de la excentricidad de las cargas.

Al deformarse un muro por pandeo aparecen grietas y fisuras horizontales, abiertas en una de las caras y cerradas en la otra.

¹¹ Norma Básica de la Edificación. NBE FL-90. Muros resistentes de fábricas de ladrillo.

Figura 7.12 Efectos por aplastamiento o pandeo¹²

7.4.4.3 Cargas uniformes sobre muros de sección variable

Una carga uniforme aplicada sobre un muro cuya sección presenta una variación puede ocasionar que la pared de menor espesor sufra mayores deformaciones con la consiguiente aparición de una rajadura vertical entre ambas. Se recomienda en esta zona colocar una junta. (Ver figura 7.13)

7.4.4.4 Muros sometidos a estados de carga muy diferentes

En la figura 7.13 se describe un caso muy habitual en donde el muro de la casa está sometido a un estado de carga muy distinto del cerco contiguo que no recibe carga alguna. Ambos muros se deformarán en forma distinta produciéndose rajaduras.

En este caso también se recomienda independizar los muros mediante una junta vertical.

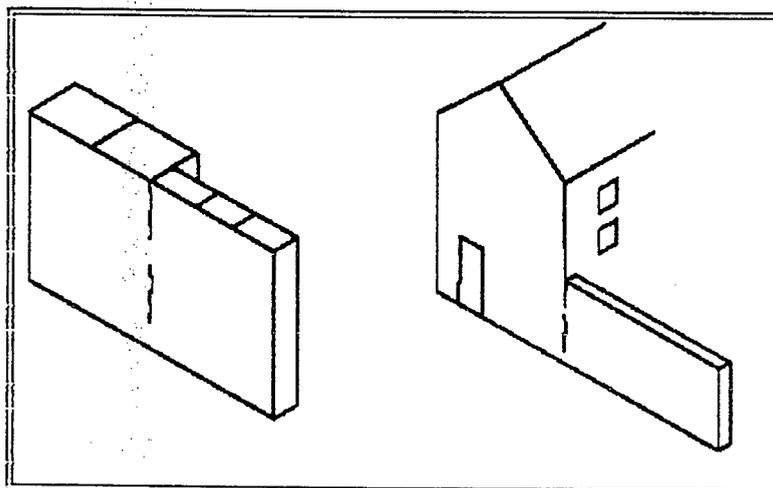


Figura 7.13 Muros cargados con secciones diferentes

¹² Norma Básica de la Edificación. NBE FL-90. Muros resistentes de fábricas de ladrillo.



Capítulo 8

Conclusiones y recomendaciones

8.1 Conclusiones

Luego de haber desarrollado la presente tesis se ha llegado a las siguientes conclusiones:

La resistencia a la compresión del ladrillo artesanal elaborado en Catamayo se encuentra entre 17.20 y 39.68 kg/cm², para un porcentaje de confiabilidad del 95%, es decir se encuentra por debajo del requisito mínimo de 60 kg/cm² establecido por la norma INEN 294. Ladrillos cerámicos. Requisitos, para ser considerado como ladrillo macizo tipo C.

El material arcilloso que se extrae de la mina en el sector “Los Tejares” posee una elevada plasticidad y su consistencia es muy grasa, lo cual obliga a agregar un desengrasante para facilitar la trabajabilidad en el amasado.

La dosificación en peso de la materia prima escogida para elaboración de ladrillos fue: arcilla = 40% - arena = 60%.

Luego de una serie de tanteos con diferentes fundentes se escogió al aserrín como el de mejores resultados, con una proporción de 2% en peso del total de materia prima.

Se llegó a determinar que debido al proceso artesanal de cocción, el ladrillo más denso no siempre será el más resistente a la compresión, ya que la temperatura al interior del horno puede no distribuirse uniformemente en toda su área y sobre todas las piezas crudas, quedando algunas por cocerse y otras quemadas, lo cual afectará su resistencia.

El ladrillo elaborado que presentó la mayor resistencia a la compresión ($f'_{cb} = 160.26 \text{ kg/cm}^2$) fue aquel de dosificación en peso arcilla 40% – arena 60 % – aserrín 2% con cuatro perforaciones de diámetro 15 mm, dispuestas simétricamente a lo largo de la soga. Este ladrillo si cumple con los mínimos de resistencia a la



compresión especificados por el CEC-2000 de $f'_{cb} = 150 \text{ kg/cm}^2$ y puede ser empleado en la construcción con mampostería confinada.

El porcentaje de absorción de humedad para el ladrillo antes mencionado fue de 15.68 %, quedando éste dentro de los valores permitidos para un ladrillo tipo A según la norma INEN 297.

El esfuerzo a la compresión de la mampostería f'_m realizada en muretes de ladrillo escogido fue 121.10 kg/cm^2 .

El módulo de elasticidad de la mampostería E_m determinado en muretes de ladrillo escogido fue 56795 kg/cm^2 .

Observando el modo de fallo en los muretes de mampostería, la dosificación cemento – arena (1:2.5) adoptada para el mortero de pega fue adecuada ya que se consiguió que ladrillos y mortero trabajen en conjunto.

La mampostería confinada es un sistema constructivo económico que puede ser implementado para solucionar en parte el problema habitacional de nuestro país.

8.2 Recomendaciones

Reducir el tamaño las partículas de arcilla y arena ($\emptyset = 5\text{mm}$ o menor), mediante el uso de molinos o piones para luego tamizar en una malla de abertura máxima 5mm, para lograr de esta manera una mezcla homogénea de la materia prima.

Usar aserrín sin partículas grandes para evitar la existencia de espacios vacíos grandes al interior del ladrillo que puedan afectar su resistencia a la compresión.

Extraer la arcilla y arena de la mina por separado, evitando mezclarlas al momento de ser llevadas a la fábrica.

Efectuar un mezclado en estado seco de la arcilla, arena y aserrín mediante palas antes de agregar el agua, para facilitar luego el amasado.

Someter a secado total las piezas crudas para evitar agrietamientos al momento de la cocción, debido a la mayor velocidad de contracción en ladrillos con humedad.

La cocción debe ser efectuada por una persona con experiencia.



De acuerdo a observaciones en campo se concluyó que del total de ladrillos existentes en el horno, aquellos que no obtendrán características satisfactorias ya sea por excesivo quemado o por falta de éste, serán aquellos comprendidos en las primeras 5 filas en las partes baja y alta del horno, pudiendo éstos ser empleados como material de relleno, divisiones, etc.

Recomendar a la escuela de Ingeniería Civil incluir en sus programas de estudio, el tema relativo al mejoramiento de materiales tradicionales de construcción, los mismos que podrían ser una solución para abaratar costos sin perjuicio de su calidad.



Resumen

Introducción

En nuestro medio el ladrillo artesanal o común es ampliamente utilizado en todo tipo de construcciones ya sea por su bajo precio y la oferta existente, pero con la limitación de que su uso es para rellenos, divisiones, etc., más no como elemento estructural, razón por la cual se llevó a cabo la presente investigación con el ánimo de aportar al productor incrementando su nivel de ventas y a la población mediante la dotación de un producto barato apto para ser empleado en el sistema de mampostería confinada, el mismo que por su bajo costo podría ayudar a solucionar en parte el déficit de vivienda social.

Materias primas para la elaboración de ladrillo artesanal

La principal es la arcilla, la misma que se define como el resultado de la descomposición lenta por la acción de la atmósfera y la acción química del anhídrido carbónico y el oxígeno del aire de numerosas rocas o minerales silico-aluminosos. La arcilla que se extrae en Catamayo en el sector "Los Tejares" es de color gris por la presencia del óxido de hierro, el mismo que cambia después de la cocción. Debido a que la arcilla por sí sola es demasiado plástica, llegando a ser pegajosa, se hace necesario mezclarla con arena extraída del mismo sitio como material desengrasante, adicionalmente se utiliza aserrín como un fundente que permite el cocido al interior del ladrillo y evita el agrietamiento en el secado por la contracción.

Luego de los respectivos ensayos de laboratorio para las muestras obtenidas de la mina en el sector "Los Tejares" se obtuvieron los siguientes resultados:

Ensayo	Materias arcilloso	Material arenoso
Contenido de agua	9.10	3.31
Límite líquido	54	30
Límite plástico	27	25
Índice de plasticidad	27	5
Contenido de arcilla		25.75



Evaluación del ladrillo artesanal en el estado actual

Se realizó un muestreo de 40 unidades conforme a la norma INEN 292 de ladrillos elaborados en Catamayo, el mismo que cubre el 95% de la demanda local, para determinar el estado de la resistencia característica a la compresión de acuerdo a la norma ASTM C67, como parámetro fundamental para ser aceptado en el sistema de mampostería confinada. Para un nivel de confianza del 95% se obtuvo lo siguiente:

$$R_c = \bar{X} \pm Z_c * \sigma = 39.68 \text{ Kg/cm}^2$$

R_c = Resistencia característica

\bar{X} = Valor medio de la resistencia a la compresión

Z_c = Coeficiente de nivel de confianza

σ = Desviación estándar

Esto nos indica que el ladrillo actualmente está muy por debajo del requisito mínimo que expresa el CEC 2000 para mampostería estructural, que es 150 Kg/cm^2

Elaboración del ladrillo artesanal mejorado

Siendo el principal objetivo de nuestra investigación el mejorar la calidad del ladrillo artesanal, especialmente en la característica de resistencia a la compresión, se optó por realizar una *primera dosificación* en la cual encontramos el porcentaje de arcilla y arena (muestra TD) como una base sobre la cual en una *segunda dosificación* realizamos tanteos con diferentes aditivos o materiales que se encuentren a disposición del ladrillero y su precio sea accesible, también se elaboró una muestra de ladrillo prensado y otra variando las dimensiones tizón y grueso.

Resultados en la primera dosificación:

MUESTRA	ARENA (%)	ARCILLA (%)	ASERRÍN(%)	$f'_{cb}(\text{kg/cm}^2)$
TA	20	80	2	105.47
TB	40	60	2	105.28
TC	50	50	2	136.99
TD	60	40	2	158.54
TE	70	30	2	102.98
TF	80	20	2	80.20



Resultados de máximos valores para f'_{cb} en la segunda dosificación:

MUESTRA	MEZCLA BASE + VARIABLE	f'_{cb} (kg/cm ²)	% ABSORCIÓN
1B	2 % ASERRÍN	139.24	13.34
2A	2 % TAMO DE ARROZ	92.53	16.76
3A	0.5 % PAJA	120.00	14.27
4A	4 PERFORACIONES ($\varnothing = 15$ mm)	160.26	15.68
5	CAL		
6A	5 % ARCILLA DE BELÉN	109.21	15.60
7B	7.5 % CHAMOTA DE CERÁMICA	143.28	15.67
8C	2 % CENIZA DE MADERA	114.26	18.41
9A	20% ARENA DE RÍO – 80% ARCILLA	105.93	17.15
10A	DIMENSIONES DE ARISTAS	153.32	15.46
11A	PRENSADOS	89.19	20.40

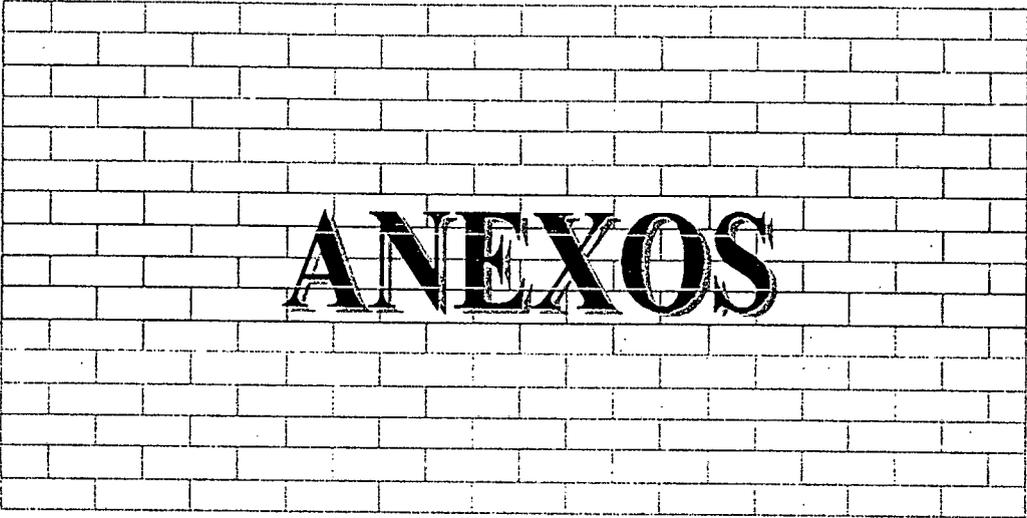
En vista de los resultados anteriores se escogió las muestras 4A y 10A, que superaron los valores mínimos de resistencia a la compresión y están dentro del límite para la absorción de humedad, ambas muestras sirvieron de base para la elaboración de muretes A y B respectivamente, con los cuales se obtiene la resistencia a la compresión de la mampostería f'_m según la norma ASTM-C1314 y el módulo de elasticidad E_m de la mampostería según el ACI 530-99.

Resultados de muretes:

MUESTRA	f'_m (kg/cm ²)	E_m (kg/cm ²)
A	121.10	56795
B	84.30	46880

Costo de producción

Dado que no existe la incorporación de equipos y el proceso de producción es básicamente el mismo, los costos se mantienen bajos y se calculo en 0.09 USD por unidad. Esto favorece al ladrillero artesanal ya que no se verá perjudicado al incrementar el valor por un producto de mejor calidad.



ANEXOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-UCG

PROYECTO: Recomendaciones generales para la fabricación del ladrillo artesanal y su uso en la construcción de vivienda con mampostería confinada.

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

POZO: 1

LOCALIZ: Catamayo, sector "Los Tejares"

PROFUNDIDAD: 1.5 m

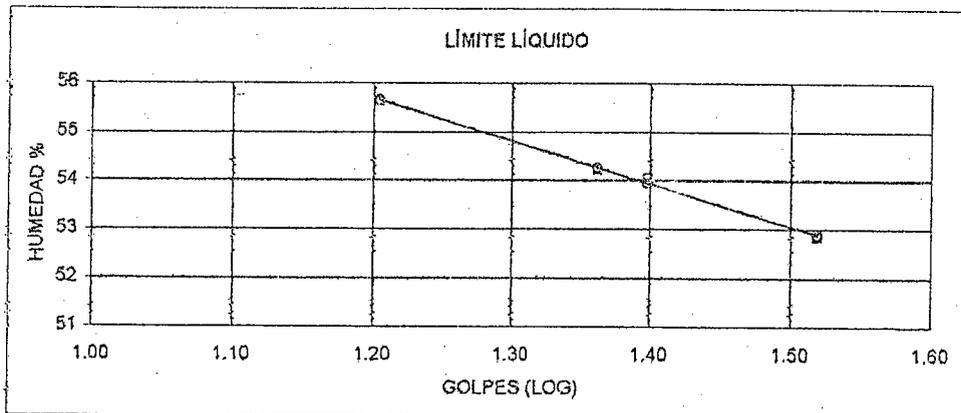
FECHA: 2004 05 21

MUESTRA: Tierra arcillosa

SOLICITADO:

REALIZADO: Santiago Ochoa C. -
Hamilton Santórum M.

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	W.CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		105.20	97.99	19.86	9.23	9.10
		105.30	98.19	19.00	8.98	
2.- LIM. LIQUIDO	18	31.97	27.68	19.97	55.84	53.95
	23	30.23	26.18	19.71	54.22	
	25	28.90	25.57	19.41	54.06	
	33	27.90	24.74	18.76	52.84	
3.- LIMITE PLÁSTICO		21.25	20.68	18.48	25.91	25.97
		21.92	21.35	19.16	26.03	
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN		
PESO INI = 701.90 (H/S)		S		GRAVA = 0.06		
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		701.90		ARENA = 9.31		
				FINOS = 90.63		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 54.00		
1"	0.00	0.00	100.00	LP = 26.00		
3/4"	0.00	0.00	100.00	IP = 28.00		
1/2"	0.00	0.00	100.00	CLASIFICACIÓN		
3/8"	0.00	0.00	100.00	SUCS: CH		
No. 4	0.44	0.06	99.94	AASHTO: A-7-6		
No. 10	3.54	0.50	99.50	IG(85): 29		
No. 40	10.28	1.46	98.54	IG(45): 18		
No. 200	65.76	9.37	90.63			



CLASIFICACIÓN: Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad (CH)

OBSERVACIONES:

Ing. Alonso Zuñiga S.
 RESPONSABLE DEL ÁREA DE
 GEOTÉCNIA

Ing. Angel Tapia CH.
 TÉCNICO LABORATORISTA



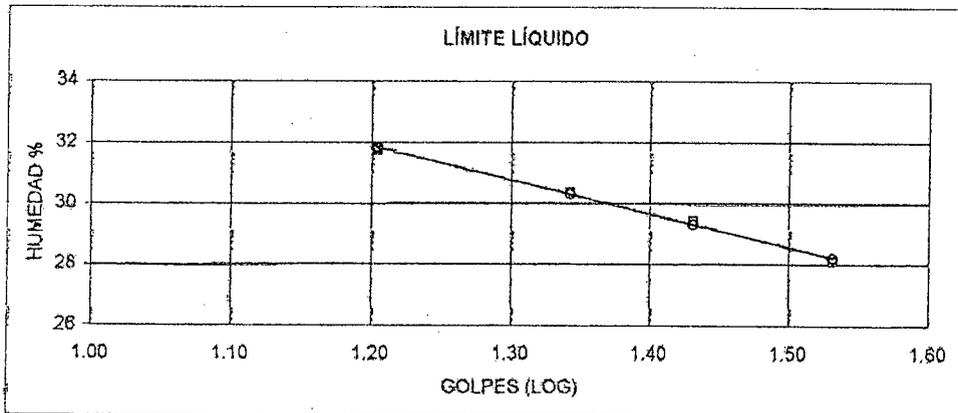
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-UCG

PROYECTO: Recomendaciones generales para la fabricación del ladrillo artesanal y su uso en la construcción de vivienda con mampostería confinada. NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
 LOCALIZ: Catamayo, sector "Los Tejares" POZO: 1
 FECHA: 2004 05 21 PROFUNDIDAD: 3 m
 SOLICITADO: MUESTRA: Tierra arenosa
 REALIZADO: Santiago Ochoa C. - Hamilton Santórum M.

		GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	W.CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA			127.40 122.80	124.00 119.26	12.14 20.48	3.04 3.58	3.31
2.- LIM. LÍQUIDO	16		33.67	30.36	19.93	31.74	29.69
	22		30.91	28.00	18.42	30.38	
	27		33.18	29.99	19.12	29.44	
	34		32.30	29.37	18.95	28.12	
3.- LIMITE PLÁSTICO			20.89 22.64	20.34 21.97	18.18 19.32	25.46 25.28	25.37
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 600.90 (H/S)		S		GRAVA = 1.47			
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		600.90		ARENA = 32.87			
				FINOS = 65.66			
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA				
1"	0.00	0.00	100.00	LL = 30.00			
3/4"	0.00	0.00	100.00	LP = 25.00			
1/2"	0.00	0.00	100.00	IP = 5.00			
3/8"	0.00	0.00	100.00				
No. 4	8.83	1.47	98.53	CLASIFICACIÓN			
No. 10	7.48	1.24	98.76	SUCS: ML - OL			
No. 40	29.05	4.83	95.17	AASHTO: A-4			
No. 200	206.32	34.34	65.66	IG(86): 6			
				IG(45): 6			



CLASIFICACIÓN: Suelo limoso

OBSERVACIONES:

Ing. Alonso Zuñiga S.
 RESPONSABLE DEL ÁREA DE
 GEOTÉCNIA

Ing. Angel Tapia CH.
 TÉCNICO LABORATORISTA



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

Pág. 1 de 2

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: LADRILLOS COMPRADOS	Fecha: 08/06/04
Solicitante:	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Area mm ²	Densidad g/cm ³	Carga N	Resistencia MPa	Resistencia Prom. MPa
CA	1	110	118	68	12980	1.52	37500	2.89	2.62
	2	110	117	67	12870	1.52	44000	3.42	
	3	112	118	71	13216	1.54	32700	2.47	
	4	106	120	66	12720	1.53	26100	2.05	
	5	115	111	75	12785	1.59	29200	2.29	

Composición:

CB	1	110	125	74	13750	1.32	33900	2.47	3.22
	2	111	115	73	12765	1.68	40400	3.16	
	3	110	112	65	12320	1.39	41800	3.39	
	4	110	119	75	13090	1.65	40400	3.09	
	5	109	116	67	12644	1.53	50500	3.99	

Composición:

CC	1	109	112	67	12208	1.62	40100	3.28	2.84
	2	110	122	68	13420	1.57	46500	3.46	
	3	110	113	70	12430	1.48	30000	2.41	
	4	109	114	65	12426	1.46	40800	3.28	
	5	112	117	70	13104	1.57	22800	1.74	

Composición:

CD	1	112	120	61	13440	1.53	38400	2.86	2.54
	2	110	116	66	12980	1.50	30200	2.33	
	3	112	119	70	13328	1.51	36000	2.70	
	4	110	122	67	13420	1.43	36400	2.71	
	5	109	119	81	12971	1.55	27000	2.08	

Composición:

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
-------------------	---------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

MUESTRA	Norma: ASTM C - 87
Tipo: LADRILLOS COMPRADOS	Fecha: 08/06/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Area mm ²	Densidad g/cm ³	Carga	Resistencia	Resistencia Prom. MPa
CE	1	111	116	62	12876	1.55	45000	3.49	2.95
	2	112	120	71	13440	1.49	44400	3.30	
	3	109	112	70	12208	1.59	27800	2.28	
	4	108	121	64	13068	1.51	32800	2.51	
	5	110	119	69	13090	1.40	41100	3.14	

Composición:

CF	1	111	119	63	13209	1.43	34900	2.64	2.78
	2	111	116	70	12876	1.63	47900	3.72	
	3	112	119	71	13328	1.63	41400	3.11	
	4	112	122	75	13664	1.56	24600	1.80	
	5	111	120	70	13320	1.35	35100	2.64	

Composición:

CG	1	108	120	70	12960	1.39	34100	2.63	3.08
	2	109	115	66	12535	1.50	37500	2.99	
	3	110	122	65	13420	1.40	33300	2.48	
	4	110	114	69	12540	1.53	50400	4.02	
	5	108	124	68	13392	1.38	43900	3.28	

Composición:

CH	1	113	119	73	13447	1.56	33000	2.45	2.73
	2	110	118	70	12980	1.53	33700	2.60	
	3	111	120	73	13320	1.60	50000	3.75	
	4	112	118	69	13216	1.52	34800	2.63	
	5	112	115	60	12880	1.44	28400	2.20	

Composición:

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
--------------------------	---------------------	-----------------------------


 Ing. Fabian Armijos Cuenca
 ÁREA DE MATERIALES Y MINERALES


 Hamilton Santorum Merchán
 Egresado Ing. Civil


 Santiago Ochoa Cueva
 Egresado Ing. Civil



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

Pág. 1 de 2

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: PRIMERA DOSIFICACIÓN	Fecha: 13/08/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Area mm ²	Densidad g/cm ³	Carga N	Resistencia MPa	Resistencia Prom. MPa
TA	1	106	108	73	11236	1.59	137100	12.20	10.55
	2	115	103	72	11845	1.61	100700	8.50	
	3	116	104	70	12064	1.74	102900	8.53	
	4	106	112	70	11872	1.65	140700	11.85	
	5	115	101	69	11615	1.76	135300	11.85	

Composición: 20% ARENA - 80% ARCILLA - 2% ASERRÍN

TB	1	108	103	71	11124	1.71	160000	14.38	10.53
	2	110	106	73	11660	1.70	154600	13.26	
	3	120	104	74	12480	1.70	105300	8.44	
	4	113	106	72	11978	1.70	110700	9.24	
	5	118	105	73	12390	1.71	90700	7.32	

Composición: 40% ARENA - 60% ARCILLA - 2% ASERRÍN

TC	1	122	107	73	13054	1.69	174700	13.38	13.70
	2	110	106	75	11660	1.70	167500	14.37	
	3	118	107	75	12626	1.73	165000	13.07	
	4	119	110	73	13090	1.70	192000	14.67	
	5	108	111	75	11988	1.71	156000	13.01	

Composición: 50% ARENA - 50% ARCILLA - 2% ASERRÍN

TD	1	115	110	75	12650	1.70	198000	15.65	15.85
	2	119	107	76	12733	1.73	208500	16.37	
	3	117	107	74	12519	1.70	194500	15.54	
	4	121	111	75	13431	1.66	203500	15.15	
	5	118	108	75	12744	1.67	211000	16.56	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% ASERRÍN

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
-------------------	---------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: PRIMERA DOSIFICACIÓN	Fecha: 13/08/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Area mm ²	Densidad g/cm ³	Carga N	Resistencia MPa	Resistencia Prom. MPa
TE	1	128	113	77	14464	1.59	150000	10.37	10.30
	2	109	112	76	12208	1.62	135500	11.10	
	3	118	113	75	13334	1.59	130400	9.78	
	4	125	110	75	13750	1.65	135600	9.86	
	5	119	109	75	12971	1.64	134600	10.38	

Composición: 70% ARENA - 30% ARCILLA - 2% ASERRÍN

TF	1	127	111	77	14097	1.67	40600	2.88	8.02
	2	125	114	76	14250	1.65	127500	8.95	
	3	124	115	79	14260	1.57	142500	9.99	
	4	122	113	77	13786	1.65	137500	9.97	
	5	123	115	77	14145	1.58	117500	8.31	

Composición: 80% ARENA - 20% ARCILLA - 2% ASERRÍN

Composición:

EQUIPO UTILIZADO: Máquina VersaTester 1 Mpa=10 Kg/cm2

Ing. Fabian Armijos Cuenca
ÁREA DE MATERIALES Y MINERALES

Hamilton Santorum Merchán
Egresado Ing. Civil

Santiago Ochoa Cueva
Egresado Ing. Civil



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 1 (Δ ASERRÍN)	Fecha: 09/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Area mm ²	Densidad g/cm ³	Carga N	Resistencia MPa	Resistencia Prom. MPa
1B	1	122	107	73	13054	1.69	174500	13.37	13.92
	2	110	106	75	11660	1.70	180500	15.48	
	3	118	107	75	12628	1.73	196000	15.52	
	4	119	110	73	13090	1.70	200000	15.28	
	5	108	111	75	11988	1.71	119500	9.97	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% ASERRÍN

1C	1	110	100	72	11000	1.71	152000	13.82	12.45
	2	106	105	71	11130	1.63	126500	11.37	
	3	110	101	73	11110	1.58	132500	11.93	
	4	118	102	70	12036	1.61	163500	13.58	
	5	113	107	71	12091	1.57	140000	11.58	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 4% ASERRÍN

1D	1	109	102	70	11118	1.67	157500	14.17	12.04
	2	114	102	70	11628	1.61	176500	15.18	
	3	107	103	71	11021	1.63	128500	11.66	
	4	103	105	71	10815	1.58	112500	10.40	
	5	120	107	72	12840	1.39	113000	8.80	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 6% ASERRÍN

1E	1	111	101	71	11211	1.63	141500	12.62	11.24
	2	112	105	70	11760	1.56	136500	11.61	
	3	108	106	71	11448	1.60	122500	10.70	
	4	105	104	71	10920	1.64	126000	11.54	
	5	116	106	71	12296	1.46	119500	9.72	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 8% ASERRÍN

Composición:

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
--------------------------	---------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

Pág. 2 de 10

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 2 (Δ TAMO DE ARROZ)	Fecha: 09/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesisistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Area mm ²	Densidad g/cm ³	Carga N	Resistencia MPa	Resistencia Prom. MPa
2A	1	120	105	75	12600	1.57	122500	9.72	9.25
	2	119	110	77	13090	1.56	116500	8.90	
	3	117	112	78	13104	1.57	119000	9.08	
	4	123	109	75	13407	1.60	121000	9.03	
	5	119	111	76	13209	1.54	126000	9.54	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% TAMO DE ARROZ

2B	1	122	110	77	13365	1.48	87500	6.55	7.42
	2	121	111	77	13315	1.51	107000	8.04	
	3	118	112	78	13216	1.52	104500	7.91	
	4	123	111	75	13592	1.52	99000	7.28	
	5	121	112	78	13436	1.50	98500	7.33	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 3% TAMO DE ARROZ

2C	1	123	115	78	14145	1.40	103000	7.28	7.23
	2	122	111	76	13542	1.45	94500	6.98	
	3	119	112	77	13328	1.47	97000	7.28	
	4	123	112	75	13776	1.45	102000	7.40	
	5	122	112	79	13664	1.45	98500	7.21	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 4% TAMO DE ARROZ

2D	1	122	110	77	13365	1.48	80500	6.02	6.75
	2	121	111	77	13315	1.51	92500	6.95	
	3	118	112	78	13216	1.52	93500	7.07	
	4	123	111	75	13592	1.52	96000	7.06	
	5	121	112	78	13436	1.50	89500	6.66	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 5% TAMO DE ARROZ

2E	1	120	105	75	12600	1.57	57500	4.56	6.22
	2	119	110	77	13090	1.56	90000	6.88	
	3	117	112	78	13104	1.57	90000	6.87	
	4	123	109	75	13407	1.60	90000	6.71	
	5	119	111	76	13209	1.54	80000	6.06	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 6% TAMO DE ARROZ

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
--------------------------	---------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

Pág. 3 de 10

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 3 (Δ PAJA)	Fecha: 09/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesisistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Area mm ²	Densidad g/cm ³	Carga N	Resistencia MPa	Resistencia Prom. MPa
3A	1	118	108	80	12744	1.65	130500	10.24	12.00
	2	117	112	79	13104	1.65	157500	12.02	
	3	115	111	78	12765	1.70	152000	11.91	
	4	120	105	79	12600	1.74	168500	13.37	
	5	120	110	80	13200	1.65	164500	12.46	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 0.5% PAJA

3B	1	122	109	78	13244	1.61	122500	9.25	8.61
	2	120	110	78	13085	1.61	112000	8.56	
	3	113	111	77	12488	1.68	106500	8.53	
	4	121	105	77	12705	1.69	101000	7.95	
	5	123	109	78	13291	1.64	116500	8.77	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 1.0% PAJA

3C	1	125	111	77	13875	1.55	83500	6.02	7.43
	2	120	107	74	12840	1.65	78500	6.11	
	3	122	104	79	12688	1.69	120400	9.49	
	4	122	113	74	13786	1.55	95400	6.92	
	5	119	109	79	12971	1.59	111400	8.59	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 1.5% PAJA

3D	1	122	110	79	13304	1.60	82000	6.16	7.59
	2	119	110	77	12976	1.65	84000	6.47	
	3	119	108	78	12739	1.70	104700	8.22	
	4	121	109	77	13189	1.64	115000	8.72	
	5	120	110	80	13085	1.62	109500	8.37	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2.0% PAJA

3E	1	125	110	75	13750	1.58	85500	6.22	7.34
	2	122	107	77	13054	1.56	92500	7.09	
	3	110	111	78	12210	1.65	89000	7.29	
	4	122	105	75	12810	1.63	103000	8.04	
	5	125	107	75	13375	1.63	108000	8.07	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2.5% PAJA

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
--------------------------	---------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 4 (Δ PERFORACIONES)	Fecha: 09/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Area mm ²	Densidad g/cm ³	Carga N	Resistencia MPa	Resistencia Prom. MPa
4A	1	121	107	75	12947	1.70	193000	14.91	16.14
	2	120	108	75	12960	1.64	216500	16.71	
	3	120	106	75	12720	1.71	208000	16.35	
	4	119	106	75	12852	1.68	209000	16.26	
	5	121	108	75	13066	1.67	215500	16.49	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% ASERRÍN

4B	1	121	108	75	13068	1.69	185500	14.19	14.68
	2	119	117	75	13923	1.57	174000	12.50	
	3	117	107	76	12519	1.73	215000	17.17	
	4	118	107	75	12626	1.74	187000	14.81	
	5	121	107	75	12947	1.61	190500	14.71	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% ASERRÍN

4C	1	122	108	75	13176	1.75	167500	12.71	13.80
	2	120	107	75	12840	1.69	192500	14.99	
	3	119	108	75	12852	1.67	184000	14.32	
	4	122	110	77	13420	1.54	177500	13.23	
	5	118	109	76	12862	1.65	177000	13.76	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% ASERRÍN

Composición:

Composición:

EQUIPO UTILIZADO: Máquina VersaTester 1 Mpa=10 Kg/cm²



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

Pág. 5 de 10

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 6 (Δ ARCILLA DE BELÉN)	Fecha: 09/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Area mm ²	Densidad g/cm ³	Carga N	Resistencia MPa	Resistencia Prom. MPa
6A	1	124	110	75	13640	1.64	109000	7.99	8.38
	2	121	109	76	13189	1.65	106500	8.07	
	3	120	109	75	13080	1.73	107500	8.22	
	4	120	109	73	13080	1.71	105000	8.03	
	5	117	109	75	12753	1.69	122500	9.61	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 5% ARCILLA DE BELÉN

6B	1	124	110	75	13523	1.64	126000	9.32	9.33
	2	121	110	76	13250	1.65	117000	8.83	
	3	119	110	76	13031	1.67	123500	9.48	
	4	121	108	74	13014	1.70	121000	9.30	
	5	119	110	75	13031	1.66	126500	9.71	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 7.5% ARCILLA DE BELÉN

6C	1	120	110	75	13200	1.65	142500	10.80	10.33
	2	118	112	77	13216	1.60	127500	9.65	
	3	123	109	77	13407	1.65	140000	10.44	
	4	118	110	77	12980	1.64	137500	10.59	
	5	116	110	77	12760	1.64	130000	10.19	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 10% ARCILLA DE BELÉN

6D	1	122	110	75	13420	1.65	190500	14.20	13.88
	2	120	111	77	13205	1.62	186500	14.12	
	3	122	109	76	13244	1.68	181500	13.70	
	4	119	110	75	13031	1.67	184000	14.12	
	5	117	110	76	12757	1.67	169000	13.25	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 12.5% ARCILLA DE BELÉN

6E	1	123	109	75	13407	1.63	165000	12.31	13.03
	2	121	110	75	13310	1.65	174500	13.11	
	3	118	110	76	12980	1.61	172500	13.29	
	4	121	107	75	12947	1.69	169000	13.05	
	5	121	110	74	13310	1.63	178500	13.41	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 15% ARCILLA DE BELÉN

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
-------------------	---------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

Pág. 6 de 10

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 7 (Δ CHAMOTA DE CERÁMICA)	Fecha: 09/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Area mm ²	Densidad g/cm ³	Carga N	Resistencia MPa	Resistencia Prom. MPa
7A	1	111	109	75	12099	1.80	188500	15.58	13.74
	2	120	109	77	13080	1.64	174000	13.30	
	3	120	109	76	13080	1.62	197000	15.06	
	4	120	109	75	13080	1.64	148500	11.35	
	5	119	110	76	13090	1.68	175500	13.41	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 5% CHAMOTA DE CERÁMICA

7B	1	114	110	76	12483	1.72	177500	14.22	14.33
	2	121	110	78	13310	1.61	180000	13.52	
	3	123	111	76	13653	1.62	196500	14.39	
	4	122	110	77	13359	1.62	199000	14.90	
	5	121	111	77	13315	1.64	194500	14.61	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 7.5% CHAMOTA DE CERÁMICA

7C	1	116	110	77	12760	1.65	169500	13.28	12.79
	2	118	110	76	12980	1.69	150500	11.59	
	3	125	112	73	14000	1.60	181000	12.93	
	4	125	113	78	14125	1.58	197500	13.98	
	5	121	111	77	13431	1.63	163500	12.17	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 10% CHAMOTA DE CERÁMICA

7D	1	117	110	77	12815	1.65	156000	12.17	11.41
	2	120	111	78	13260	1.63	141500	10.67	
	3	126	113	75	14119	1.61	159500	11.30	
	4	125	112	78	13882	1.59	163500	11.78	
	5	122	111	77	13487	1.61	150000	11.12	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 12.5% CHAMOTA DE CERÁMICA

7E	1	117	110	77	12870	1.65	142500	11.07	10.02
	2	122	111	79	13542	1.58	133000	9.82	
	3	126	113	76	14238	1.61	138500	9.73	
	4	124	110	78	13640	1.60	129000	9.46	
	5	122	111	77	13542	1.60	136000	10.04	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 15% CHAMOTA DE CERÁMICA

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
-------------------	---------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

Pág. 7 de 10

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 8 (Δ CENIZA DE MADERA)	Fecha: 09/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Area mm ²	Densidad g/cm ³	Carga N	Resistencia MPa	Resistencia Prom. MPa
8A	1	125	110	80	13750	1.54	106500	7.75	8.91
	2	122	110	78	13420	1.57	123000	9.17	
	3	123	111	79	13653	1.54	106500	7.80	
	4	122	112	78	13664	1.57	136000	9.95	
	5	124	110	79	13640	1.53	135000	9.90	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 1% CENIZA DE MADERA

8B	1	123	110	79	13530	1.60	133000	9.83	10.65
	2	121	111	78	13431	1.55	137500	10.24	
	3	123	111	79	13592	1.56	150000	11.04	
	4	126	113	78	14182	1.55	142500	10.05	
	5	121	110	78	13255	1.59	160500	12.11	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 1.5% CENIZA DE MADERA

8C	1	125	113	77	14125	1.53	162000	11.47	11.43
	2	125	112	77	14000	1.54	158000	11.29	
	3	123	113	75	13899	1.57	167500	12.05	
	4	123	115	79	14145	1.49	149000	10.53	
	5	122	114	77	13908	1.48	164000	11.79	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% CENIZA DE MADERA

8D	1	123	112	77	13715	1.59	147500	10.76	10.83
	2	123	112	77	13720	1.53	131500	9.58	
	3	123	112	77	13715	1.58	158500	11.56	
	4	126	115	79	14427	1.51	146000	10.12	
	5	120	112	77	13384	1.57	162500	12.14	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2.5% CENIZA DE MADERA

8E	1	121	110	77	13310	1.66	133000	9.99	10.21
	2	120	112	77	13440	1.52	105000	7.81	
	3	123	110	78	13530	1.58	150000	11.09	
	4	129	114	78	14706	1.53	142500	9.69	
	5	117	110	78	12870	1.67	160500	12.47	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 3% CENIZA DE MADERA

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina Versa Tester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
-------------------	----------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 9 (Δ ARENA DE RÍO)	Fecha: 09/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Area mm ²	Densidad g/cm ³	Carga N	Resistencia MPa	Resistencia Prom. MPa
9A	1	120	105	73	12600	1.67	122500	9.72	10.59
	2	113	108	73	12204	1.67	130000	10.65	
	3	119	106	72	12614	1.71	135500	10.74	
	4	110	104	72	11440	1.77	115000	10.05	
	5	111	105	74	11655	1.81	137500	11.80	

Composición: 20% ARENA DE RÍO - 80% ARCILLA - 2% ASERRÍN

9B	1	111	107	73	11877	1.81	100000	8.42	8.17
	2	110	122	72	13420	1.77	101500	7.56	
	3	121	110	75	13310	1.71	97500	7.33	
	4	118	110	74	12980	1.66	117500	9.05	
	5	116	111	73	12876	1.74	109500	8.50	

Composición: 40% ARENA DE RÍO - 60% ARCILLA - 2% ASERRÍN

9C	1	117	115	78	13455	1.69	77500	5.76	5.23
	2	120	115	78	13800	1.72	75500	5.47	
	3	120	116	78	13920	1.67	66000	4.74	
	4	123	117	77	14391	1.72	72500	5.04	
	5	121	117	79	14157	1.65	72500	5.12	

Composición: 60% ARENA DE RÍO - 40% ARCILLA - 2% ASERRÍN

9D	1	142	129	74	18318	1.44	31500	1.72	1.47
	2	135	120	82	16200	1.50	31000	1.91	
	3	130	126	77	16380	1.47	22500	1.37	
	4	125	125	80	15625	1.44	16000	1.02	
	5	135	122	79	16470	1.56	21500	1.31	

Composición: 80% ARENA DE RÍO - 20% ARCILLA - 2% ASERRÍN

Composición:

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
--------------------------	---------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

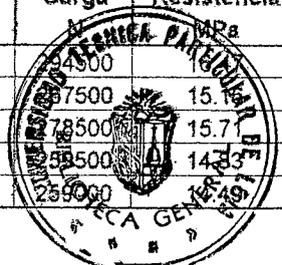
LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 10 (Δ DIMENSIONES)	Fecha: 09/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Area mm ²	Densidad g/cm ³	Carga MPa	Resistencia MPa	Resistencia Prom. MPa
10A	1	149	120	59	17880	1.68	234500	15.1	15.33
	2	147	120	59	17640	1.64	267500	15.7	
	3	149	119	58	17731	1.68	278500	14.3	
	4	147	119	58	17493	1.69	252500	14.3	
	5	149	120	57	17880	1.65	259000	14.3	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% ASERRÍN



Composición:

Composición:

Composición:

Composición:

EQUIPO UTILIZADO: Máquina VersaTester **1 Mpa=10 Kg/cm2**



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 11 (Δ PRENSADOS)	Fecha: 09/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Area mm ²	Densidad g/cm ³	Carga N	Resistencia MPa	Resistencia Prom. MPa
11A	1	150	140	110	21000	1.54	185000	8.81	8.92
	2	151	140	111	21140	1.56	196500	9.30	
	3	149	141	111	21009	1.48	172500	8.21	
	4	149	141	110	21009	1.56	181000	8.62	
	5	150	140	110	21000	1.54	203000	9.67	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% ASERRRÍN

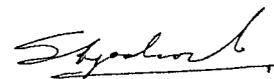
Composición:

Composición:

EQUIPO UTILIZADO: Máquina VersaTester 1 Mpa=10 Kg/cm2


 Ing. Fabian Armijos Cuenca
 ÁREA DE MATERIALES Y MINERALES


 Hamilton Santorum Merchán
 Egresado Ing. Civil


 Santiago Ochoa Cueva
 Egresado Ing. Civil



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 1 (Δ ASERRÍN)	Fecha: 11/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Peso seco g	Peso hum. g	Absorción %	Absorción promedio
1B	1	110	100	71	1291.40	1461.60	13.18	13.34
	2	111	104	70	1243.40	1410.60	13.45	
	3	107	105	71	1298.60	1479.20	13.91	
	4	106	103	71	1283.40	1450.60	13.03	
	5	117	105	71	1292.30	1462.30	13.15	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% ASERRÍN

1C	1	108	103	70	1243.40	1425.30	14.63	14.11
	2	113	104	70	1322.60	1516.30	14.65	
	3	106	104	71	1271.40	1446.80	13.80	
	4	102	106	71	1228.30	1398.30	13.84	
	5	119	107	72	1274.90	1448.70	13.63	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 4% ASERRÍN

1D	1	109	101	72	1322.60	1516.30	14.65	15.00
	2	106	106	71	1289.50	1489.70	15.53	
	3	109	102	73	1295.30	1500.80	15.87	
	4	117	103	70	1353.40	1548.70	14.43	
	5	112	106	71	1352.10	1548.60	14.53	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 6% ASERRÍN

1E	1	121	108	73	1608.50	1887.10	17.32	17.68
	2	109	107	75	1489.60	1768.20	18.70	
	3	119	106	75	1634.80	1913.40	17.04	
	4	120	109	73	1624.30	1902.90	17.15	
	5	109	110	75	1532.70	1811.30	18.18	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 8% ASERRÍN

Composición:

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
--------------------------	---------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

Pág. 2 de 10

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 2 (Δ TAMO DE ARROZ)	Fecha: 11/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Peso seco g	Peso hum. g	Absorción %	Absorción promedio
2A	1	118	107	75	1478.40	1720.40	16.37	16.76
	2	117	112	77	1469.60	1724.60	17.35	
	3	115	114	78	1601.80	1871.70	16.85	
	4	121	111	75	1619.60	1889.50	16.66	
	5	117	113	76	1554.70	1812.40	16.58	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% TAMO DE ARROZ

2B	1	120	112	77	1515.40	1787.10	17.93	17.59
	2	119	113	77	1533.70	1805.40	17.72	
	3	116	114	78	1556.10	1827.80	17.46	
	4	121	113	75	1557.80	1823.20	17.04	
	5	119	114	78	1564.40	1843.30	17.83	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 3% TAMO DE ARROZ

2C	1	118	107	75	1489.10	1837.10	23.37	19.35
	2	117	112	77	1569.20	1855.40	18.24	
	3	115	114	78	1605.10	1877.80	16.99	
	4	121	111	75	1611.40	1873.20	16.25	
	5	117	113	76	1552.80	1893.30	21.93	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 4% TAMO DE ARROZ

2D	1	120	112	77	1510.70	1840.20	21.81	21.36
	2	119	113	77	1527.80	1857.30	21.57	
	3	116	114	78	1563.20	1892.70	21.08	
	4	121	113	75	1557.40	1866.90	21.16	
	5	119	114	78	1554.90	1884.40	21.19	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 5% TAMO DE ARROZ

2E	1	121	117	78	1557.30	1912.40	22.80	23.32
	2	120	113	76	1501.20	1856.30	23.65	
	3	117	114	77	1502.70	1857.80	23.63	
	4	121	114	75	1494.60	1849.70	23.76	
	5	120	114	79	1562.10	1917.20	22.73	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 6% TAMO DE ARROZ

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
-------------------	---------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

Pág. 3 de 10

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 3 (Δ PAJA)	Fecha: 11/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Peso seco g	Peso hum. g	Absorción %	Absorción promedio
3A	1	116	110	80	1652.60	1894.90	14.66	14.27
	2	115	114	79	1710.00	1952.30	14.17	
	3	113	113	76	1653.00	1895.30	14.66	
	4	118	107	79	1732.60	1974.90	13.98	
	5	118	112	80	1744.30	1986.60	13.89	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 0.5% PAJA

3B	1	120	111	78	1655.90	1916.30	15.73	15.79
	2	118	112	78	1638.50	1898.90	15.89	
	3	111	113	77	1613.80	1874.20	16.14	
	4	119	107	77	1648.80	1909.20	15.79	
	5	121	111	78	1688.25	1948.65	15.42	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 1.0% PAJA

3C	1	123	113	77	1660.70	1946.50	17.21	17.89
	2	118	109	74	1522.40	1808.20	18.77	
	3	120	106	79	1695.10	1997.40	17.83	
	4	120	115	74	1578.10	1863.90	18.11	
	5	117	111	79	1630.50	1916.30	17.53	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 1.5% PAJA

3D	1	120	112	79	1673.80	1976.20	18.07	18.15
	2	117	112	77	1638.80	1941.20	18.45	
	3	117	110	78	1674.05	1976.45	18.06	
	4	119	111	77	1655.35	1957.75	18.27	
	5	118	112	80	1687.40	1989.80	17.92	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2.0% PAJA

3E	1	123	112	75	1642.70	1956.40	19.10	19.66
	2	120	109	77	1567.00	1880.70	20.02	
	3	108	113	78	1574.60	1888.30	19.92	
	4	120	107	75	1565.00	1878.70	20.04	
	5	123	109	75	1632.20	1945.90	19.22	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2.5% PAJA

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm2
-------------------	---------------------	-----------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 4 (Δ PERFORACIONES)	Fecha: 11/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Peso seco g	Peso hum. g	Absorción %	Absorción promedio
4A	1	119	110	77	1618.20	1864.50	15.36	15.68
	2	117	109	76	1502.80	1724.10	14.73	
	3	115	110	78	1579.80	1851.20	17.18	
	4	116	109	75	1604.20	1849.20	15.27	
	5	119	110	74	1499.70	1737.50	15.86	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% ASERRÍN

4B	1	120	110	75	1616.20	1865.90	15.45	15.87
	2	118	109	75	1555.30	1805.00	16.05	
	3	117	110	75	1551.30	1801.00	16.10	
	4	120	112	77	1575.80	1825.50	15.85	
	5	116	111	76	1572.40	1822.10	15.88	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% ASERRÍN

4C	1	119	109	75	1569.50	1817.80	15.82	15.80
	2	118	110	76	1639.50	1887.80	15.14	
	3	118	108	75	1570.00	1818.30	15.82	
	4	117	110	75	1511.00	1759.30	16.43	
	5	119	107	75	1571.10	1819.40	15.80	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% ASERRÍN

Composición:

Composición:

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
-------------------	---------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

Pág. 5 de 10

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 6 (Δ ARCILLA DE BELÉN)	Fecha: 11/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Peso seco g	Peso hum. g	Absorción %	Absorción promedio
6A	1	122	112	75	1680.20	1936.60	15.26	15.60
	2	119	111	76	1644.20	1906.80	15.97	
	3	118	111	75	1692.30	1948.70	15.15	
	4	118	111	73	1631.00	1887.40	15.72	
	5	115	111	75	1614.50	1870.90	15.88	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 5% ARCILLA DE BELÉN

6B	1	122	112	75	1659.05	1916.45	15.51	15.71
	2	119	112	76	1647.20	1904.60	15.63	
	3	117	112	76	1639.90	1897.30	15.70	
	4	119	110	74	1635.55	1892.95	15.74	
	5	117	112	75	1611.40	1868.80	15.97	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 7.5% ARCILLA DE BELÉN

6C	1	118	112	75	1634.50	1892.90	15.81	15.69
	2	116	114	77	1625.40	1883.80	15.90	
	3	121	111	77	1723.70	1982.10	14.99	
	4	116	112	77	1640.70	1899.10	15.75	
	5	114	112	77	1615.30	1873.70	16.00	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 10% ARCILLA DE BELÉN

6D	1	120	112	75	1657.35	1914.55	15.52	15.61
	2	118	113	77	1638.00	1895.20	15.70	
	3	120	111	76	1695.70	1952.90	15.17	
	4	117	112	75	1635.85	1893.05	15.72	
	5	115	112	76	1614.90	1872.10	15.93	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 12.5% ARCILLA DE BELÉN

6E	1	121	111	75	1637.90	1893.90	15.63	15.86
	2	119	112	75	1643.80	1899.80	15.57	
	3	116	112	76	1544.60	1800.60	16.57	
	4	119	109	75	1640.10	1896.10	15.61	
	5	119	112	74	1608.30	1864.30	15.92	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 15% ARCILLA DE BELÉN

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
--------------------------	---------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

Pág. 6 de 10

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 7 (Δ CHAMOTA DE CERÁMICA)	Fecha: 11/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Peso seco g	Peso hum. g	Absorción %	Absorción promedio
7A	1	109	111	75	1613.40	1868.50	15.81	15.63
	2	118	111	77	1655.50	1910.60	15.41	
	3	118	111	76	1615.10	1870.20	15.79	
	4	118	111	75	1605.20	1860.30	15.89	
	5	117	112	76	1672.80	1927.90	15.25	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 5% CHAMOTA DE CERÁMICA

7B	1	112	112	76	1634.30	1894.65	15.93	15.67
	2	119	112	78	1673.45	1933.80	15.56	
	3	121	113	76	1678.95	1939.30	15.51	
	4	120	112	77	1651.50	1911.85	15.76	
	5	119	113	77	1671.25	1931.60	15.58	

Composición: 80% ARENA - 40% ARCILLA - 7.5% CHAMOTA DE CERÁMICA

7C	1	114	112	77	1606.20	1871.80	16.54	15.94
	2	116	112	76	1664.30	1929.90	15.96	
	3	123	114	73	1635.80	1901.40	16.24	
	4	123	115	78	1745.60	2011.20	15.22	
	5	119	113	77	1684.50	1950.10	15.77	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 10% CHAMOTA DE CERÁMICA

7D	1	115	112	77	1628.00	1904.70	17.00	16.49
	2	118	113	78	1677.85	1954.55	16.49	
	3	124	115	75	1689.30	1966.00	16.38	
	4	123	114	78	1721.70	1998.40	16.07	
	5	120	113	77	1677.10	1953.80	16.50	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 12.5% CHAMOTA DE CERÁMICA

7E	1	115	112	77	1634.50	1922.30	17.61	17.06
	2	120	113	79	1694.60	1982.40	16.98	
	3	124	115	76	1742.80	2030.60	16.51	
	4	122	112	78	1697.80	1985.60	16.95	
	5	120	113	77	1669.70	1957.50	17.24	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 15% CHAMOTA DE CERÁMICA

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
--------------------------	---------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

Pág. 7 de 10

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 8 (Δ CENIZA DE MADERA)	Fecha: 11/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Peso seco g	Peso hum. g	Absorción %	Absorción promedio
8A	1	123	112	80	1719.50	2003.70	16.53	17.03
	2	120	112	78	1646.50	1930.70	17.26	
	3	121	113	79	1658.20	1942.40	17.14	
	4	120	114	78	1677.60	1961.80	16.94	
	5	122	112	79	1643.90	1928.10	17.29	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 1% CENIZA DE MADERA

8B	1	121	112	79	1697.50	1987.90	17.11	17.45
	2	119	113	78	1611.95	1902.35	18.02	
	3	121	113	79	1663.85	1954.25	17.45	
	4	124	115	78	1714.55	2004.95	16.94	
	5	119	112	78	1637.30	1927.70	17.74	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 1.5% CENIZA DE MADERA

8C	1	123	115	77	1636.90	1938.10	18.40	18.41
	2	123	114	77	1658.60	1959.80	18.16	
	3	121	115	75	1636.60	1937.80	18.40	
	4	121	117	79	1661.90	1963.10	18.12	
	5	120	116	77	1586.80	1888.00	18.98	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% CENIZA DE MADERA

8D	1	121	114	77	1682.45	1993.05	18.46	18.79
	2	121	114	77	1618.00	1928.60	19.20	
	3	121	114	77	1653.05	1963.65	18.79	
	4	124	117	79	1706.70	2017.30	18.20	
	5	118	114	77	1608.75	1919.35	19.31	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2.5% CENIZA DE MADERA

8E	1	119	112	77	1700.50	2005.10	17.91	18.30
	2	118	114	77	1577.40	1882.00	19.31	
	3	121	112	78	1669.50	1974.10	18.24	
	4	127	116	78	1751.50	2056.10	17.39	
	5	115	112	76	1634.00	1938.60	18.64	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 3% CENIZA DE MADERA

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm ²
-------------------	---------------------	-----------------------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 9 (Δ ARENA DE RÍO)	Fecha: 11/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Peso seco g	Peso hum. g	Absorción %	Absorción promedio
9A	1	118	107	73	1535.30	1795.60	16.95	17.15
	2	111	110	73	1486.50	1746.80	17.54	
	3	117	108	72	1553.50	1813.80	16.78	
	4	108	106	72	1458.80	1719.10	17.84	
	5	109	107	74	1559.10	1819.40	16.70	

Composición: 20% ARENA DE RÍO - 80% ARCILLA - 2% ASERRÍN

9B	1	109	109	73	1568.00	1842.50	17.51	16.73
	2	108	124	72	1714.10	1988.60	16.01	
	3	119	112	75	1706.40	1980.90	16.09	
	4	116	112	74	1591.60	1866.10	17.25	
	5	114	113	73	1633.50	1908.00	16.80	

Composición: 40% ARENA DE RÍO - 60% ARCILLA - 2% ASERRÍN

9C	1	115	117	78	1772.40	2070.80	16.84	16.24
	2	118	117	78	1854.00	2152.40	16.09	
	3	118	118	78	1816.60	2115.00	16.43	
	4	121	119	77	1905.30	2203.70	15.66	
	5	119	119	79	1841.90	2140.30	16.20	

Composición: 60% ARENA DE RÍO - 40% ARCILLA - 2% ASERRÍN

9D	1	140	131	74	1955.30	2265.50	15.86	15.86
	2	133	122	82	1994.00	2304.20	15.56	
	3	128	128	77	1848.50	2158.70	16.78	
	4	123	127	80	1800.30	2085.40	15.84	
	5	133	124	79	2033.20	2343.40	15.26	

Composición: 80% ARENA DE RÍO - 20% ARCILLA - 2% ASERRÍN

Composición:

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm2
--------------------------	---------------------	-----------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 10 (Δ DIMENSIONES)	Fecha: 11/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Peso seco g	Peso hum. g	Absorción %	Absorción promedio
10A	1	147	122	59	1734.00	1997.40	15.19	15.46
	2	145	122	59	1706.80	1974.20	15.67	
	3	147	121	58	1740.40	2008.60	15.41	
	4	145	121	58	1755.40	2029.70	15.83	
	5	147	122	57	1718.30	1962.80	15.39	

Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% ASERRRÍN

Composición:

Composición:

Composición:

Composición:

EQUIPO UTILIZADO:	Máquina VersaTester	1 Mpa=10 Kg/cm2
--------------------------	---------------------	-----------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

LADRILLOS ARTESANALES
DETERMINACION DE LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD

MUESTRA	Norma: ASTM C - 67
Tipo: 11 (Δ PRENSADOS)	Fecha: 11/11/04
Solicitante :	Realizado por: Tesistas

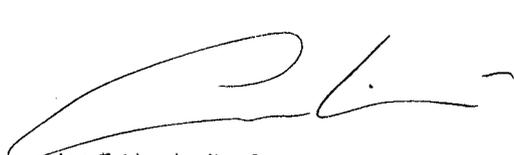
DATOS DE ENSAYO

Muestra Tipo	Lad. Núm.	Largo mm	Ancho mm	Espesor mm	Peso seco g	Peso hum. g	Absorción %	Absorción promedio
11A	1	151	141	110	3550.00	4280.00	20.56	20.40
	2	150	140	111	3650.00	4370.00	19.73	
	3	150	140	110	3450.00	4190.00	21.45	
	4	151	141	111	3600.00	4330.00	20.28	
	5	149	140	110	3550.00	4260.00	20.00	

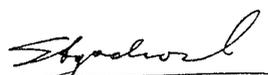
Composición: 60% ARENA - 40% ARCILLA - 2% ASERRÍN

Composición:
Composición:

EQUIPO UTILIZADO: Máquina VersaTester 1 Mpa=10 Kg/cm²


Ing. Fabian Armijos Cuenca
ÁREA DE MATERIALES Y MINERALES


Hamilton Santórum M.
Egresado Ing. Civil


Santiago Ochoa Cueva
Egresado Ing. Civil

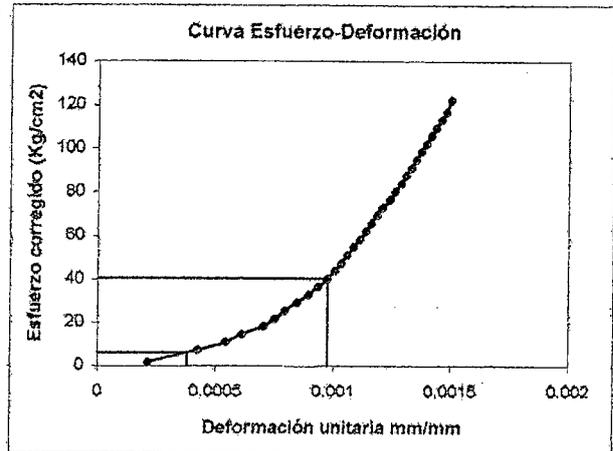
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES

CÓDIGO : A1

DIMENSIONES PROMEDIO

BASE W : 12 cm FECHA ELABORACIÓN : 15 / 12 / 04
 BASE L : 24.1 cm FECHA ROTURA : 14 / 01 / 05
 ALTURA : 33.5 cm

CARGA Kg	DEF.TOTAL mm	ESFUERZO Kg/cm ²	DEF. UNIT. mm/mm
500	0.07128	1.83	0.000213
2000	0.14256	7.31	0.000426
3000	0.181764	10.97	0.000543
4000	0.20493	14.63	0.000612
5000	0.235224	18.28	0.000702
6000	0.251262	21.94	0.00075
7000	0.265518	26.6	0.000793
8000	0.283338	29.25	0.000846
9000	0.299376	32.91	0.000894
10000	0.313632	36.57	0.000936
11000	0.326106	40.22	0.000973
12000	0.336798	43.88	0.001005
13000	0.345708	47.54	0.001032
14000	0.354618	51.19	0.001059
15000	0.363528	54.85	0.001085
16000	0.372438	58.51	0.001112
17000	0.381348	62.16	0.001138
18000	0.388476	65.82	0.00116
19000	0.397386	69.48	0.001186
20000	0.404514	73.13	0.001208
21000	0.415206	76.79	0.001239
22000	0.422334	80.45	0.001261
23000	0.431244	84.1	0.001287
24000	0.438372	87.76	0.001309
25000	0.4455	91.42	0.00133
26000	0.452628	95.07	0.001351
27000	0.459756	98.73	0.001372
28000	0.466884	102.39	0.001394
29000	0.474012	106.04	0.001415
30000	0.48114	109.7	0.001436
31000	0.488268	113.36	0.001458
32000	0.495396	117.01	0.001479
33500	0.502524	122.5	0.0015



RELACIÓN $h_p / t_p = 2.792$
 FACTOR DE CORRECCIÓN = 1.058
 CARGA MÁXIMA = 33500 Kg
 ESFUERZO A COMPRESIÓN $f'_m = 122.5 \text{ Kg/cm}^2$
 DIF. ESFUERZO = 34,2993 Kg/cm²
 DIF. DEFORMACIÓN = 0.000596 mm/mm
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 57573 Kg/cm²

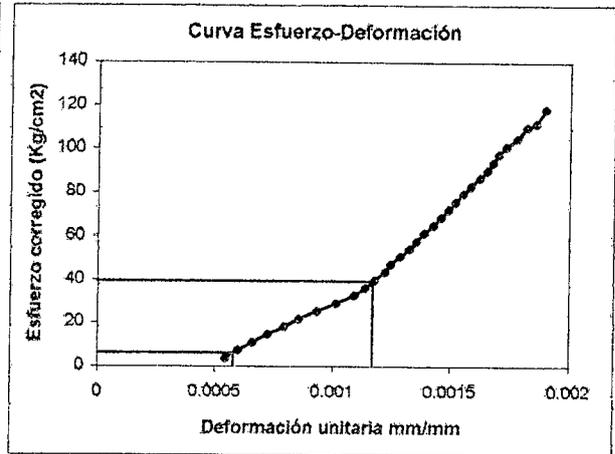
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES

CÓDIGO : A2

DIMENSIONES PROMEDIO

BASE W : 12.1 cm FECHA ELABORACIÓN : 15 / 12 / 04
 BASE L : 24.1 cm FECHA ROTURA : 14 / 01 / 05
 ALTURA : 33 cm

CARGA Kg	DEF.TOTAL mm	ESFUERZO Kg/cm ²	DEF. UNIT. mm/mm
1000	0.18018	3.61	0.000546
2000	0.198198	7.23	0.000601
3000	0.21879	10.84	0.000663
4000	0.239382	14.45	0.000725
5000	0.262548	18.07	0.000796
6000	0.28314	21.68	0.000858
7000	0.30888	25.29	0.000936
8000	0.33482	28.91	0.001014
9000	0.36036	32.52	0.001092
10000	0.375804	36.13	0.001139
11000	0.388674	39.74	0.001178
12000	0.404118	43.36	0.001225
13000	0.41184	46.97	0.001248
14000	0.42471	50.58	0.001287
15000	0.43758	54.2	0.001326
16000	0.447876	57.81	0.001367
17000	0.458172	61.42	0.001388
18000	0.471042	65.04	0.001427
19000	0.481338	68.65	0.001459
20000	0.491634	72.26	0.00149
21000	0.50193	75.88	0.001521
22000	0.512226	79.49	0.001552
23000	0.522522	83.1	0.001583
24000	0.535392	86.72	0.001622
25000	0.545688	90.33	0.001654
26000	0.55341	93.94	0.001677
27000	0.561132	97.56	0.0017
28000	0.571428	101.17	0.001732
29000	0.586872	104.78	0.001778
30450	0.599742	110.02	0.001817
31000	0.612612	112.01	0.001856
32800	0.625482	118.51	0.001895



RELACIÓN $h_p / t_p = 2.727$
 FACTOR DE CORRECCIÓN = 1.054
 CARGA MÁXIMA = 32800 Kg
 ESFUERZO A COMPRESIÓN $f'_m = 118.51 \text{ Kg/cm}^2$
 DIF. ESFUERZO = 33.1833 Kg/cm²
 DIF. DEFORMACIÓN = 0.00059 mm/mm
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 56244 Kg/cm²

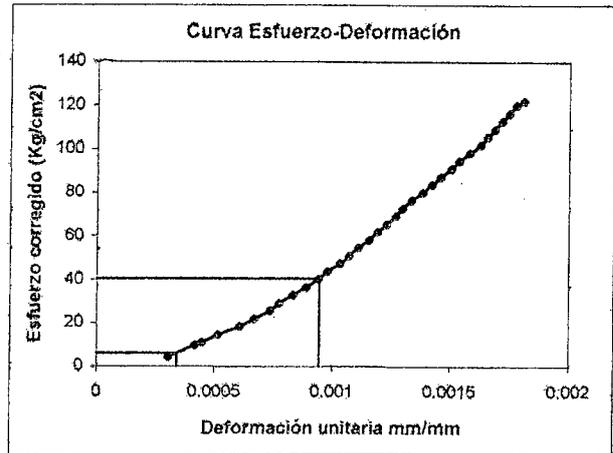
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES

CÓDIGO: A3

DIMENSIONES PROMEDIO

BASE W: 12 cm FECHA ELABORACIÓN: 15 / 12 / 04
 BASE L: 24.1 cm FECHA ROTURA: 14 / 01 / 05
 ALTURA: 32.5 cm

CARGA Kg	DEF.TOTAL mm	ESFUERZO Kg/cm ²	DEF. UNIT. mm/mm
1200	0.0988	4.37	0.000304
2700	0.13585	9.83	0.000418
3000	0.14573	10.92	0.000448
4000	0.16796	14.56	0.000517
5000	0.1976	18.2	0.000608
6000	0.21736	21.84	0.000669
7000	0.23959	25.48	0.000737
8000	0.26194	29.11	0.000775
9000	0.2717	32.75	0.000836
10000	0.28899	36.39	0.000889
11000	0.30628	40.03	0.000942
12000	0.31863	43.67	0.00098
13000	0.33592	47.31	0.001034
14000	0.34827	50.95	0.001072
15000	0.36062	54.59	0.00111
16000	0.37544	58.23	0.001155
17000	0.38779	61.87	0.001193
18000	0.40014	65.51	0.001231
19000	0.41249	69.15	0.001269
20000	0.42237	72.79	0.0013
21000	0.43472	76.43	0.001338
22000	0.44954	80.07	0.001383
23000	0.46189	83.71	0.001421
24000	0.47424	87.34	0.001459
25000	0.48906	90.98	0.001505
26000	0.49894	94.62	0.001535
27000	0.51376	98.26	0.001581
28000	0.52858	101.9	0.001626
29000	0.53846	105.54	0.001657
30000	0.54834	109.18	0.001687
31000	0.55822	112.82	0.001718
32000	0.5681	116.46	0.001748
33000	0.57798	120.1	0.001778
33600	0.58786	122.28	0.001809



RELACIÓN $h_p / t_p = 2.708$
 FACTOR DE CORRECCIÓN = 1.052
 CARGA MÁXIMA = 33600 Kg
 ESFUERZO A COMPRESIÓN $f'_m = 122.28 \text{ Kg/cm}^2$
 DIF. ESFUERZO = 34.239 Kg/cm²
 DIF. DEFORMACIÓN = 0.000605 mm/mm
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 56569 Kg/cm²

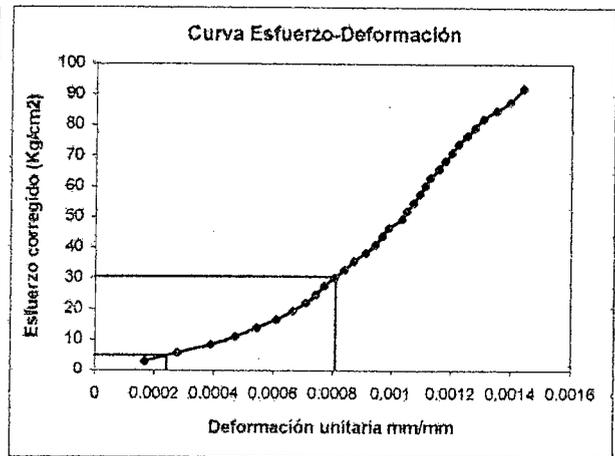
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES

CÓDIGO : B1

DIMENSIONES PROMEDIO

BASE W : 14.6 cm FECHA ELABORACIÓN : 15 / 12 / 04
 BASE L : 24 cm FECHA ROTURA : 14 / 01 / 05
 ALTURA : 27 cm

CARGA Kg	DEF.TOTAL mm	ESFUERZO. Kg/cm ²	DEF. UNIT. mm/mm
1000	0.045	2.73	0.000167
2000	0.075	5.47	0.000278
3000	0.105	8.2	0.000389
4000	0.1275	10.93	0.000472
5000	0.147	13.67	0.000544
6000	0.165	16.4	0.000611
7000	0.18	19.13	0.000667
8000	0.192	21.87	0.000711
9000	0.201	24.6	0.000744
10000	0.2085	27.33	0.000772
11000	0.2175	30.07	0.000806
12000	0.2265	32.8	0.000839
13000	0.2355	35.54	0.000872
14000	0.246	38.27	0.000911
15000	0.255	41	0.000944
16000	0.261	43.74	0.000967
17000	0.267	46.47	0.000989
18000	0.279	49.2	0.001033
19000	0.2835	51.94	0.00105
20000	0.2895	54.67	0.001072
21000	0.2955	57.4	0.001094
22000	0.3	60.14	0.001111
23000	0.3045	62.87	0.001128
24000	0.312	65.6	0.001156
25000	0.318	68.34	0.001178
26000	0.324	71.07	0.0012
27000	0.33	73.8	0.001222
28000	0.3375	76.54	0.00125
29000	0.345	79.27	0.001278
30000	0.3525	82	0.001306
31000	0.3645	84.74	0.00135
32000	0.3765	87.47	0.001394
33650	0.3885	91.98	0.001439



RELACIÓN $h_p / t_p \approx 1.85$
 FACTOR DE CORRECCIÓN = 0.96
 CARGA MÁXIMA = 33650 Kg
 ESFUERZO A COMPRESIÓN $f'_m = 91.98 \text{ Kg/cm}^2$
 DIF. ESFUERZO = 25.754763 Kg/cm^2
 DIF. DEFORMACIÓN = 0.000567 mm/mm
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 45460 Kg/cm^2

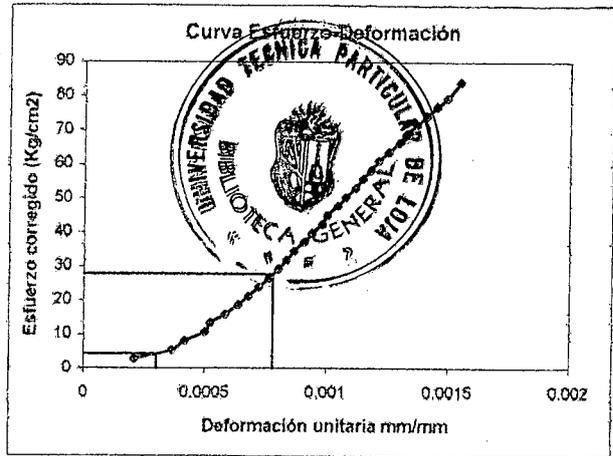
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES

CÓDIGO : B2

DIMENSIONES PROMEDIO

BASE W : 14.7 cm FECHA ELABORACIÓN : 15 / 12 / 04
 BASE L : 24.4 cm FECHA ROTURA : 14 / 01 / 05
 ALTURA : 26.8 cm

CARGA Kg	DEF.TOTAL mm	ESFUERZO. Kg/cm2	DEF. UNIT. mm/mm
1000	0.056	2.65	0.000209
2000	0.098	5.3	0.000366
3000	0.112	7.95	0.000418
4000	0.1344	10.6	0.000501
5000	0.14	13.25	0.000522
6000	0.1568	15.9	0.000585
7000	0.1708	18.55	0.000637
8000	0.182	21.2	0.000679
9000	0.1932	23.85	0.000721
10000	0.2044	26.5	0.000763
11000	0.2156	29.15	0.000804
12000	0.224	31.8	0.000836
13000	0.2324	34.45	0.000867
14000	0.2436	37.1	0.000909
15000	0.252	39.75	0.00094
16000	0.2632	42.4	0.000982
17000	0.2688	45.05	0.001003
18000	0.28	47.7	0.001045
19000	0.2884	50.35	0.001076
20000	0.2996	53	0.001118
21000	0.308	55.65	0.001149
22000	0.3164	58.3	0.001181
23000	0.3248	60.95	0.001212
24000	0.336	63.6	0.001254
25000	0.3472	66.25	0.001296
26000	0.3556	68.9	0.001327
27000	0.3668	71.55	0.001369
28000	0.378	74.2	0.00141
29000	0.3892	76.85	0.001452
30000	0.4004	79.5	0.001494
31700	0.4144	84	0.001546



RELACIÓN $h_p / t_p = 1.82$
 FACTOR DE CORRECCIÓN = 0.95
 CARGA MÁXIMA = 31700 Kg
 ESFUERZO A COMPRESIÓN $f_m = 84 \text{ Kg/cm}^2$
 DIF. ESFUERZO = 23.520761 Kg/cm²
 DIF. DEFORMACIÓN = 0.000481 mm/mm
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 48867 Kg/cm²

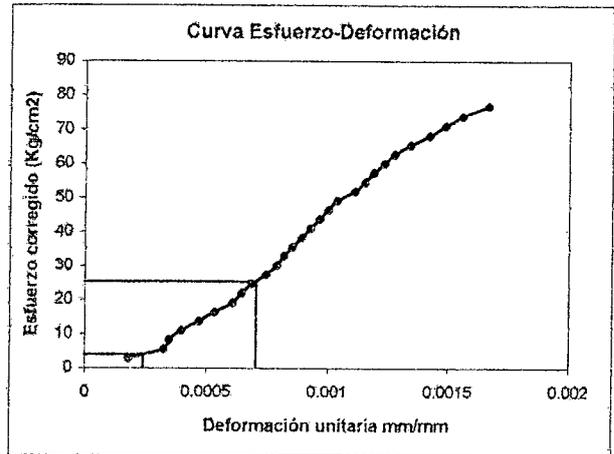
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES

CÓDIGO : B3

DIMENSIONES PROMEDIO

BASE W : 14.6 cm FECHA ELABORACIÓN : 15 / 12 / 04
 BASE L : 24.3 cm FECHA ROTURA : 14 / 01 / 05
 ALTURA : 27.6 cm

CARGA Kg	DEF.TOTAL mm	ESFUERZO. Kg/cm ²	DEF. UNIT. mm/mm
1000	0.05	2.73	0.000181
2000	0.09	5.46	0.000326
3000	0.096	8.2	0.000348
4000	0.11	10.93	0.000399
5000	0.13	13.66	0.000471
6000	0.148	16.39	0.000536
7000	0.168	19.13	0.000609
8000	0.178	21.86	0.000645
9000	0.19	24.59	0.000688
10000	0.206	27.32	0.000746
11000	0.218	30.05	0.00079
12000	0.226	32.79	0.000819
13000	0.236	35.52	0.000855
14000	0.246	38.25	0.000891
15000	0.256	40.98	0.000928
16000	0.266	43.71	0.000964
17000	0.276	46.45	0.001
18000	0.286	49.18	0.001036
19000	0.306	51.91	0.001109
20000	0.318	54.64	0.001152
21000	0.328	57.38	0.001188
22000	0.34	60.11	0.001232
23000	0.352	62.84	0.001275
24000	0.37	65.57	0.001341
25000	0.392	68.3	0.00142
26000	0.41	71.04	0.001486
27000	0.43	73.77	0.001558
28150	0.46	76.91	0.001667



RELACIÓN $h_p / t_p = 1.89$
 FACTOR DE CORRECCIÓN = 0.97
 CARGA MÁXIMA = 28150 Kg
 ESFUERZO A COMPRESIÓN $f'_m = 76.91 \text{ Kg/cm}^2$
 DIF. ESFUERZO = 21.534871 Kg/cm²
 DIF. DEFORMACIÓN = 0.000465 mm/mm
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 46314 Kg/cm²



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

DETERMINACION DE LOS MATERIALES MAS FINOS QUE 75 MICRAS EN LOS
ARIDOS PARA HORMIGON

IDENTIFICACION DEL MATERIAL

Muestra: Arena de río	Norma: INEN 697
Procedencia: Catamayo	Fecha: 03-May-04
Sector: Río Boquerón	Informe:
Solicitado:	Realizado: Tesistas

REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS

Ensayo número	1	2	3
Masa de la muestra de ensayo en gr: A	145.90	174.98	
Masa de la muestra lavada y seca en gr: B	138.97	168.95	
Porcentaje de material fino < 75 micras	4.75	4.58	

Porcentaje de material fino < 75 micras: $P = 100 \times (A - B) / A$	Material Fino < 75 micras Valor Promedio 4.66%
---	---

Requisito de materiales más finos que 75 micrones en la Arena: Máximo Porcentaje 5 %

Observaciones: Las muestras y los datos de referencia fueron proporcionados por el interesado.

Victor F. Armijos Cuenca
ÁREA DE MATERIALES Y MINERALES

Santiago Ochoa Cueva
Egresado Ing. Civil



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG

DETERMINACION DE LOS MATERIALES MAS FINOS QUE 75 MICRAS EN LOS
ARIDOS PARA HORMIGON

IDENTIFICACION DEL MATERIAL

Muestra: Arena de mina	Norma: INEN 697
Procedencia: Catamayo	Fecha: 03-May-04
Sector: Los Tejarés	Informe:
Solicitado:	Realizado: Tesistas

REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS

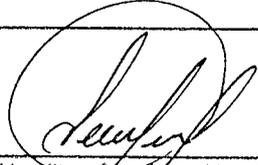
Ensayo número	1	2	3
Masa de la muestra de ensayo en gr: A	157.68	147.20	
Masa de la muestra lavada y seca en gr: B	116.70	109.65	
Porcentaje de material fino < 75 micras	25.99	25.51	

Porcentaje de material fino < 75 micras: $P = 100 \times (A - B) / A$	Material Fino < 75 micras Valor Promedio 25.75%
---	--

Requisito de materiales más finos que 75 micrones en la Arena: Máximo Porcentaje 5 %

Observaciones: Las muestras y los datos de referencia fueron proporcionados por el interesado.


Victor F. Armijos Cuenca.
ÁREA DE MATERIALES Y MINERALES


Hamilton Santorum Merchán
Egresado Ing. Civil



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL Y GEO-MINERA
LABORATORIOS UCG**

ÁRIDO FINO PARA HORMIGÓN

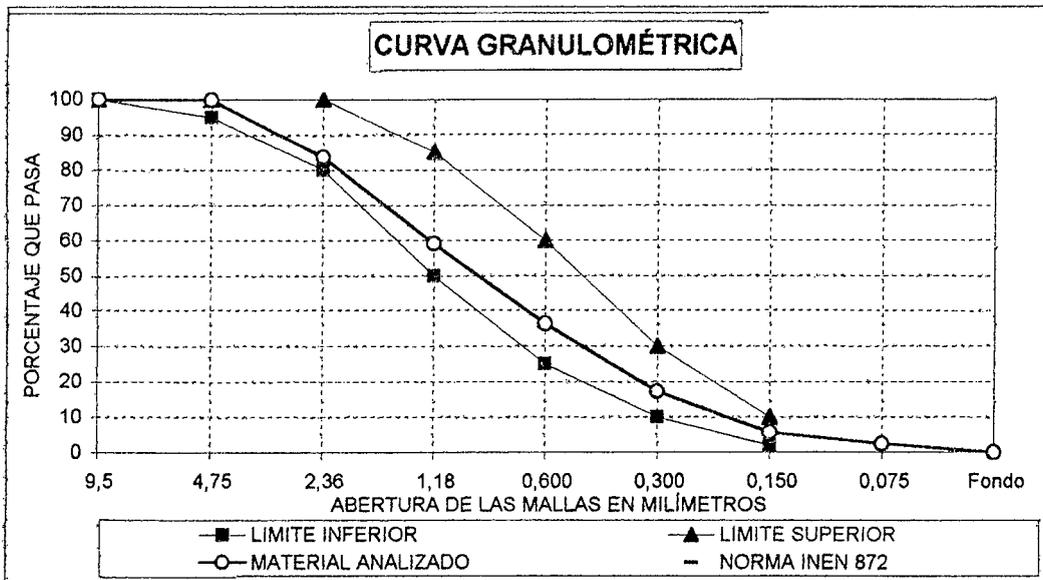
DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA

Solicitante: Tesis INFORME:

MUESTRA	ENSAYO
Tipo de árido: Natural	Norma: INEN 696
Procedencia: Loja	Fecha: 13-Dic-04
Sector: Nangora	Realizado: Tesisistas

Tamiz mm	RETENIDO			PASA %	REQUISITO % PASA	
	PESO (gr)	%	Acumulado		Lim. Inf.	Lim. Sup.
9,5	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
4,75	1.25	0.19	0.19	99.81	95	100
2,36	104.27	16.17	16.37	83.63	80	100
1,18	158.61	24.60	40.97	59.03	50	85
0,600	145.69	22.60	63.57	36.43	25	60
0,300	124.26	19.27	82.84	17.16	10	30
0,150	74.82	11.61	94.44	5.56	2	10
0,075	20.58	3.19	97.64	2.36		
Fondo	15.24	2.36	100.00	0.00		
Total	644.72	100.00				

Masa Muestra de Ensayo: 645.00 gramos	Módulo de finura: $M_f = 2.98$
Requisito de Gradación de la Arena para hormigón	Módulo de Finura: 2,3 a 3,1



Observaciones: Las muestras, los datos de referencia y la identificación fueron proporcionados por el interesado.

Víctor F. Armijos Cuenca
 ÁREA DE MATERIALES Y MINERALES

Santiago Ochoa - Hamilton Santórum
 TESISISTAS



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERIA CIVIL Y GEO MINERA
ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR

PROYECTO : TESIS			
OBRA:			
LOCALZ.:	Catamayo - "Los Tejares"	MUESTRA :	1
FECHA:	13-09-04	OPERADOR:	SO - HS
		PROFUND.:	(

NORMA ENSAYO:	T-180		
GOLPES/CAPA:	56		
No. DE CAPAS:	5		
PESO MARTILLO:	4.5	Kg.	
ALT. DE CAIDA:	46.0	cm.	

DATOS DEL MOLDE	
DIAMETRO:	15.2 cm.
ALTURA:	12.0 cm
VOLUMEN :	2,178 cm ³
PESO :	2,811 gramos

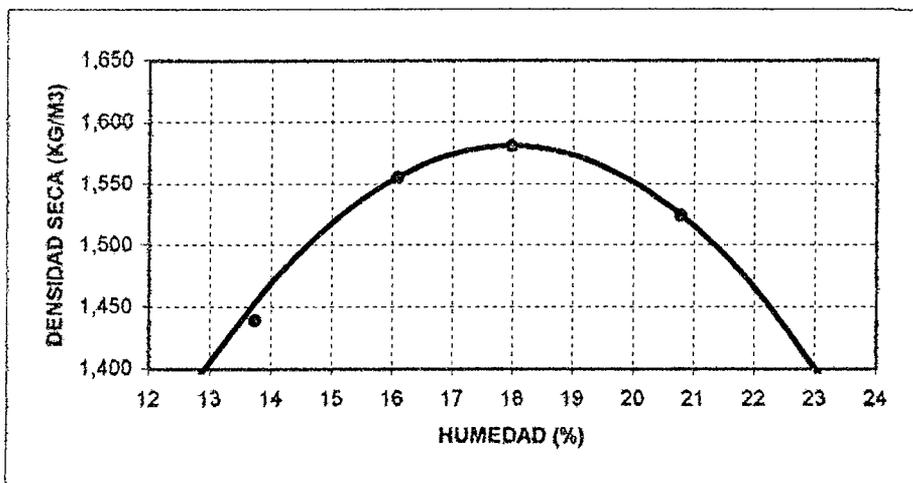
DATOS PARA LA CURVA:

PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	6,375	6,742	6,870	6,820
Peso suelo:	3,564	3,931	4,059	4,009
Dens. Hum :	1,637	1,805	1,864	1,841

CONTENIDOS DE HUMEDAD:

W. hum.:	89.28	85.09	104.27	99.42	101.25	94.98	91.94	88.05
W. seco:	80.65	76.69	92.45	88.22	89.10	83.41	79.02	76.32
W. caps:	19.16	14.20	19.21	18.35	23.00	17.50	19.15	17.61
w (%) :	14.03	13.44	16.14	16.03	18.38	17.55	21.58	19.98
promedio	13.74		16.08		17.97		20.78	
Dens. Seca:	1,439		1,555		1,580		1,524	

RESULTADOS: **DENSIDAD SECA MAXIMA =** **1,580 Kg/m3**
CONT. DE AGUA OPTIMO = **17.97 %**



[Signature]
 Ing. Alonso Zuñiga S.

**RESPONSABLE DEL ÁREA DE
 GEOTÉCNIA**

[Signature]

Ing. Angel Tapia CH.
TÉCNICO LABORATORISTA