

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-  
MECÁNICAS DE LA ALBAÑILERÍA PRODUCIDA  
ARTESANALMENTE EN LOS CENTROS POBLADOS DE  
MANZANAMAYO Y SAN JOSÉ DEL DISTRITO DE BAÑOS  
DEL INCA - CAJAMARCA "**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**CARLOS TAPIA CABRERA**

**ASESOR:**

**Dr. Ing. MIGUEL A. MOSQUEIRA MORENO**

**CAJAMARCA - PERÚ**

**2015**

Dedicado a mi padre, hermanos, amigos  
y en especial a Dios y a mi Madre fuente  
de inspiración para realizar este trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE CAJAMARCA** Que a través de sus docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil, logré los conocimientos necesarios para brindar un servicio profesional a la comunidad Cajamarquina y peruana.

### **AL ASESOR**

**Dr. Ing. MIGUEL A. MOSQUEIRA MORENO** Por su paciencia y sabios consejos para poder encaminar positivamente este trabajo de investigación.

A todos los profesionales y docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que de alguna u otra manera aportaron con su conocimiento y experiencia para realizar este proyecto.

# ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>xi</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
<b>II.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>20</b>
II.1.1 Internacionales .....	20
II.1.2 Nacionales.....	24
II.1.3 Locales .....	28
<b>II.2 MARCO NORMATIVO PERUANO</b> .....	<b>29</b>
II.2.1 Norma Técnica Peruana.....	29
II.2.2 Norma Técnica Peruana E-070 .....	30
II.2.3 Norma Técnica Peruana E-030 .....	30
<b>II.3 BASES TEÓRICAS</b> .....	<b>30</b>
II.3.1 Evolución Del Ladrillo A Través De La Historia .....	30
II.3.2 Propiedades Y Características De La Albañilería En El Perú .....	33
II.3.3 Clasificación De Las Unidades De Albañilería.....	34
A. Por Su Dimensión .....	34
B. Por Su Materia Prima Y Fabricación .....	35
C. Por Sus Alveolos.....	35
II.3.4 Propiedades de las Unidades de Albañilería .....	36
A. Propiedades Físicas.....	36
B. Propiedades Mecánicas .....	37
C. Resumen.....	39
II.3.5 Tipos De Albañilería Y Especificaciones Reglamentarias: .....	39
A. Clasificación por la Función Estructural .....	40

B.	Clasificación por la Distribución del Refuerzo .....	42
II.3.6	Las Unidades De Albañilería (Los Ladrillos).....	53
A.	Materia Prima Para La Elaboración Del Ladrillo.....	53
B.	Tipología Y Clasificación De Las Unidades de Albañilería.....	62
C.	Limitaciones En La Aplicación Estructural De Tipos De Ladrillo .....	64
D.	Unidades de Arcilla .....	65
E.	Unidades Sílico-Calcáreas .....	68
F.	Unidades de concreto .....	69
G.	Clasificación De Los Ladrillos Para Fines Estructurales .....	70
H.	Limitaciones en su aplicación.....	71
I.	Mortero, Características, Clasificación Y Especificaciones .....	72
J.	Acero de refuerzo.....	76
K.	Concreto.....	76
II.3.7	Propiedades De La Albañilería Simple .....	76
A.	Modelaje, Especímenes Y Ensayos .....	76
B.	Naturaleza De La Albañilería Y Criterios De Falla .....	77
<b>II.4</b>	<b>DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....</b>	<b>84</b>
<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODO.....</b>		<b>86</b>
<b>III.1</b>	<b>MATERIALES Y EQUIPOS .....</b>	<b>86</b>
III.1.1	Materiales .....	86
III.1.2	Equipos.....	86
<b>III.2</b>	<b>MÉTODO .....</b>	<b>87</b>
III.2.1	Metodología De La Investigación.....	87
A.	Localización .....	87
B.	Periodo de la investigación .....	87
C.	Variables .....	87
III.2.2	Procedimientos De La Investigación.....	89
A.	Ensayo de la granulometría de la arena gruesa.....	89
B.	Ensayos Clasificatorios Del Ladrillo .....	91
C.	Ensayos No Clasificatorios Del Ladrillo.....	95
D.	Prismas De Albañilería.....	97
E.	Diseño Analítico Del Mortero.....	105

<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>106</b>
IV.1 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA UTILIZADAS.	106
IV.2 ENSAYOS CLASIFICATORIOS.....	107
IV.3 ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS .....	111
IV.4 NATURALEZA DE LA ALBAÑILERIA Y CRITERIOS DE FALLA .....	113
IV.5 CONTRASTE DE HIPÓTESIS.....	119
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>120</b>
V.1 CONCLUSIONES.....	120
V.2 RECOMENDACIONES .....	122
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO 1.0. ENSAYOS CLASIFICATORIOS.....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO 2.0. ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS .....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXO 3.0. DISEÑO ANALITICO DEL MORTERO .....</b>	<b>130</b>
<b>ANEXO 4.0. NATURALEZA DE LA ALBAÑILERIA Y CRITERIOS DE FALLA</b> .....	<b>138</b>
<b>ANEXO 5.0. PANEL FOTOGRÁFICO .....</b>	<b>142</b>
<b>ANEXO 6.0. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LADRILLO INDUSTRIAL Y</b> <b>CEMENTO .....</b>	<b>147</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TÍTULO</b>	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.</b> Tipos de ensayos en unidades de albañilería .....	39
<b>Tabla 2.</b> Propietarios y ubicación de fábricas de ladrillo.....	59
<b>Tabla 3.</b> Número de Especímenes para cada ensayo.....	61
<b>Tabla 4.</b> Métodos para determinar f'm y v'm.....	61
<b>Tabla 5.</b> Limitaciones de aplicación estructural de los tipos de ladrillo.....	64
<b>Tabla 6.</b> Características del ladrillo para fines estructurales .....	71
<b>Tabla 7.</b> Limitaciones en el uso del ladrillo para fines estructurales .....	72
<b>Tabla 8.</b> Granulometría de la arena para mortero .....	73
<b>Tabla 9.</b> Tipos de Mortero, NTP E-070.....	75
<b>Tabla 10.</b> Tipos de Mortero, ASTM C-270.....	75
<b>Tabla 11.</b> Factores de corrección de f'm por esbeltez .....	80
<b>Tabla 12.</b> Especificaciones técnicas para el ladrillo artesanal del C.P. San José. ....	106
<b>Tabla 13.</b> Especificaciones técnicas para el ladrillo artesanal del C.P. Manzanamayo. ....	106
<b>Tabla 14.</b> Resultados variación dimensional (V%), ladrillos del C.P. San José – Baños del inca. ....	107
<b>Tabla 15.</b> Resultados variación dimensional (V%), ladrillos del C.P. Manzanamayo – Baños del inca.....	107
<b>Tabla 16.</b> Resultados alabeo, ladrillo del C.P. de San José – Baños del Inca .....	108
<b>Tabla 17.</b> Resultados alabeo, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca .....	109
<b>Tabla 18.</b> Resultados compresión simple, ladrillo del C.P. de San José – Baños del Inca .....	109
<b>Tabla 19.</b> Resultados compresión simple, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca .....	110
<b>Tabla 20.</b> Resultados succión, ladrillo del C.P. de San José – Baños del Inca .....	111
<b>Tabla 21.</b> Resultados succión, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca .....	111

<b>Tabla 22.</b> Resultados absorción, ladrillo del C.P. de San José – Baños del Inca .....	112
<b>Tabla 23.</b> Resultados absorción, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca .....	112
<b>Tabla 24.</b> Resultados compresión axial en pilas, ladrillo del C.P. de San José – Baños del Inca .....	113
<b>Tabla 25.</b> Resultados compresión axial en pilas, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca.....	113
<b>Tabla 26.</b> Resultados módulo de elasticidad en pilas, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca.....	114
<b>Tabla 27.</b> Resultados módulo de elasticidad en pilas, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca.....	114
<b>Tabla 28.</b> Resultados peso volumétrico en muros, ladrillo del C.P. de San José – Baños del Inca.....	116
<b>Tabla 29.</b> Resultados peso volumétrico en muros, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca.....	116
<b>Tabla 30.</b> Resultados compresión diagonal en muros, ladrillo del C.P. de San José – Baños del Inca.....	117
<b>Tabla 31.</b> Resultados compresión diagonal en muros, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca.....	117
<b>Tabla 32.</b> Proporciones para la elaboración del mortero.....	118
<b>Tabla 33.</b> Resistencia característica en probetas de mortero.....	118
<b>Tabla 34.</b> Ensayo de variación dimensional del ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca. ....	125
<b>Tabla 35.</b> Ensayo de variación dimensional del ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca.....	125
<b>Tabla 36.</b> Ensayo de alabeo del ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca.....	126
<b>Tabla 37.</b> Ensayo de alabeo del ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca. ....	126
<b>Tabla 38.</b> Ensayo de compresión simple del ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca. ....	127
<b>Tabla 39.</b> Ensayo de compresión simple del ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca.....	127

<b>Tabla 40.</b> Ensayo de succión del ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca. ....	128
<b>Tabla 41.</b> Ensayo de succión del ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca. ....	128
<b>Tabla 42.</b> Ensayo de absorción del ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca. ....	129
<b>Tabla 43.</b> Ensayo de absorción del ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca. ....	129
<b>Tabla 44.</b> Análisis granulométrico del agregado fino (arena gruesa), de la cantera “El Gavilán”: <b>Ensayo N° 01</b> .....	130
<b>Tabla 45.</b> Análisis granulométrico del agregado fino (arena gruesa), de la cantera “El Gavilán”: <b>Ensayo N° 02</b> .....	131
<b>Tabla 46.</b> Análisis granulométrico del agregado fino (arena gruesa), de la cantera “El Gavilán”: <b>Ensayo N° 03</b> .....	132
<b>Tabla 47.</b> Módulo de fineza. ....	133
<b>Tabla 48.</b> Peso específico y absorción. ....	133
<b>Tabla 49.</b> Contenido de humedad. ....	133
<b>Tabla 50.</b> Peso unitario suelto seco. ....	134
<b>Tabla 51.</b> Peso unitario seco compactado.....	134
<b>Tabla 52.</b> Porcentaje que pasa la malla N° 200 .....	134
<b>Tabla 53.</b> Ensayo de compresión axial del mortero usado en la construcción de pilas y muretes.....	137
<b>Tabla 54.</b> Ensayo a la resistencia de compresión axial en pilas de ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca. ....	138
<b>Tabla 55.</b> Ensayo a la resistencia de compresión axial en pilas de ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca.....	138
<b>Tabla 56.</b> Cálculo del módulo de elasticidad del ensayo de pilas de ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca.....	139
<b>Tabla 57.</b> Cálculo del módulo de elasticidad del ensayo de pilas de ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca. ....	140
<b>Tabla 58.</b> Peso volumétrico de muretes de ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca. ....	141
<b>Tabla 59.</b> Peso volumétrico de muretes de ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca. ....	141

<b>Tabla 60.</b> Ensayo a la resistencia de corte en muretes de ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca. ....	141
<b>Tabla 61.</b> Ensayo a la resistencia de corte en muretes de ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca. ....	141

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TÍTULO	Página
<b>Ilustración 1.</b> Albañilería confinada, ciudad de Cajamarca.....	xix
<b>Ilustración 2.</b> Construcciones de adobe, Cajamarca 2015.....	32
<b>Ilustración 3.</b> Modelaje de Tabiques de Albañilería.....	42
<b>Ilustración 4.</b> Tabiquería de ladrillo con huecos .....	42
<b>Ilustración 5.</b> Fuerza cortante admisible "Va".....	43
<b>Ilustración 6.</b> Espesor Efectivo de un muro: "t" .....	44
<b>Ilustración 7.</b> Bloques de concreto de 20x20x40.....	45
<b>Ilustración 8.</b> Muro con refuerzo horizontal y vertical .....	46
<b>Ilustración 9.</b> Sección transversal de un muro laminar.....	47
<b>Ilustración 10.</b> Construcciones de albañilería confinada .....	48
<b>Ilustración 11.</b> Requisitos mínimos en muros confinados .....	49
<b>Ilustración 12.</b> Detalle del anclaje del refuerzo horizontal .....	51
<b>Ilustración 13.</b> Disposición mínima de estribos .....	51
<b>Ilustración 14.</b> Refuerzo horizontal mínimo en un muro.....	52
<b>Ilustración 15.</b> Usos actuales de la zona.....	54
<b>Ilustración 16.</b> Hornos al costado de la cantera de San José .....	55
<b>Ilustración 17.</b> Composición del suelo en la zona .....	56
<b>Ilustración 18.</b> Cantera San José .....	56
<b>Ilustración 19.</b> Amasado de la arcilla, San José.....	57
<b>Ilustración 20.</b> Moldeo de ladrillo, en Manzanamayo .....	58
<b>Ilustración 21.</b> Desmenuzado de la arcilla, San José.....	58
<b>Ilustración 22.</b> Ladrillo sólida o maciza.....	62
<b>Ilustración 23.</b> Ladrillo hueco .....	63
<b>Ilustración 24.</b> Ladrillo tubular .....	63
<b>Ilustración 25.</b> Ladrillo en horno artesanal, San José. ....	65
<b>Ilustración 26.</b> Diagrama de fabricación del ladrillo.....	67
<b>Ilustración 27.</b> Moldeo y secado de ladrillos Manzanamayo .....	68
<b>Ilustración 28.</b> Unidades sílico – calcáreas .....	69
<b>Ilustración 29.</b> Ladrillos de concreto.....	70
<b>Ilustración 30.</b> Ensayos a compresión de pilas .....	78
<b>Ilustración 31.</b> Esfuerzo en el ladrillo y mortero .....	80

<b>Ilustración 32.</b> Similitud de la falla entre ensayo de corte y un sismo .....	81
<b>Ilustración 33.</b> Esquema de deformación del espécimen (murete) .....	83
<b>Ilustración 34.</b> Juego de tamices utilizados.....	86
<b>Ilustración 35.</b> Cantera el “Gavilán”, Cajamarca .....	89
<b>Ilustración 36.</b> Análisis Granulométrico.....	90
<b>Ilustración 37.</b> Peso unitario suelto. ....	90
<b>Ilustración 38.</b> Muestras en laboratorio de ensayo de materiales. ....	91
<b>Ilustración 39.</b> Codificación de muestras.....	91
<b>Ilustración 40.</b> Instrumentos de ensayo.....	92
<b>Ilustración 41.</b> Ladrillo en proceso de secado.....	92
<b>Ilustración 42.</b> Materiales y método, alabeo.....	93
<b>Ilustración 43.</b> Preparación de las muestras .....	94
<b>Ilustración 44.</b> Máquina y muestras de ensayo.....	95
<b>Ilustración 45.</b> Ensayo de Succión.....	95
<b>Ilustración 46.</b> Ensayo de Absorción.....	96
<b>Ilustración 47.</b> Prismas de Albañilería.....	97
<b>Ilustración 48.</b> Control de verticalidad.....	98
<b>Ilustración 49.</b> Nivelado con Yeso.....	98
<b>Ilustración 50.</b> Montaje de pilas para ensayo.....	99
<b>Ilustración 51.</b> Deflectómetro en ensayo.....	100
<b>Ilustración 52.</b> Capa de yeso en esquinas opuestas.....	102
<b>Ilustración 53.</b> Asesor y asesorado en ensayo, comprensión diagonal..	103
<b>Ilustración 54.</b> Falla característica en comprensión diagonal.....	104
<b>Ilustración 55.</b> Testigos de mortero utilizado.....	105
<b>Ilustración 56.</b> Ensayo a compresión del mortero.....	105
<b>Ilustración 57.</b> Ensayo de compresión diagonal en muretes.....	142
<b>Ilustración 58.</b> Asesor, asesorado y técnico del laboratorio de ensayo de materiales.....	142
<b>Ilustración 59.</b> Midiendo el aire atrapado en el mortero de concreto.....	143
<b>Ilustración 60.</b> Ensayo a compresión axial en pilas.....	143
<b>Ilustración 61.</b> Probetas de mortero de concreto dispuestas para ensayo. .....	144
<b>Ilustración 62.</b> Ensayo de compresión axial de probetas de mortero de concreto.....	144

<b>Ilustración 63.</b> Ensayo de absorción, muestras del C.P. San José .....	144
<b>Ilustración 64.</b> Ensayos de succión.....	145
<b>Ilustración 65.</b> Ensayo de peso específico y absorción agregado de cerro. .....	145
<b>Ilustración 66.</b> Secado de los ladrillos en horno, C.P. San José. ....	145
<b>Ilustración 67.</b> Dirección de ruta hacia los C.P. en estudio. ....	146
<b>Ilustración 68.</b> Canteras San José. ....	146

## RESUMEN

Desde fines de la última década del ciclo XX el Perú vive un sostenido crecimiento de la industria de la construcción, impulsado sobre todo por el aumento de los ingresos económicos en los hogares, las mayores inversiones públicas y privadas, así mismo también por la mejora de las condiciones de financiamiento para la adquisición de viviendas públicas. Se trata sin duda de un duradero crecimiento en el sector inmobiliario. El objetivo de la investigación es la clasificación de los ladrillos producidos artesanalmente en las zonas de Manzanamayo y San José del distrito de los Baños del Inca, además del análisis de sus propiedades físicas y mecánicas en cada una de las unidades de albañilería y su comportamiento de estas. La metodología ésta enmarcada dentro de la normatividad vigente en albañilería como lo son las normas técnicas nacionales **NTP 331.019, NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 399.604, NTP 399.613, NTP 399.621**; normas encargadas de la selección de muestras, ensayos de especímenes y clasificación según el tipo de unidad de albañilería destinada para fines estructurales, además de la Norma Técnica **E-070** que profesa los requisitos y exigencias mínimas para el diseño, análisis e inspección de construcción de albañilería confinada y muros amarrados. Los resultados se muestran en función a esfuerzos a compresión axial y diagonal además de cuadros comparativos con sus propiedades de las unidades de albañilería; obteniendo así la clasificación de las unidades de albañilería producidas artesanalmente en los centros poblados de San José y Manzanamayo del distrito de los Baños del Inca.

*Ladrillos*

**Palabras clave:** Albañilería, Pilas, Muretes, Especímenes, Norma Técnica

## ABSTRACT

Since the end of the last decade of the twentieth century Peru is experiencing a sustained growth of the construction industry, driven mainly by rising household incomes, higher public and private investment, and it also improved financing conditions for the purchase of public housing. This is undoubtedly a sustainable growth in the real estate sector. The aim of the research is the classification of handmade bricks produced in areas of Manzanamayo and San José district of Baños del Inca, plus analysis of physical and mechanical properties of each of the properties masonry units. The methodology is framed within the current regulations in masonry such as national technical standards 331,019 NTP, NTP 331 017, 331 018 NTP, NTP 399 604, 399 613 NTP, NTP 399 621; rules responsible for sample selection, test specimens and classification according to the type of masonry, in addition to the Technical Standard E-070 professed requirements and minimum requirements for the design, analysis and inspection of confined masonry construction and moored walls . The results are displayed according to efforts to axial compression and diagonal besides comparative tables with their properties of masonry units; thus obtaining the classification of masonry units produced by craftsmen in the towns of San José and Manzanamayo district of Baños del Inca.

**Keywords:** Bricklaying, Sinks, low walls, Specimens, Technical Standard

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## A) DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las edificaciones de albañilería confinada son las que más abundan en el Perú, y Cajamarca no es ajeno a ello, es por este motivo por el que nos vemos con la obligación de realizar un estudio integral de uno de los principales componentes de la albañilería “Los Ladrillos Artesanales” y su comportamiento físico – mecánico.

La investigación consistió en estudiar las unidades que se producen en los centros poblados de Manzanamayo y San José del distrito de los Baños del Inca, ya que estas zonas son de gran producción conjuntamente con los centros poblados de Santa Bárbara y Cerrillo, todos pertenecientes al distrito de los Baños del Inca en la provincia de Cajamarca. La metodología consistió en extraer ladrillos directamente de los hornos de fabricación artesanal de las zonas en estudio, y analizar su comportamiento mecánico tanto en unidades como en bloques (pilas) y muretes, además de la obtención de sus características físicas tal y como lo menciona las normas técnicas del Perú (NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 331.019, NTP 399.604, NTP 399.613, NTP 399.621)

Para efectos de la investigación nos formulamos la pregunta ¿Las características físicas - mecánicas de las unidades de albañilería producidas artesanalmente en los centros poblados de Manzanamayo y San José del Distrito De Baños Del Inca – Cajamarca, cumplen con los requisitos que deberían tener los ladrillos de arcilla cocida destinados a la albañilería estructural y no estructural según la Norma E-070?, pregunta que será respondida con la hipótesis y contrarrestada en el Capítulo IV con el análisis de resultados.

Con motivos de comparación de la albañilería entre los C.P. de San José y Manzanamayo, en la construcción de muretes y pilas se usó la misma mano de obra, las mismas dimensiones y mismas proporciones de mortero, además de usar especificaciones de construcción civil, tal como se menciona

en el Capítulo III; en el Capítulo II se hace un recorrido histórico por las distintas teorías que analizan las características y el tipo de albañilería y los ensayos en lo que a este tema respecta; concluyendo en el Capítulo V con las conclusiones y recomendaciones.

## **B) OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1) Objetivo general**

- ✓ Evaluar las características físico - mecánicas de la albañilería producida artesanalmente en los centros poblados de Manzanamayo y San José del distrito de Baños del Inca – Cajamarca.

### **2) Objetivo específico**

- ✓ Realizar un muestreo estadístico de fábricas artesanales de ladrillo en los centros poblados de Manzanamayo y San José; además de la selección de muestras de acuerdo a la norma **NTP 331.019**
- ✓ Realizar ensayos para determinar los parámetros físicos - mecánicos de las unidades de albañilería. Según la norma **NTP 331.018, NTP 399.604, NTP 399.613, NTP 399.621.**
- ✓ Comparar los resultados de los ensayos de las unidades de albañilería producidas artesanalmente en los C.P. de Manzanamayo y San José con los requisitos especificados en la **Norma Técnica E – 70** Capítulo 3 Ítem 5.2 Clasificación de las unidades de albañilería para fines estructurales.

## **C) HIPÓTESIS**

Las características físico - mecánicas de las unidades de albañilería producida artesanalmente en los centros poblados de Manzanamayo y San José, cumple con los requisitos que exige la Norma Técnica E-070, clasificando como ladrillos Tipo II destinados a la albañilería estructural y no estructural.

## **D) ALCANCES Y LIMITACIONES**

La investigación alcanza los centros poblados de San José y Manzanamayo, ambos pertenecientes al distrito de los Baños Del Inca – Cajamarca, en los centros poblados en estudio existe un determinado número de hornos de

quemado de ladrillo artesanal, esto es debido que los pobladores en su mayoría cuentan con su propio horno de quemado artesanal.

La presente investigación se limitará solo a estudiar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de los C.P. de Manzanamayo y San José del distrito de Baños del Inca.

La desconfianza de algunos productores de ladrillo, al no facilitar la selección de la muestra, por el temor de que las unidades de albañilería no alcance los parámetros que indica la norma.

La investigación se enmarca en la normatividad vigente (NTP E-070 y normas afines), por ello la selección de muestras y ensayos se ajustaran a estas en lo que a tamaño de muestra y procedimiento respecta.

Y siendo el objetivo de la investigación la clasificación y estudio de las unidades de albañilería producida artesanalmente en los C.P. de Manzanamayo y San José, la construcción de muretes y pilas se realiza para observar el comportamiento no confinado de muros.

## **E) JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION**

Este trabajo beneficiara a la población de Cajamarca de tal manera que brindará mayor seguridad al momento de la construcción de sus viviendas; lo que buscamos es una estandarización en la producción de ladrillo artesanal en la región, ladrillos que tengan una resistencia, tamaño y forma de acuerdo a la normatividad vigente.

Debe destacarse que las unidades de albañilería son parte primordial de una construcción es debido a ello la importancia de estudiar sus cualidades físico – mecánicas; existe una extensa bibliografía en el país acerca de este tema, pero es debido a que el modo de producción, las proporciones y los materiales utilizados varían en cada horno de fabricación artesanal y probablemente en cada una de las tandas de la materia prima de fabricación, es por ello que se hace esta investigación con la finalidad de estandarizar y clasificar la producción artesanal local y así garantizar construcciones resistentes, seguras y estables ante eventos fortuitos de la naturaleza.

## **F) VARIABLES**

### **a) Independientes**

- ✓ Ladrillos King Kong de las fábricas de los señores Pablo Chilon Chalan del Centro Poblado de Manzanamayo y del Sr. Artemio Chilon Novoa del Centro Poblado de San José del distrito de Baños del Inca – Cajamarca.

### **b) Dependientes**

- ✓ Características físicas (variación dimensional, alabeo, absorción) y mecánicas (resistencia a la compresión simple) de las unidades de albañilería producidas artesanalmente en los C.P. Manzanamayo y C.P. San José.



*Ilustración 1. Albañilería confinada, ciudad de Cajamarca*

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### II.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### II.1.1 Internacionales

- a) **Bianucci Mario A. 2009. Ladrillo - Orígenes y Desarrollo. Argentina. FAU – UNE.**

En este escrito se analiza el proceso de fabricación del ladrillo artesanal y el ladrillo industrial en Chaco Argentina, en él se describe la calidad de las materia primas usados en la fabricación de los ladrillos que usualmente son provenientes de los sedimentos que en su creciente y bajante fueron dejando los ríos de la región, por lo que es bastante común en cañadones secos encontrar arcillas muy ricas en óxido de hierro que le da al ladrillo esa coloración rojiza, luego de la cocción. Es común también que entre otros componentes se encuentre el carbonato de calcio, (tosca o caliches) que si las partículas son grandes luego de la cocción se convierte en oxido de calcio (cal) que al hidratarse con agua produce oquedades o roturas en el material, que desmerecen su calidad.

Según el texto el proceso artesanal se inicia con la extracción y meteorización de los materiales arcillosos, que por lo general son arcillas de color rojo o tierra vegetal negra, posterior a esto la misma naturaleza se encarga del proceso de meteorización dejando reposar el material extraído para que así se disuelva el material. A este procedimiento también es necesario adicionar ligantes naturales para que durante la cocción del ladrillo este no se vea afectado por las altas temperaturas, estos ligantes naturales pueden ser aserrín, carbonilla, cascaras de arroz o cascarilla de algodón que se irán descomponiendo durante el proceso de amasado de la arcilla (de 2 a 4 días). Posterior a esto el proceso continúa con las etapas de moldeo (con dimensiones un poco mayores a las unidades extraídas del horno, el rendimiento se calcula en un aproximado de 900 unidades por día y por hombre), secado (durante 3 a 4 días dependiendo del clima), armado del horno (que por lo general contiene entre 50 y 80 millares dispuestas en forma

de pirámides truncas esta etapa tiene una duración promedio de 9 días para un promedio de 70 millares), horneado (se realiza a lo largo un aproximado de 80 horas a boquillas abiertas más otras 70 horas a boquillas cerradas para asegurar una lenta combustión con madera de la zona, algarrobo, espinillo, etc.), enfriamiento y desmontaje (es la etapa final de proceso y dura un aproximado de 48 a 72 horas)

El tamaño común de los ladrillos que se fabrican mediante este proceso varia de 26.5 a 27 cm de largo, por 12.5 a 13 cm de ancho y de 6 a 7 cm de espesor. Se reconoce los ladrillos de buena calidad por su singular sonido a campana y en ensayos a la rotura llegan hasta 90 kg/cm<sup>2</sup>.

A pesar de la variabilidad dimensional de cada una de las unidades, lo importante es conservar las siguientes relaciones: siendo (e) el espesor, (a) el ancho, (L) el largo

**Relaciones:**

$$(a) = 2(e) + 1 \text{ junta}$$

$$(L) = 2(a) + 1 \text{ junta}$$

**b) Afanador G. Nelson; Guerrero G. Gustavo; Monroy S. Richard; 2012. Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. Bogotá, UMNG.**

Este artículo es el resultado de haber evaluado las propiedades mecánicas de los ladrillos macizos cerámicos fabricados a mano en el municipio de Ocaña, aplicando en primera instancia ensayos de caracterización física de la arcilla empleada como materia prima, para luego realizar pruebas de control de calidad no destructivas y destructivas de los ladrillos de mampostería que se seleccionaron entre los diferentes chircales o unidades productivas del sector, utilizando para tal fin, la norma técnica Colombiana NTC - 4017, "Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla", que permitieron conocer las características y propiedades de los materiales que integran los elementos estructurales, analizando principalmente el módulo de elasticidad y la

resistencia a la compresión, como parámetros que influyen en forma directa en la rigidez de la edificación.

De acuerdo con los análisis de granulometría por hidrómetro y análisis granulométrico por tamizado por vía seca realizados al material arcilloso objeto de estudio se puede afirmar que se caracteriza por poseer una alto porcentaje de fracción arenosa y limos equivalente al 81% y una pobre fracción arcillosa equivalente al 19% del total de su composición, es decir, son clasificadas como arcillas arenosas inorgánicas con media plasticidad, con índice de plasticidad mayor al 10%, es decir, son arcillas que permiten el conformado y compactación de las piezas de mampostería.

Además, con el índice de plasticidad por el método de los límites de Atterberg, se estableció que el alto grado de abrasión que ejerce la arena en el material arcilloso, puede ser correlacionado con su baja compactación, teniendo en cuenta que el incremento en la plasticidad de las pastas cerámicas les confiere mayor compactación, resistencia mecánica y los hace más manejables en el proceso de conformado o moldeo de piezas cerámicas.

Los ladrillos producidos en Ocaña, no cumplen las resistencias establecidas para Colombia; la tasa inicial de absorción (TIA) promedio es de 0.387 g/cm<sup>2</sup>/mín, indica que las piezas de ladrillos deberán tener un pre - humedecimiento mínimo de 24 horas y la absorción final (AF) promedio es de 17.41%, apropiado para muros interiores, pero excede en 4.41% el valor máximo para su utilización en muros exteriores porque su absorción máxima permitida es de 13%.

No se encontró una relación que permita estimar una expresión entre la TIA y la resistencia a la compresión del ladrillo macizo de arcilla cocida, como también entre la AF y la resistencia a la compresión del ladrillo, pues sus coeficientes de correlación (R) fueron de 0.032 y 0.037 respectivamente, resultados diferentes a los obtenidos en otras investigaciones donde para  $f'_{cu}$  Vs. TIA el  $R = -0.77$  y para  $f'_{cu}$  Vs. AF es  $R = -0.24$ . Estos resultados pueden ser producto de la variabilidad del proceso de cocción, puesto que

no se puede definir con claridad los ciclos de cocción empleados por los fabricantes en la producción de ladrillos tolete macizos, tomando como referencia que la temperatura promedio no alcanza los 850°C en la mejor posición dentro del horno, pues hay zonas donde la temperatura escasamente alcanza los 250°C (tomada con termocuplas tipo K EXTECH).

La resistencia nominal a la compresión de muros en ladrillo macizos de arcilla cocida tiene valores que oscilan entre 0.8 hasta 2.4 MPa y un valor promedio para el municipio de Ocaña de 1.44 MPa lo cual es bajo, si lo comparamos con la especificación de resistencia de 14 MPa para ladrillos macizos y su restricción de usar sólo el 80% de su resistencia, es decir, una resistencia a la compresión de la mampostería de 8.4 MPa, lo cual indica que en Ocaña, la resistencia de la mampostería a la compresión está entre el 9.5 al 28.6% del mínimo esperado, representando al menos, un alto grado de vulnerabilidad a la compresión en muros de ladrillo tolete macizo, usados principalmente en viviendas construidas con el sistema de resistencia sísmica de mampostería confinada. Esto indica la necesidad de implementar hornos comunitarios que garanticen la temperatura de sintetización del material, un mejoramiento en el proceso de producción de las piezas de mampostería ya sea mediante extrucción u otro medio, y el diseño de mezclas de arcilla que permitan un mejoramiento de las propiedades mecánicas.

Se ha observado en los alrededores de la Ciudad, muros con fisuras y grietas causadas por sollicitaciones de resistencias a la compresión y corte que indican una falla local que disminuye la capacidad global del sistema de resistencia sísmica y hace necesario que las entidades gubernamentales tengan en cuenta estas viviendas, para delimitar zonas potenciales de riesgo y posibles reforzamientos.

## II.1.2 Nacionales

### a) **E. Sánchez. 1982. Estudio de la variabilidad en la calidad de los ladrillos producidos en la ciudad de Lima. PUCP.**

De alrededor de 50 ladrilleras (incluyendo las clandestinas) existentes en la ciudad de Lima en el año de 1982, se seleccionaron 14 que producían unidades de arcilla para muros portantes. Estas ladrilleras fueron seleccionadas contemplando su productividad, cantera, tipo de horno y sistema de moldeo. Posteriormente, se efectuaron ensayos de compresión, flexión, absorción, succión, densidad y alabeo sobre las unidades respectivas. Las principales conclusiones fueron que: No existe control en la calidad de producción (excepto en dos de las ladrilleras muestreadas), por lo que la dispersión de resultados en todas las pruebas resultó elevada; el ladrillo King Kong artesanal, en todos los casos, fue clasificado como tipo II, de acuerdo a las normas ITINTEC; mientras que los de moldeo mecánico clasificaron entre los tipos III y IV; el grado de cocción influye sustancialmente sobre la resistencia a compresión; los ladrillos colocados en la parte baja de los hornos abiertos llegaron a tener una resistencia 100% mayor respecto a los ubicados en la zona alta del horno; la succión varió entre 45 a 100 g/200cm<sup>2</sup>-min, por lo que es necesario regar las unidades de arcilla (artesanal e industrial) un día antes de asentarlas.

### b) **San Bartolomé, A. 1980. Comportamiento de elementos de albañilería en ensayos de compresión diagonal y corte directo. Lima, PUCP.**

En este Proyecto se investigó, principalmente, el efecto del esfuerzo de confinamiento ( $\sigma$ ) sobre la resistencia al corte ( $v$ ); para lo cual, se realizaron ensayos de corte directo sobre prismas de tres hiladas y de compresión diagonal en muretes cuadrados. Los especímenes fueron construidos empleando ladrillo King Kong industrial ( $f'_b = 160 \text{ kg/cm}^2$  y mortero 1:4. Los resultados promedios (en  $\text{kg/cm}^2$ ) proporcionaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Corte Directo:} \quad V = 1.16 + 0.94 \sigma$$

$$\text{Compresión Diagonal:} \quad V = 4.88 + 0.33 \sigma$$

Como conclusión se obtuvo que el ensayo de corte directo (con alta dispersión de resultados: 40%) no refleja el tipo de falla de los muros reales y sus resultados están influenciados por la técnica de ensayo impuesta. Adicionalmente, mediante ensayos de compresión diagonal en muretes, se investigaron otras variables, llegándose a las siguientes conclusiones: Que al emplear un espesor de 2 cm en la junta de mortero, disminuye la resistencia al corte en 25% en relación a utilizar un espesor de 1 cm; el uso de arena fina en el mortero disminuye la resistencia al corte en 40% en relación a emplear arena gruesa; el asentar ladrillos secos (con elevada succión en su estado natural) disminuye la resistencia al corte hasta en 50% en relación a emplear ladrillos regados ("tratados") con agua un día antes de asentarlos; la compactación del mortero en cada uno de los orificios de la unidad perforada, creó un anclaje mecánico (llaves de corte o engrape mecánico) entre las hiladas que elevó la resistencia al corte en 45%.

**c) Quiun, D; San Bartolomé, A; Mendoza, G. 2005. Corrección por esbeltez en pilas de albañilería ensayadas a compresión axial. Lima, PUCP.**

En esta investigación se ensayaron a compresión axial 60 pilas de albañilería, construidas con unidades de arcilla y de concreto, con el objeto de determinar experimentalmente los coeficientes de corrección aplicables sobre la resistencia característica  $f_m$  en pilas que presentan esbelteces distintas al valor nominal (5 para SENCICO, 2004; y menor a 5 para INDECOPI, 2003). Los resultados indicaron la curva de tendencia del coeficiente de corrección (CC) por esbeltez de las pilas de albañilería ensayadas a compresión axial, para 3 tipos distintos de unidades, mostró una buena aproximación hacia los valores de CC proporcionados por SENCICO, 2004; mientras que los valores especificados por INDECOPI, 2003 (iguales a los indicados por ASTM C1314, 2003) se alejaron más de esta curva. Por tanto, es preferible emplear los valores de CC indicados por SENCICO, 2004, que son los mismos a los dados por ININVI, 1982. INDECOPI, 2003 (al igual que ASTM C1314, 2003), utiliza una esbeltez

nominal  $E = 2$  (donde  $CC = 1$ ), que corresponde aproximadamente a una pila compuesta por 2 ladrillos, mientras que la esbeltez estándar para SENCICO, 2004, es  $E = 5$ ; habiéndose comprobado experimentalmente que los valores de  $CC$  son muy sensibles para esbelteces menores que 3, resulta aconsejable que la esbeltez estándar sea la especificada por SENCICO, 2004 y que las pilas estén compuestas por lo menos por tres unidades de albañilería. Estos resultados aún resultan muy dispersos por lo que es necesario continuar con investigaciones en este campo.

**d) San Bartolomé, A. 2007. Defectos que incidieron en el comportamiento de las construcciones de albañilería en el sismo de pisco del 15-08-2007, Lima, PUCP.**

El objetivo de este artículo es indicar los errores cometidos en las construcciones de albañilería, debido a los cuales se produjeron daños catalogados desde leves hasta estados de colapso total, cuando estas edificaciones fueron sometidas a la acción del sismo de Pisco ( $M_s = 7.0$ ,  $M_w = 8.0$ ), ocurrido el 15 de agosto del 2007, concluyendo que el sismo del 15/08/2007, calificado desde el punto de vista estructural por el autor como "leve" para Lima y "moderado" para Pisco o Chincha, Puso al desnudo una serie de errores que se cometen en las edificaciones de albañilería, principalmente por el aspecto informal con que se construyen estos sistemas, pese a la existencia de normas nacionales de construcción y diseño estructural; también se hace mención que se debe evitar la construcción de edificaciones en zonas propensas a licuefacción de suelos como por ejemplo Tambo Mora y Pantanos de Villa; dado que estas zonas son arenosas se debe tener bastante cuidado al momento de realizar la cimentación.

Esta investigación también indica que es necesario adiestrar a los profesionales de la construcción sobre la forma de construcción en muros de albañilería confinada, ya que la técnica que emplean no permite que las columnas actúen como arriostres ante acciones transversales al plano de los muros.

**e) San Bartolomé, A; Angles, P. 2008. Comparación del comportamiento sísmico de muros confinados construidos con ladrillos de concreto y de arcilla. Lima, PUCP.**

Se analizó la influencia de los tipos de ladrillo: de concreto vibrado y de arcilla cocida, en el comportamiento sísmico de la albañilería confinada, para lo cual, en el Laboratorio de Estructuras de la PUCP, se efectuaron ensayos de carga lateral cíclica en dos muros con las mismas características, pero construidos cada uno con los ladrillos indicados anteriormente; concluyendo que de acuerdo a los resultados de los ensayos, los ladrillos de concreto y de arcilla calificaron como unidades sólidas, aptas para ser utilizadas en la construcción de muros portantes; la resistencia a compresión ( $f'm$ ) fue similar tanto para las pilas construidas con ladrillos de arcilla como para las hechas con ladrillos de concreto; la conexión a ras columna - albañilería en los dos muros confinados, evitó problemas que muchas veces se presentan con la conexión dentada tradicional: cangrejas bajo los dientes y rotura de dientes al compactar el concreto de las columnas. Adicionalmente, los chicotes colocados en los extremos de la albañilería cada dos hiladas, permitieron que el desplazamiento en la conexión columna - albañilería sea menor de 1mm.

La investigación se realiza con el objetivo de determinar la eficiencia de los ladrillos de concreto a fin de que sean estos quienes remplacen a las unidades tradicionales albañilería las cuales en su fabricación usan los suelos de cultivos y depredan las zonas agrícolas donde se ubican. Además normatividad en albañilería de concreto no existe por lo que es necesario investigar para incorporar estos comportamientos en la actual Norma Técnica Peruana.

### II.1.3 Locales

- a) **Bernal Cabrera, K 2013. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong del centro poblado el cerrillo Baños del Inca y Lark Lambayeque. Tesis de Grado. Cajamarca, UNC.**

En esta investigación se realizaron estudios de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong producido en el centro poblado el Cerrillo de Baños Del Inca, Cajamarca y ladrillos Lark de Lambayeque, a la vez se ejecutaron ensayos de pilas y muretes; se obtuvo como resultado que la resistencia del mortero ha variado pese a que se empleó el mismo albañil; al comparar las unidades de albañilería con las del ladrillo Lark de Lambayeque se obtuvo que estas no alcanzan la resistencia requerida por la norma de edificaciones; también se concluye que el ladrillo Lark es el más recomendable para las edificaciones dado a su uniformidad de dimensiones y propiedades físicas.

Los muretes de ladrillo King Kong fabricado artesanalmente en el Centro Poblado El Cerrillo – Baños del Inca, tuvieron una falla violenta y frágil, por falta de confinamiento, la grieta cruzó el ladrillo y el mortero, formándose el abanico de tracción diagonal en los ángulos; mientras que, los muretes de ladrillo King Kong elaborado industrialmente por la fábrica Lark en Lambayeque, tuvieron una falla frágil, inclinada, escalonada y se trituró el ladrillo en los puntos de apoyo de los ángulos. Este comportamiento de los muretes de los dos tipos de ladrillo ha seguido la actuación de una estructura no confinada ante sollicitaciones sísmicas, es decir en tracción diagonal.

Según los resultados de los ensayos clasificatorios el ladrillo King Kong del C.P. El Cerrillo - Baños del Inca y Lark de Lambayeque, se clasifican como ladrillo Tipo II para fines estructurales de acuerdo a la Norma E- 070.

**b) Fernández, K 2010. Estudio de la influencia del tipo de arcilla en las características técnicas del ladrillo. Santa Barbará - Cajamarca. Tesis Mg. Sc. Cajamarca, UNC.**

En dicha investigación se realizó estudios de la influencia del tipo de arcilla en las características técnicas del ladrillo del Centro Poblado Menor Santa Bárbara, Cajamarca. Para ello se ha determinado la composición mineralógica cuantitativa de cada una de las muestras provenientes de seis fábricas de ladrillo de la zona en base a los datos obtenidos en el análisis químico. Concluyendo que la materia prima tal como viene siendo utilizada (arcilla) no alcanza los niveles requeridos en esta industria lo que ocasiona que los ladrillos alcancen especialmente baja resistencia a la compresión.

La resistencia de estas unidades de albañilería es por lo general inferiores a los  $80\text{kg/cm}^2$ , con lo que se alcanza una clasificación de las unidades como Tipo II, según la norma técnica peruana. Además la variabilidad de temperaturas al momento de la cocción del ladrillo en el horno es otro factor para que los ladrillos no sean uniformes en calidad. El autor hace mención que adicionando elementos especiales o ligantes especiales se conseguiría unidades de albañilería más uniformes y con mayor resistencia a la compresión, unidades que servirían para obtener mejores construcciones en los alrededores la ciudad de Cajamarca.

## **II.2 MARCO NORMATIVO PERUANO**

### **II.2.1 Norma Técnica Peruana**

Las normas **NTP 331.017, 399.604 y 399.613**, establecen los requisitos que deben cumplir los ladrillos de arcilla destinados para uso de albañilería estructural y no estructural y los procedimientos para el muestro y ensayos de las propiedades físicas y mecánicas, respectivamente; además de ensayos clasificatorios como variabilidad dimensional, alabeo y compresión simple

## **II.2.2 Norma Técnica Peruana E-070**

Establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis y diseño de edificaciones de albañilería estructural principalmente por muros confinados y por muros armados. Además también establece criterios mínimos para el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería confinada y muros armados.

## **II.2.3 Norma Técnica Peruana E-030**

Establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico acorde con la filosofía del diseño sismo resistente, a fin de evitar pérdidas de vidas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños a la propiedad.

Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, a la evaluación y reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaren dañadas por la acción de los sismos.

## **II.3 BASES TEÓRICAS**

### **II.3.1 Evolución Del Ladrillo A Través De La Historia**

El Arq. Mario Averardo BIANUCCI, en su libro “El Ladrillo. Orígenes y Desarrollo”, hace mención que el ladrillo tubo sus orígenes en lo que hoy corresponde a las regiones de Irán e Irak aproximadamente en el oriente medio hace aproximadamente dos mil quinientos años antes de nuestra era, es decir fueron las culturas sumerias las que iniciaron a utilizar este material de construcción. Desde esa región, las caravanas de pueblos nómades y, sucesivamente, las conquistas de Alejandro Magno, las del Imperio Romano y las rutas comerciales de Marco Polo pusieron en contacto a las diversas culturas y contribuyeron a generalizar, entre otras costumbres y modalidades, el uso del ladrillo (BIANUCCI, 2009).

Hace solo 5 500 años (desde el descubrimiento del fuego hace 100 000 años y 7 000 años del descubrimiento de la cerámica), que los sumerios aplicaran

por primera vez la cerámica a la construcción, elaborando ladrillos que reemplazaban a la piedra. Esto ocurrió en las llanuras Mesopotámicas, donde se establecen las tribus nómadas dando origen al sedentarismo que hace surgir las primeras ciudades del mundo, en Sumeria, y que propicia el desarrollo de las construcciones de ladrillos. Estos a su vez brindan la posibilidad de ser combinados y trabados entre sí, facilitando la rigidez de la mampostería. Es difícil asegurar con exactitud qué pueblo desarrolló el uso del ladrillo, teniendo en cuenta que a través de la historia se verifica una sucesión de ocupaciones, conquistas e intercambios comerciales y culturales. Creemos más bien que el uso del ladrillo fue incrementándose en función del desarrollo cultural.

En la mayoría de las ciudades europeas que florecieron en el Medioevo y el Renacimiento, se conservan monumentales construcciones hechas de ladrillo, particularmente en España, Italia, Francia, Holanda, Bélgica y Alemania. Ya en el siglo XX, fueron España e Italia los países que más contribuyeron nuevos criterios de diseño de los más actuales ladrillos cerámicos.

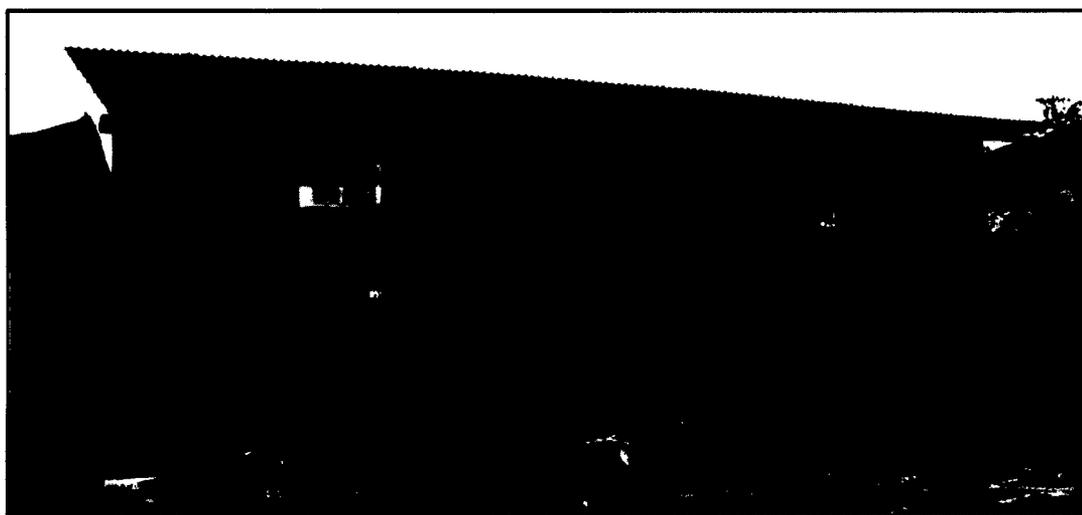
En tanto, en América, las civilizaciones precolombinas no muestran antecedentes del uso del ladrillo. Para la mayoría de las construcciones importantes se recurría a la piedra encuadrada y pulimentada. En el caso de las esculturas centroamericanas y mexicanas, se han encontrado vestigios del uso de adobe de grandes dimensiones, pero en templos y palacios se empleaba siempre la piedra.

Los **Incas** y sus predecesores utilizaban la piedra en el altiplano y el adobe en regiones costeras, lo que en general se repetía en todo tipo de construcciones. Con la llegada de los conquistadores españoles se incorporó el uso del ladrillo cocido a las nuevas construcciones de relevancia, pero el adobe, por razones de economía y facilidad, se continuó usando y se continúa usando hasta nuestros días prueba de ello es la ciudad de Chan Chan capital del reino Chimor en la antigua cultura Chimú, en la sierra de la Libertad en el Perú; este complejo arqueológico es considerado la ciudad de

adobe más grande en Latinoamérica. En el Perú La primera fábrica de ladrillos fue construida en Lima por el año de 1856.

En el Perú, las investigaciones en lo que a ladrillo consta son resultado de los estudios realizados en los Estados Unidos (1913) y en la India (1920). En Perú, los primeros ensayos sobre elementos de albañilería se realizaron a partir del año 1976 en la Pontificia Universidad Católica Del Perú, con el apoyo de estudiantes y graduados de dicha universidad, esto sirvió para que en el año 1982 se editara el primer reglamento sobre diseño relativo en albañilería, este reglamento se tituló: "Norma E-070, ININVI-82" (SAN BARTOLOMÉ, 1994); a partir de ello han surgido y continúan surgiendo un sin número de publicaciones acerca de este material de construcción y por ende ha ido implementándose la Norma Técnica Peruana, dado que este tipo de construcción es una de las más comunes a nivel nacional.

Debe hacerse notar que a diferencia de otros materiales (como el acero y el concreto armado) la adaptación de normas de diseño extranjeras resultan inaplicables al caso de la albañilería Peruana; esto se debe a la enorme diferencia que se presenta en los materiales de construcción, así como en la mano de obra y las técnicas de construcción empleadas en otros países.



*Ilustración 2. Construcciones de adobe, Cajamarca 2015*

### II.3.2 Propiedades Y Características De La Albañilería En El Perú

Albañilería, es considerada así al conjunto de unidades de ladrillos unidas débilmente entre sí con mortero, y se le llama albañilería estructural cuando esta se encuentra confinada por elementos de confinamiento (vigas, columnas, etc.), que garantizan una uniforme distribución de las cargas verticales; logrando así una resistencia a la compresión elevada, dependiente principalmente de la unidad mientras que la resistencia a la tracción es reducida y siendo está controlada por la adhesión entre la unidad y el mortero (GALLEGOS & CASABONNE, 2005).

En el Perú desde la incorporación de los ladrillos en la construcción de viviendas por los españoles, estos han ido mejorando y renovándose, tanto así que podemos mencionar las últimas incorporaciones como por ejemplo:

- ✓ Incorporación cada vez más mayor de unidades hechas a máquinas (sólidas o huecas) fabricadas con diferentes materias primas (arcilla, hormigón, hormigones livianos, etc.).
- ✓ Uso masivo de mortero de cemento - arena y morteros mixtos (cemento – cal - arena).
- ✓ Incorporación de unidades que no requieren mortero para su unión (Mortarless block<sup>1</sup> o unidades tipo mecano), rellenas con hormigón líquido o "grout".
- ✓ Uso de mortero de capa delgada.

Atendiendo a la innovación tecnológica en la fabricación de unidades de albañilería y la invención de nuevas formas de construcción, debemos tener siempre presente el análisis de las propiedades de los nuevos materiales de construcción para:

- ✓ Conocer las propiedades físicas y mecánicas del material.
- ✓ Establecer las mejores técnicas o prácticas de construcción.

---

<sup>1</sup> Mortarless block, Este es un novedoso tipo de construcción en la cual están involucrados bloques de concreto hueco y mallas de acero de refuerzo en el interior de los bloques. [http://www.masonryconstruction.com/images/mortarless%20block%20systems\\_tcm68-1375751.pdf](http://www.masonryconstruction.com/images/mortarless%20block%20systems_tcm68-1375751.pdf)

- ✓ Redactar y perfeccionar las normas con las cuales se realice el diseño y cálculo de las construcciones de albañilería (caso de la albañilería de ladrillo hueco de concreto).

Es importante recalcar que el comportamiento sísmico de nuestras edificaciones dependerá en su mayoría de la calidad de materiales empleados y el procedimiento constructivo adecuado.

Las unidades de albañilería o comúnmente llamadas “ladrillos” se elaboran de materias primas diversas, entre ellas por ejemplo de arcilla orgánica, de concreto de cemento portland, y la mezcla de sílice y cal. Y también varía el modo de fabricación, pues existen métodos de mezcla como el de compactación o de extrusión; así como por fabricación industrial o en situación precaria (Modo Artesanal). Por todos estos aspectos no es extraño que las dimensiones, formas, y su propio peso tengan variedad, haciendo que la calidad de cada una de las unidades varíen entre sí.

Estas pueden ser de una pésima o excelente calidad dependiendo del modo de fabricación, uniformidad en la hornada, correcto almacenamiento de las unidades, uso de materias primas de calidad y sin impurezas, etc.

### **II.3.3 Clasificación De Las Unidades De Albañilería**

Para la clasificación de las unidades de albañilería se realizan ensayos clasificatorios que involucran la variación dimensional, el alabeo y la resistencia característica a la compresión; pero para determinar estas características se deben determinar todas sus propiedades físicas y sus propiedades mecánicas, esto seguido estrictamente por las normas técnicas peruanas NTP 331.019, NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 399.604, NTP 399.613 además de las normas E-070 y los criterios para las construcciones sismo-resistentes de la norma técnica E-030.

#### **A. Por Su Dimensión**

**Los ladrillos:** Son de arcilla cocida en forma de paralelepípedo triangular usadas para construir muros y paredes tienen por característica principal su peso y dimensiones pequeñas que hace que se pueda manejar con una sola

mano, en el proceso de asentado. Una pieza tradicional debe tener un ancho de 11cm a 14cm, un largo de 23cm a 29cm y una altura de 6cm a 9cm; con un peso oscilante de 3kg a 6kg.

**Los bloques:** A diferencia de los ladrillos de arcilla, estos están hechos para ser manejados por las dos manos y puede llegar a pesar hasta los 15 kilogramos, su ancho no está determinado pues variara por los alveolos o huecos que tienen para ser manejados, claro que también son usados para la armadura o el concreto líquido; por lo general estos son usados como albañilería en tabiquería mas no como albañilería estructural capaz de soportar cargas verticales.

## **B. Por Su Materia Prima Y Fabricación**

**Existen por la materia prima tres tipos:**

- ✓ De arcilla.
- ✓ De Sílice – Cal.
- ✓ De Concreto.

**Por la fabricación dos tipos:**

- ✓ Los artesanales.
- ✓ Los industriales.

## **C. Por Sus Alveolos**

Esta clasificación se basa en el área neta de la unidad, respecto a la superficie bruta de la cara y las características de los alveolos, existen cuatro tipos:

- ✓ **Solidas o macizas:** se considera bloque solido o macizo cuando la cantidad de alveolos ocupa un área no mayor al 30% del área de asentado. Para la aplicación de cálculos en este tipo de unidades se usa el área por completo, es decir, se le considera como unidad solida completamente sin vacíos.
- ✓ **Alveolares o huecas:** Con la cantidad de alveolos o vacíos mayor al 30% del área bruta, ésta área de vacíos al momento de la

construcción por lo general son rellenas por concreto líquido y armaduras de acero. En la aplicación de cálculos en este tipo de unidades debe restarse el área de vacíos o área alveolar ya que esta no desempeña una función estructural y es de gran importancia ya sea como alveolos grandes o alveolos reducidos y en gran cantidad.

### **II.3.4 Propiedades de las Unidades de Albañilería**

#### **A. Propiedades Físicas**

Las propiedades físicas son aquellas que tiene que ver con la resistencia de la albañilería, y son:

##### **a) Variabilidad dimensional**

Las dimensiones de la unidad, según la Norma NTP 331.017, se expresan como: largo x ancho x altura (L x b x h), en centímetros. El largo y el ancho se refieren a la superficie de asiento, y las dimensiones nominales (comerciales) usualmente incluyen 1 cm de junta.

De acuerdo a San Bartolomé, A. 1994. La prueba de Variación Dimensional es necesario efectuarla para determinar el espesor de las juntas de la albañilería. Debe hacerse notar que por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales (adicionales al mínimo requerido de 10mm), la resistencia a compresión de la albañilería disminuye en 15%; asimismo, disminuye la resistencia al corte. Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las **Normas NTP 399.613 y 399.604, (NTP E-070, 2006)**.

##### **b) Alabeos**

El mayor alabeo (concavidad o convexidad) del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad (SAN BARTOLOMÉ, 1994). Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la **Norma NTP 399.613, (NTP E - 070, 2006)**.

### c) **Succión**

De acuerdo a lo indicado en la Norma E-070, consiste en medir un volumen ( $V_1$ , en  $\text{cm}^3$ ) inicial de agua sobre un recipiente de área definida y vaciar una parte del agua sobre una bandeja, luego se apoya la unidad sobre tres puntos en la bandeja de manera que su superficie de asiento esté en contacto con una película de agua de 3 mm de altura durante un minuto, después de retirar la unidad, se vacía el agua de la bandeja hacia el recipiente y se vuelve a medir el volumen ( $V_2$ , en  $\text{cm}^3$ ) de agua; la succión normalizada a un área de  $200 \text{ cm}^2$ , se obtiene como:

$$\text{SUCCIÓN} = 200 * (V_1 - V_2)/A, \text{ expresada en gr}/200 \text{ cm}^2 - \text{min.}$$

#### **Dónde:**

**A:** es el área bruta ( $\text{cm}^2$ ) de la superficie de asiento de la unidad.

### d) **Textura de la cara de asiento.**

La textura de las caras de las unidades de albañilería se miden de manera relativa, es decir al tacto y la vista.

### e) **Porcentaje de vacíos.**

Es el cálculo del área equivalente de vacíos, al plano paralelo a la superficie de asiento con un valor menor al 30%, como indica la Norma E-070 y el procedimiento para la determinación del porcentaje de vacíos **indica la NTP 399.13.**

## **B. Propiedades Mecánicas**

Las propiedades mecánicas son aquellas propiedades relacionadas con la durabilidad de cada unidad de albañilería, y serán:

### a) **Resistencia a la Compresión**

Los especímenes son unidades secas al ambiente, sobre cuyas superficies de asiento se coloca un capping. Luego, se aplica la carga vertical a una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de la máquina de ensayos de  $1.25 \text{ mm/min}$ ; o, en todo caso, se controla la velocidad de carga de

manera que se llegue a la rotura en unos 3 a 5 minutos (SAN BARTOLOMÉ, 1994).

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las **Normas NTP 399.613 y 339.604**. La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f'b$ ) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra (NTP E-070, 2006).

La resistencia a compresión ( $f'b$ ) expresa sólo la calidad de la unidad empleada, ensayada bajo las mismas condiciones. Esto se debe a que el valor  $f'b$  depende de la altura de la probeta (a menor altura, mayor resistencia), del capping empleado y de la restricción al desplazamiento lateral impuesto por los cabezales de la máquina de ensayos (acción de confinamiento transversal a la carga aplicada) (SAN BARTOLOMÉ, 1994).

#### **b) Absorción**

Según Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. Se denomina absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca.

Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas **NTP 399.604 y 399.613, (NTP E-070, 2006)**.

#### **c) Coeficiente de Saturación.**

Es el grado de saturación de las unidades y es indispensable calcularlo para saber en qué grado se deben humedecer las unidades un día antes de ser asentadas en obra.

Las unidades de albañilería deben de cumplir con los requisitos y exigencias mínimas especificados por la Norma E-070 de Albañilería. El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

### C. Resumen.

Los ensayos antes mencionados se resumen en la tabla siguiente:

**Tabla 1.** Tipos de ensayos en unidades de albañilería

Ensayos clasificatorios	Ensayos no clasificatorios
✓ Variabilidad Dimensional	✓ Ensayo de Succión
✓ Alabeo	✓ Ensayo de Absorción
✓ Compresión Simple	✓ Área de Huevo

Fuente: Elaboración propia

### II.3.5 Tipos De Albañilería Y Especificaciones Reglamentarias.

Como mencionamos anteriormente, albañilería es considerada al conjunto de unidades de ladrillos unidas débilmente entre sí con mortero, y albañilería estructural es cuando esta se encuentra confinada por elementos de confinamiento (vigas, columnas, etc.), que garantizan una uniforme distribución de las cargas verticales y horizontales.

Teniendo en cuenta esta concepción es necesario clasificar los distintos tipos de albañilería que surgen de acuerdo al modo de confinamiento, al tipo de unidades usadas y a las solicitaciones de cargas expuestas en cada uno de los casos, atendiendo a esto podemos clasificar la albañilería como<sup>2</sup>:

#### A. Clasificación por la Función Estructural

- ❖ Muros Portantes
- ❖ Muros No Portantes

#### B. Clasificación por la Distribución del Refuerzo

- ❖ Muros No Reforzados De Albañilería Simple
- ❖ Muros Reforzados
  - ✓ Muros Armados
  - ✓ Muros Laminares
  - ✓ Muros Confinados

---

<sup>2</sup> SAN BARTOLOMÉ, Á. (1994). CONSTRUCCIONES DE ALBAÑILERÍA - Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. Lima, Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP. Recuperado el 20 de Julio de 2015, de <http://www.pucp.edu.pe/documento/publicaciones/construccion-de-albanileria-comportamiento-sismico-y-diseno-estructural.pdf>

## **A. Clasificación por la Función Estructural**

Se puede sub clasificar en Muros Portantes y Muros No Portantes.

### **❖ Muros Portantes**

Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical (NTP E-070).

Para la construcción de los muros portantes se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Debe tener una sección transversal preferentemente simétrica.
- ✓ Continuidad vertical hasta la cimentación.
- ✓ Una longitud mayor o igual a 1,20 m para ser considerados como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas horizontales.
- ✓ Longitudes preferentemente uniformes en cada dirección.
- ✓ Juntas de control para evitar movimientos relativos debidos a contracciones, dilataciones y asentamientos diferenciales en:
  - En cambios de espesor en la longitud del muro, para el caso de Albañilería Armada.
  - En alféizar de ventanas o cambios de sección apreciable en un mismo piso.
- ✓ La distancia máxima entre juntas de control es de 8 m, en el caso de muros con unidades de concreto y de 25 m en el caso de muros con unidades de arcilla.

### **❖ Muros No Portantes**

Los Muros No Portantes son los que no reciben carga vertical, como por ejemplo: los cercos, los parapetos y los tabiques. Estos muros deben

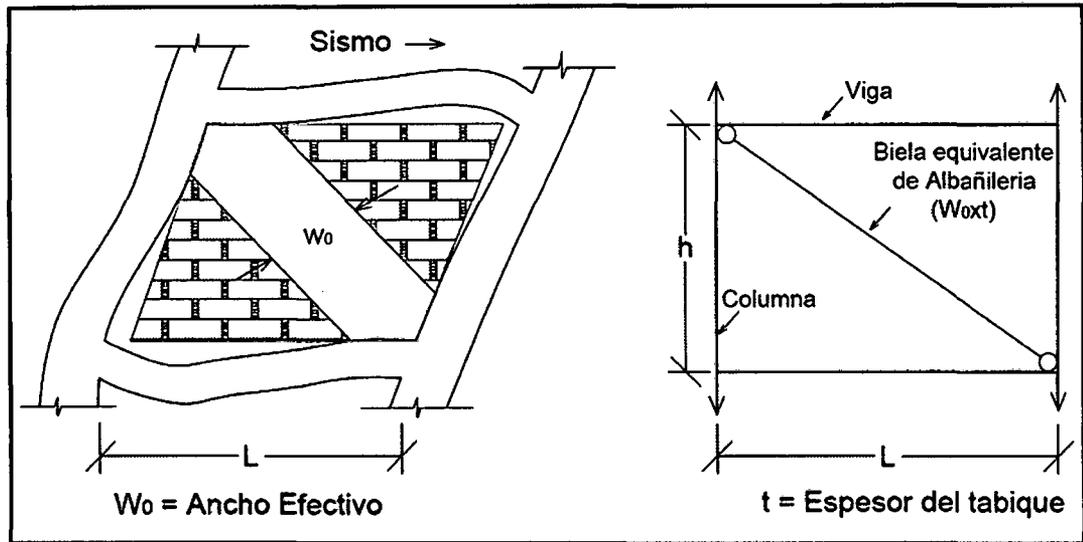
diseñarse básicamente ante cargas perpendiculares a su plano, originadas por el viento, sismo u otras cargas de empuje.

Mientras que los cercos son empleados como elementos de cierre en los linderos de una edificación (o de un terreno), los tabiques son utilizados como elementos divisorios de ambientes en los edificios; en tanto que los parapetos son usados como barandas de escaleras, cerramientos de azoteas, etc.

En nuestro medio, los tabiques son generalmente hechos de albañilería, esto se debe a las buenas propiedades térmicas, acústicas e incombustibles de la albañilería. Por lo general, en estos elementos se emplea mortero de baja calidad y ladrillos tubulares (perforaciones paralelas a la cara de asentado) denominados "pandereta", cuya finalidad es aligerar el peso del edificio, con el consiguiente decrecimiento de las fuerzas sísmicas. Sin embargo, si los tabiques no han sido cuidadosamente aislados de la estructura principal, haciéndolos "flotantes", se producirá la interacción tabique - estructura en el plano del pórtico (**Ilustración 3.**)

Sobre el tabique o muro NO portante, se debe tener en cuenta que:

- ✓ El tabique no está preparado para soportar los diversos tipos de fuerzas presentes en una estructura; solo puede soportar su propio peso, y los efectos de un sismo actuando sobre su masa; siendo estas, fuerzas pequeñas en relación a las de la estructura completa.
- ✓ Este tipo de muro debe usarse solamente para dividir espacios o ambientes dentro de una edificación.
- ✓ En las edificaciones aporricadas, debe estar aislado de las columnas y vigas, para que exista una separación suficiente entre ellos, y así evitar problemas en la estructura. Esta separación o espacio (junta) puede llenarse con un material compresible, como el tecnopor.
- ✓ Se recomienda usar el ladrillo pandereta para hacer el tabique (**Ilustración 4.**), debido a que disminuye los efectos sísmicos en él.



**Ilustración 3. Modelaje de Tabiques de Albañilería**  
(SAN BARTOLOMÉ, 1994)



**Ilustración 4. Tabiquería de ladrillo con huecos**  
(Pandereta).

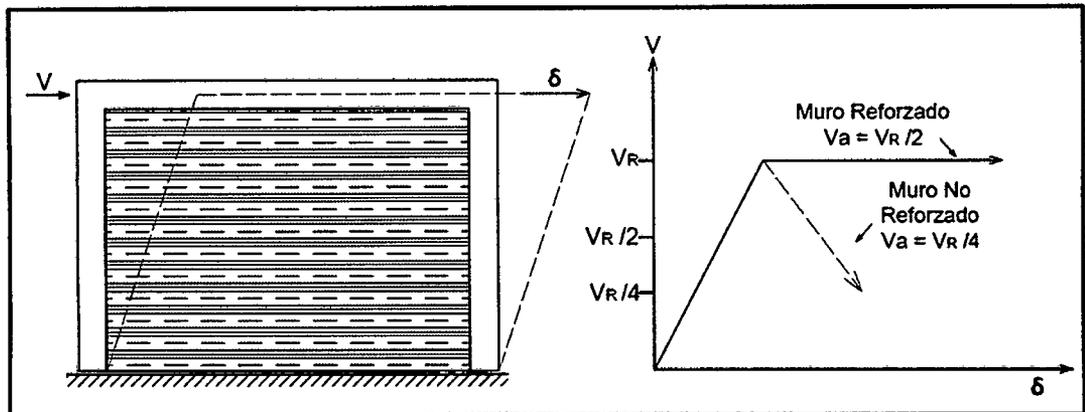
## **B. Clasificación por la Distribución del Refuerzo**

De acuerdo a la distribución de refuerzo los muros se clasifican en:

### **a) Muros No Reforzados De Albañilería Simple**

Son aquellos muros que carecen de refuerzo; o que teniéndolo, no cumplen con las especificaciones mínimas reglamentarias que debe tener todo muro reforzado. De acuerdo a la Norma E-070, su uso está limitado a construcciones de un piso; sin embargo, en Cajamarca existen muchas viviendas de albañilería no reforzada, incluso de dos niveles, ubicados sobre suelos de mala calidad o en ladera, no conociéndose su comportamiento ante un sismo moderado o severo.

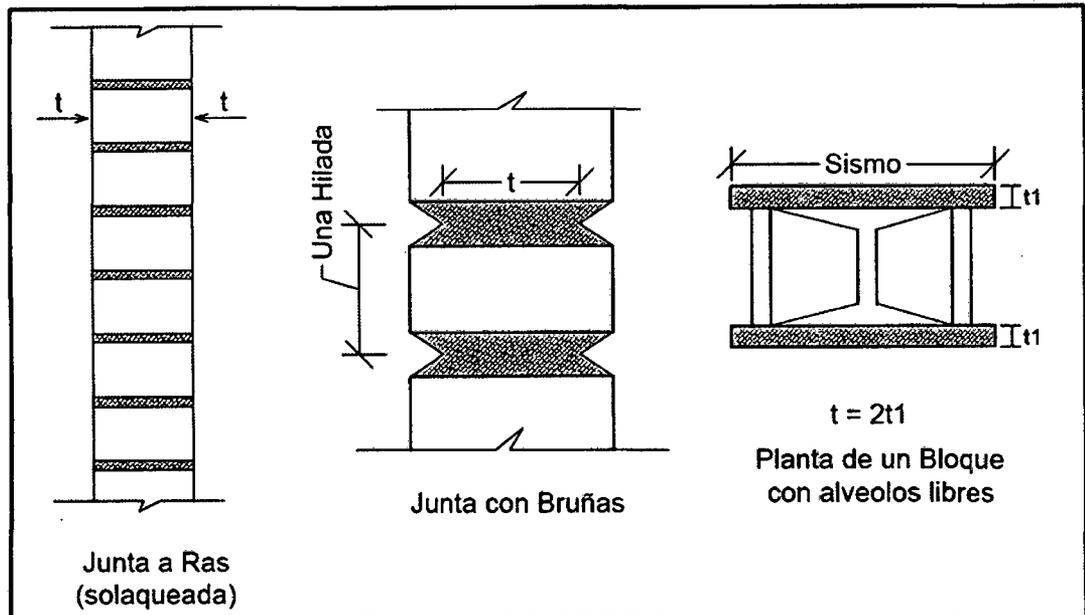
Aunque la Norma E-070 no lo indique, es preferible que los muros no reforzados estén ubicados sobre suelos de buena calidad, ya que la albañilería es muy frágil ante los asentamientos diferenciales.



**Ilustración 5.** Fuerza cortante admisible "Va"  
(San Bartolomé, A. 1994)

En realidad la resistencia al corte (**VR en la Ilustración 5.**) y la rigidez en el plano de los muros no reforzados son comparables con las correspondientes a los muros reforzados; pero debido al carácter de falla frágil que tienen los muros no reforzados (por no existir refuerzo que controle el tamaño de las grietas), la Norma adopta factores de seguridad para los muros no reforzados iguales al doble de los correspondientes a los reforzados.

El **espesor efectivo** del muro (**Ilustración 6.**) se define como su espesor bruto descontando los acabados (por el posible desprendimiento del tarrajeo producto de las vibraciones sísmicas), las bruñas u otros detalles de construcción en muros. De acuerdo a la Norma E-070, el espesor efectivo mínimo a emplear en los muros no reforzados debe ser:  $t = h/20$ , donde "h" es la altura libre de piso a techo, o altura de pandeo. Esta fórmula proviene de considerar posibles problemas de pandeo cuando los muros esbeltos se ven sujetos a cargas perpendiculares a su plano, o a cargas verticales excéntricas.



**Ilustración 6.** Espesor Efectivo de un muro: "t"  
(San Bartolomé, A. 1994)

## b) Muros Reforzados

Según la Norma E - 070, en todo muro reforzado puede emplearse un espesor efectivo igual a:  $t = h / 26$  (por ejemplo para una altura libre  $h = 2.4\text{m}$ , se obtendría  $t = 9\text{ cm}$ ); sin embargo, se recomienda la adopción de un espesor efectivo mínimo igual a:  $h / 20$ , a fin de evitar problemas de excentricidades accidentales por la falta de verticalidad del muro y para facilitar la colocación del refuerzo vertical y horizontal (SAN BARTOLOMÉ, 1994).

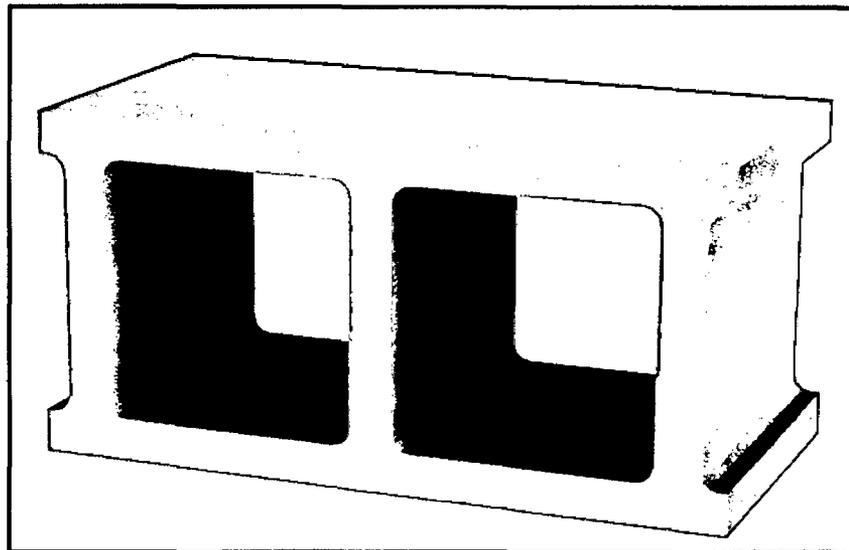
Los muros reforzados por lo general se subdividen en tres subgrupos, habiendo **Muros Armados**, **Muros Laminados** (Tipo Sándwich) y **Muros Confinados**; que son lo de mayor uso en las construcciones actuales.

### ❖ Muros Armados

Se conoce con este nombre a aquella albañilería en la que se utiliza acero como refuerzo en los muros que se construyen. Principalmente estos refuerzos consisten en tensores (como refuerzos verticales) y estribos (como refuerzos horizontales), refuerzos que van empotrados en los cimientos o en los pilares de la construcción, respectivamente. Suele preferirse la utilización de ladrillos mecanizados, cuyo diseño estructural facilita la inserción de los tensores para darle mayor flexibilidad a la estructura. La albañilería armada

con bloques de concreto es un sistema constructivo que consiste en la construcción de muros mediante la disposición ordenada de bloques huecos de concreto, cuyas dimensiones son 0.40 x 0.20 x 0.20m.

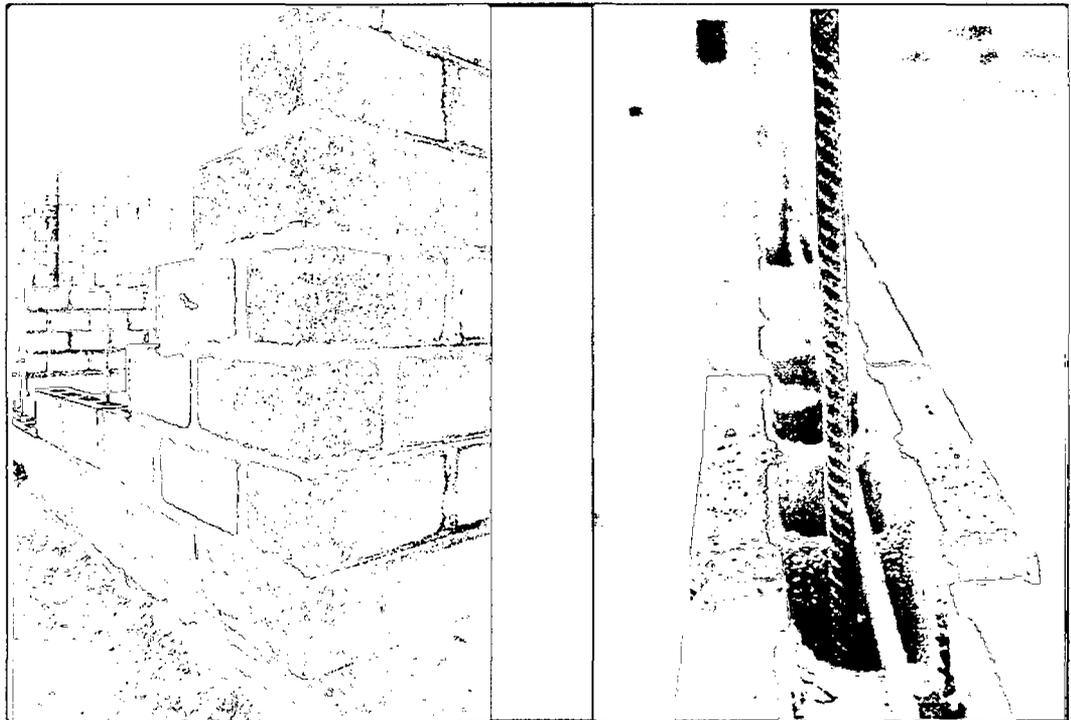
Los ladrillos son colocados de forma traslapada, utilizando un mortero de cemento – arena, con proporciones de 1:4. Este sistema constructivo está constituido también por refuerzos de acero que van al interior de los bloques huecos de concreto, estas varillas de acero corrugado son generalmente de 3/ 8” o 1/2”.Estos elementos de aceros se distribuyen de forma horizontal y vertical, separadas de acuerdo al cálculo estructural. En los alvéolos donde se encuentran las varillas de acero, se vacía el concreto líquido de cemento - arena - piedra chancada de 1/4”de diámetro.



*Ilustración 7. Bloques de concreto de 20x20x40*

**Los bloques** son elementos constructivos formados a partir de moldeo (manualmente o con maquinaria) en matrices o moldes, utilizando como materia prima agregado grueso, cemento, agregado fino y agua en proporciones tales que generan una mezcla trabajable en el molde. Esta mezcla es vaciada en el molde; luego, vibrada manualmente o con máquina y comprimida. Finalmente, se desmolda, fragua y cura. La albañilería confinada con bloques de concreto requiere de vigas y columnas de confinamiento, con lo que se concentra el refuerzo en los bordes del muro. En el caso de la albañilería armada con bloques de concreto, el refuerzo se distribuye a lo largo del muro en los alvéolos de las unidades, y el refuerzo

horizontal se aloja en las juntas horizontales, entre hilada e hilada. La ventaja con este tipo de unidad de albañilería es que por su tamaño proporciona una economía en el tiempo de ejecución, en la utilización de mano de obra y en la cantidad de mortero necesaria, lo que conduce a un abaratamiento del costo de producción, además reduce el número de juntas. La transmisión de calor a través de los muros es un problema que se presenta en las zonas cálidas y en las frías, siendo así más conveniente el empleo de cavidades con aire en el interior de los muros permitiendo que se formen ambientes más agradables.



*Ilustración 8. Muro con refuerzo horizontal y vertical*

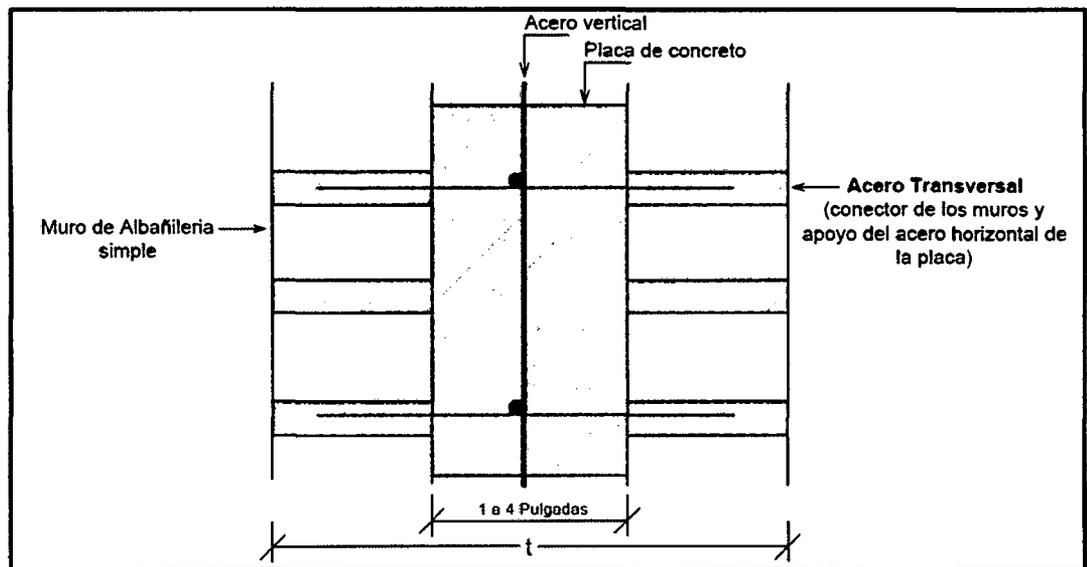
El bloque de concreto se define según la NTP 399.602 como la pieza prefabricada a base de cemento, agua y áridos finos y/o gruesos, naturales y/o artificiales, con o sin aditivos, incluidos pigmentos, de forma sensiblemente prismáticas, con dimensiones modulares y ninguna mayor de 60 Centímetros.

#### ❖ Muros laminares (Tipo Sándwich)

Este muro está constituido por una placa delgada de concreto de espeso de 1 a 4 pulgadas, se unas grout o concreto normal, reforzado con una malla de

acero central, y por dos muros de albañilería simple que sirven como encofrados de la placa.

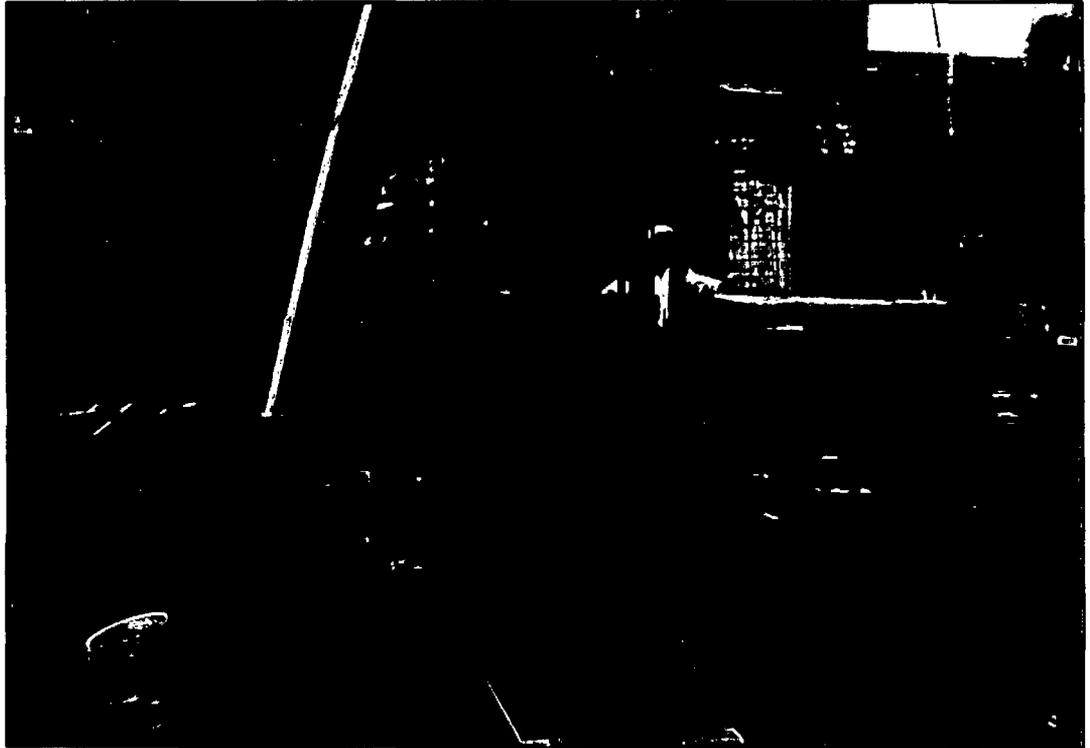
Debido a la adherencia que se genera entre el concreto y los muros de albañilería, así como por el refuerzo transversal que se emplea para la conexión de los dos muros, se logra una integración de todo el sistema. Sin embargo, en la única investigación experimental realizada en el Perú por el Ing. H. Gallegos, utilizando ladrillos sílico - calcáreos, se observó un buen comportamiento elástico del muro laminar, con una elevada rigidez lateral y resistencia al corte; pero después de producirse el agrietamiento diagonal de la placa, ocurrió una fuerte degradación de resistencia y rigidez (falla frágil), debido principalmente a que los muros de albañilería se separaron de la placa, "soplándose".



*Ilustración 9. Sección transversal de un muro laminar*

#### ❖ Albañilería confinada

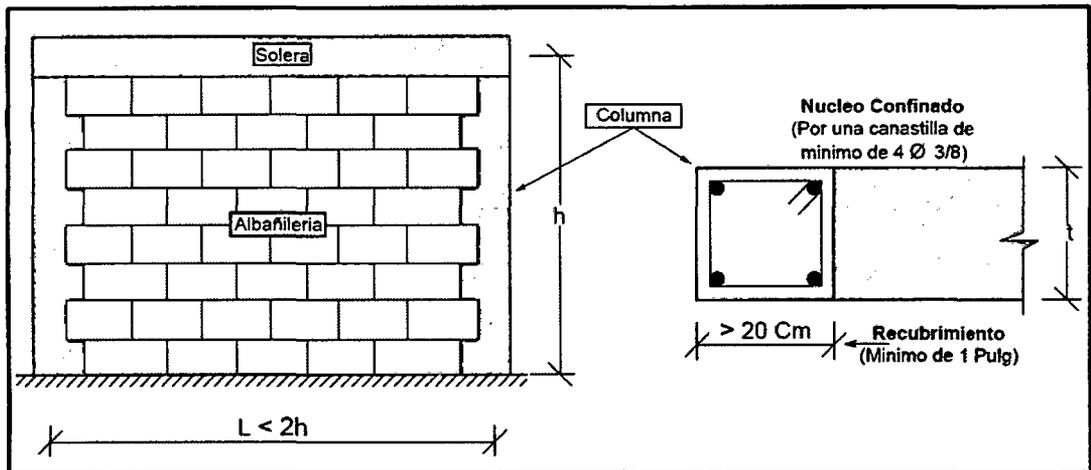
La albañilería confinada es la técnica de construcción que se emplea normalmente para la edificación de una vivienda. En este tipo de construcción se utilizan ladrillos de arcilla cocida, columnas de amarre, vigas soleras, etc.



*Ilustración 10. Construcciones de albañilería confinada  
Cajamarca 2015*

La **Albañilería Confinada** se caracteriza por estar constituida por un muro de albañilería simple enmarcado por una cadena de concreto armado, vaciada con posterioridad a la construcción del muro. Generalmente, se emplea una conexión dentada entre la albañilería y las columnas; esta conexión es más bien una tradición peruana, puesto que en Chile se utiliza una conexión prácticamente a ras que no tuvo un buen comportamiento en el terremoto de 1985.

El **pórtico de concreto armado**, que rodea al muro, sirve principalmente para dar ductilidad al sistema; esto es, para otorgarle capacidad de deformación inelástica, incrementando muy levemente su resistencia, por el hecho de que la viga ("solera", "viga collar", "collarín" o "viga ciega") y las columnas son elementos de dimensiones pequeñas y con escaso refuerzo (*Ilustración 11.*). Adicionalmente, el pórtico funciona como elemento de arriostre cuando la albañilería se ve sujeta a acciones perpendiculares a su plano (*Ilustración 5.*)



**Ilustración 11.** Requisitos mínimos en muros confinados

Es destacable señalar que el **comportamiento sísmico** de un tabique en el interior de un pórtico principal de concreto armado, es totalmente diferente al comportamiento de los muros confinados. La razón fundamental de esa diferencia se debe al procedimiento de construcción, al margen del tipo de unidad o mortero que se emplea en cada caso.

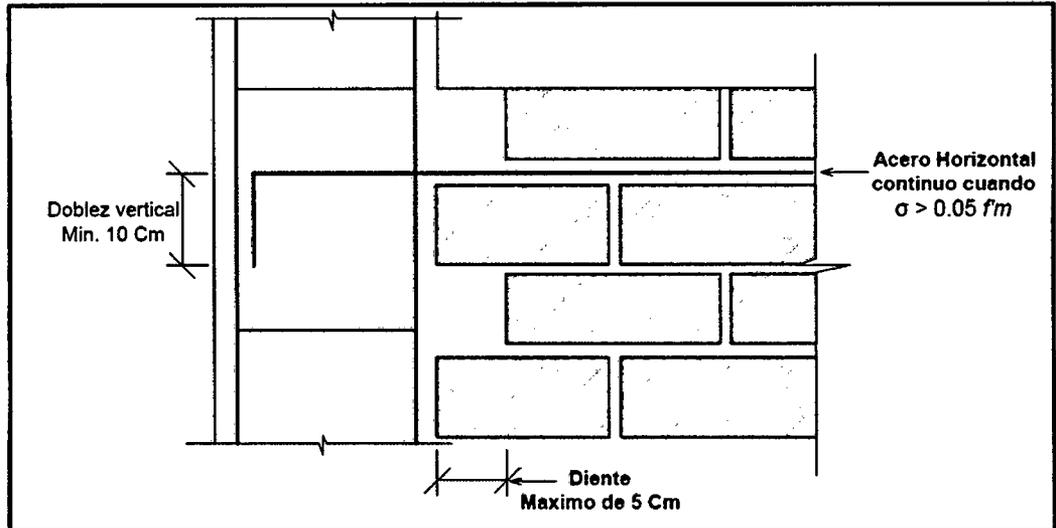
Mientras que en el caso de los tabiques primero se construye la estructura de concreto armado (incluyendo el techo que es sostenido por el pórtico) y finalmente se levanta el tabique, en el caso de los muros confinados el proceso constructivo es al contrario; esto es, primero se construye la albañilería, posteriormente se procede con el vaciado de las columnas y luego se vacían las soleras en conjunto con la losa del techo. Con lo cual, el muro confinado es capaz de transportar y transmitir cargas verticales, cosas que no lo hacen los tabiques.

La técnica constructiva descrita hace que en los muros confinados se desarrolle una gran adherencia en las zonas de interface columna - muro y solera - muro, integrándose todo el sistema; con lo cual estos elementos trabajan en conjunto, como si fuese una placa de concreto armado sub - reforzada (con refuerzo sólo en los extremos), evidentemente con otras características elásticas y resistentes.

Los requisitos básicos que señala la **Norma E - 070**, para que un muro se considere confinado son:

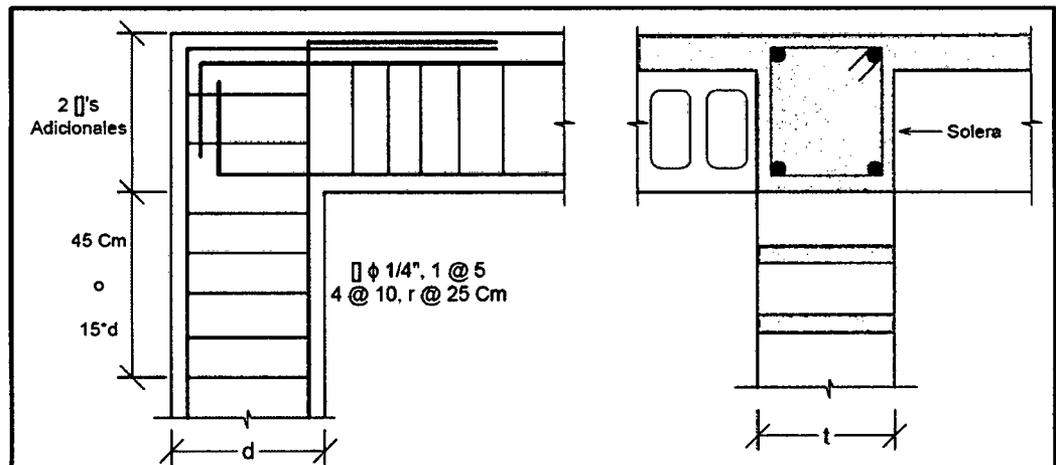
- ✓ Que quede enmarcado en sus cuatro lados por elementos de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras), aceptándose la cimentación de concreto como elemento de confinamiento horizontal para el caso de los muros ubicados en el primer piso (*Ilustración 11.*).
- ✓ Que la distancia máxima centro a centro entre las columnas de confinamiento sea dos veces la distancia entre los elementos horizontales de refuerzo y no mayor de 5 m. De cumplirse esta condición, así como de emplearse el espesor mínimo especificado en el **Artículo 19.1.a** de la **Norma E - 070**, la albañilería no necesitará ser diseñada ante acciones sísmicas ortogonales a su plano, excepto cuando exista excentricidad de la carga vertical (*Ilustración 11.*).
- ✓ Se utilizará unidades de albañilería de acuerdo a lo especificado en el artículo 5.3 de la Norma E-070.
- ✓ La conexión columna - albañilería podrá ser dentada o a ras:
  - En el caso de emplearse una conexión dentada, la longitud de la unidad saliente no excederá de 5 cm y deberá limpiarse de los desperdicios de mortero y partículas sueltas antes de vaciar el concreto de la columna de confinamiento.
  - En el caso de emplearse una conexión a ras, deberá adicionarse “chicotes” o “mechas” de anclaje (salvo que exista refuerzo horizontal continuo) compuestos por varillas de 6 mm de diámetro, que penetren por lo menos 40 cm al interior de la albañilería y 12,5 cm al interior de la columna más un doblez vertical a 90° de 10 cm; la cuantía a utilizar será 0,001.
- ✓ El refuerzo horizontal, cuando sea requerido, será continuo y anclará en las columnas de confinamiento 12,5 cm con gancho vertical a 90° de 10 cm.
- ✓ Los traslapes del refuerzo horizontal o vertical tendrán una longitud igual a 45 veces el mayor diámetro de la barra traslapada. No se permitirá el

traslape del refuerzo vertical en el primer entrepiso, tampoco en las zonas confinadas ubicadas en los extremos de soleras y columnas.



**Ilustración 12.** Detalle del anclaje del refuerzo horizontal Continuo en un muro confinado

- ✓ Los estribos a emplear en las columnas de confinamiento deberán ser cerrados a 135°, pudiéndose emplear estribos con ¾ de vuelta adicional, atando sus extremos con el refuerzo vertical, o también, zunchos que empiecen y terminen con gancho estándar a 180° doblado en el refuerzo vertical (**Ilustración 13.**).



**Ilustración 13.** Disposición mínima de estribos

- ✓ El concreto deberá tener una resistencia a compresión ( $f_c$ ) mayor o igual a 17.15 MPa (175 kg/cm<sup>2</sup>). La mezcla deberá ser fluida, con un revenimiento del orden de 12,7 cm (5 pulgadas) medida en el cono de Abrams. En las columnas de poca dimensión, utilizadas como

confinamiento de los muros en aparejo de soga, el tamaño máximo de la piedra chancada no excederá de 1,27 cm (½ pulgada).

- ✓ Que todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollen plena capacidad a la tracción, de acuerdo a la NTP E - 060 de Concreto Armado.
- ✓ El espesor mínimo de las columnas y solera será igual al espesor efectivo del muro.
- ✓ El peralte mínimo de la viga solera será igual al espesor de la losa de techo.
- ✓ El peralte mínimo de la columna de confinamiento será de 15 cm. En el caso que se discontinúen las vigas soleras, por la presencia de ductos en la losa del techo o porque el muro llega a un límite de propiedad, el peralte mínimo de la columna de confinamiento respectiva deberá ser suficiente como para permitir el anclaje de la parte recta del refuerzo longitudinal existente en la viga solera más el recubrimiento respectivo.
- ✓ Cuando se utilice refuerzo horizontal en los muros confinados, las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12,50 cm y terminarán en gancho a 90°, vertical de 10 cm de longitud tal como lo muestra la **Ilustración 12**.



**Ilustración 14.** Refuerzo horizontal mínimo en un muro  
Con esfuerzo axial mayor a 0.05 f'm

### II.3.6 Las Unidades De Albañilería (Los Ladrillos)

En este apartado describimos algunas consideraciones generales, ubicación de canteras de extracción de materias primas en los centros poblados de San José y Manzanamayo, descripción de la materia prima extraída, y la toma de muestras para la clasificación de los ladrillos producidos en estas zonas.

#### A. Materia Prima Para La Elaboración Del Ladrillo

La materia prima utilizada para la elaboración de las unidades de albañilería, más conocido como “Ladrillos”, es la **arcilla**, encontrada en la superficie de la mayoría de suelos orgánicos, lo que permite su fácil y económica explotación.

##### a) Información Técnica Sobre Arcillas

Según la teoría geológica se explica que la formación de las arcillas se da por la descomposición de las rocas ígneas primarias o rocas básicas, como los granitos, feldespatos o pegmatitas, los cuales son alterados por los agentes atmosféricos a través del tiempo, produciéndose las diferentes clases de arcilla según el grado de intemperización hasta alcanzar tamaños menores que dos micras (0.002 mm).

Según la teoría química explica la formación de las arcillas por sedimentación coloidal a partir de geles de aluminio y sílice (disoluciones) de grano fino.

La arcilla es el producto final de la descomposición de las rocas, el cual se presenta como material pétreo o terroso que contiene esencialmente silicato de aluminio hidratado e impurezas, componentes que le da diferentes propiedades como:

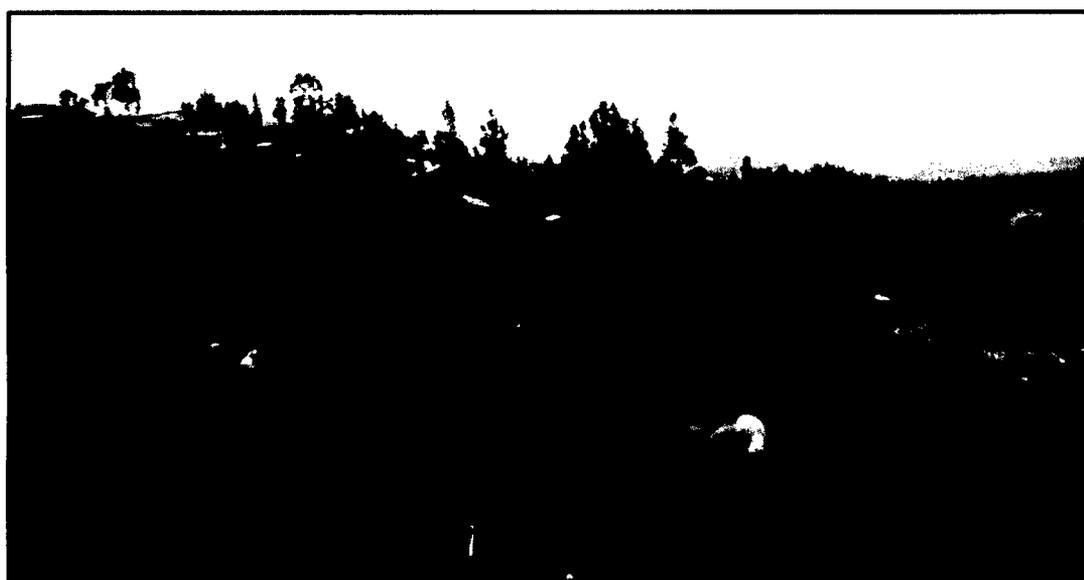
- ✓ **Plasticidad**, esta propiedad le permite a la arcilla en combinación con el agua necesaria, adquirir cierta flexibilidad, y se puede con la masa amoldar diferentes formas de objetos o ladrillos.
- ✓ **Contracción**, tiene efecto durante el secado. La pérdida de agua se inicia en los poros superficiales, continuando estos en los poros interiores, hasta

conseguir un equilibrio, entonces por arrastre se contraen los poros, disminuyendo el volumen.

- ✓ **Aglutinación**, es la propiedad por la cual las arcillas se consolidan en una masa.
- ✓ **Porosidad y absorción de agua**, dependiendo de los componentes estos pueden ser impermeables.
- ✓ **Vitrificación**, es la propiedad de las arcillas de hacerse duras. A temperaturas muy elevadas la pasta se vitrifica, se vuelve más sonora y queda dura.

#### **b) Usos y Ubicación De Canteras En La Zona**

Los centros poblados de Manzanamayo y San José son zonas agrícolas y ganaderas, dedicando la mayor parte de su tiempo al cultivo de maíz, arveja y pastizales (*Ilustración 15.*); la extracción de arcillas para la fabricación de ladrillo se inició en los años 90's con la demanda creciente de las poblaciones en los alrededores de la Provincia De Cajamarca y el Distrito De Los Baños Del Inca además de los centros poblados alrededores entre ellos Otuzco, Santa Bárbara, Cerrillo y otros cercanos.



*Ilustración 15. Usos actuales de la zona*

Es así que motivados por el incremento de la demanda de ladrillo, muchas de las familias de estas zonas inicia a producir a pequeñas escalas en hornos

familiares de aproximadamente 12 a 14 millares de ladrillos por cada horno; es debido a ello que podemos encontrar una gran dispersión de canteras de extracción de materias primas a lo largo y ancho de estos Centros Poblados, siendo uno de los más grandes centros de extracción de material arcillo-arenoso la cantera de San José (*Ilustración 16. Ilustración 18.*), pudiendo ser comparada esta cantera con la cantera de extracción de Cerrillo (mayor centro de producción de ladrillo en el distrito de Baños del Inca).



*Ilustración 16. Hornos al costado de la cantera de San José*

### **c) Descripción De Las Canteras De Arcillas**

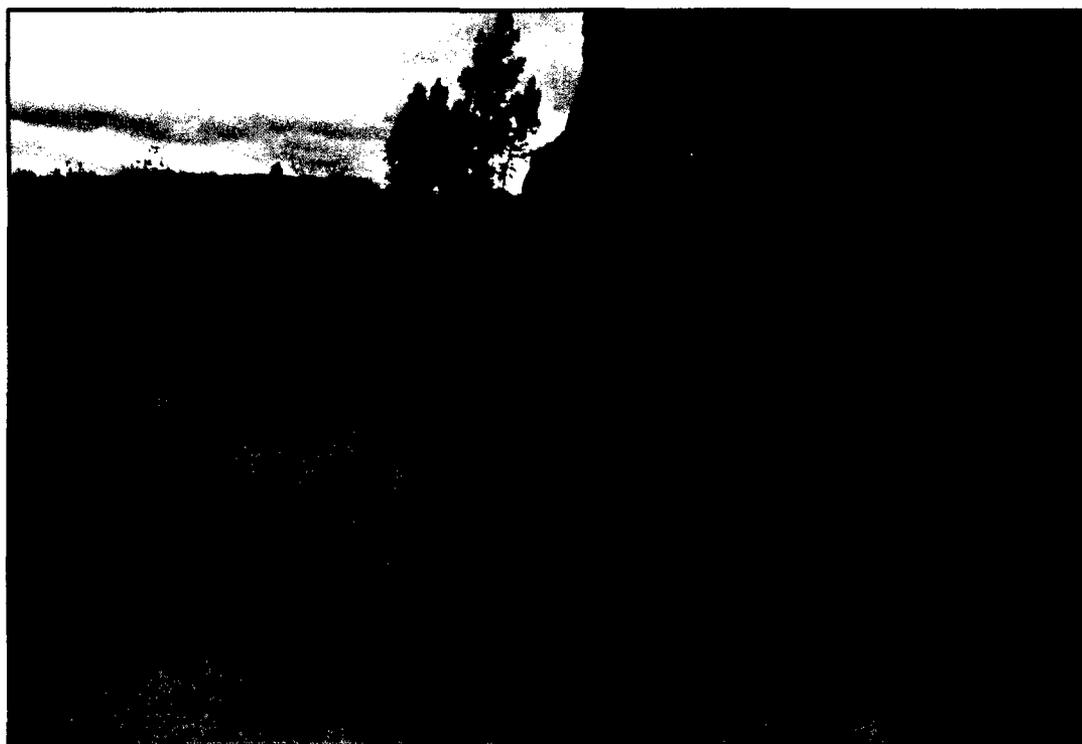
Los lugares de donde se obtienen los materiales arcillosos para la fabricación de ladrillos en estas zonas por lo general cuentan con dos estratos, uno de pocos centímetros de espesor que en su composición es materia orgánica, y otro de una gran potencia (espesor) cuya composición es arena arcillosa de color blanco amarillenta, ideal para la fabricación ladrillos, ya que por su consistencia arenosa se desgrana al tacto y es manejable para el amasado.

Este tipo y constitución del suelo se extiende en toda el área de Manzanamayo y San José, es por ello que los comuneros de estos centros poblados toman la iniciativa de tener hornos de producción familiares de pequeña escala, pues cada una de las familias puede contar con uno de estos, el cual es fuente de ingreso económico fijo al hogar, durante cualquier época del año, dependiendo de la intensidad de trabajo que estos realicen.



*Ilustración 17. Composición del suelo en la zona*

No se han realizado ensayos mecánicos del tipo de suelo de estas zonas ya que el suelo utilizado en la producción de ladrillos es única y uniforme en la zona, compartiendo características con la gran mayoría del área de estudio.



*Ilustración 18. Cantera San José*

#### **d) Identificación De Productores Artesanales**

##### **❖ Condición Socio Económica De Los Productores**

La condición socio económica de estos labradores, moldeadores y horneros, es de precaria a muy precaria, pero dada la situación económica del país,

esta actividad es una alternativa de empleo temporal o permanente. Es así que los labradores en su gran mayoría, comparten su actividad agrícola ganadera con la de labrar ladrillos.

Del trabajo de campo efectuado se ha registrado que el ingreso promedio diario de un trabajador categorizado como peón (persona con poca o sin experiencia en la actividad) es de S/. 12.00 por día y S/. 360.00 mensuales (\$109.75 /mensual. 1\$=S/.3.28), lo cual está por debajo del ingreso mínimo vital. De igual modo, un oficial (persona con experiencia en la actividad) obtiene como jornal mínimo S/. 16.00 por día y S/. 480.00 mensuales (\$146.37/mensual) a Junio del 2015.



*Ilustración 19. Amasado de la arcilla, San José.*

#### ❖ Localización Y Registro De Ladrilleras

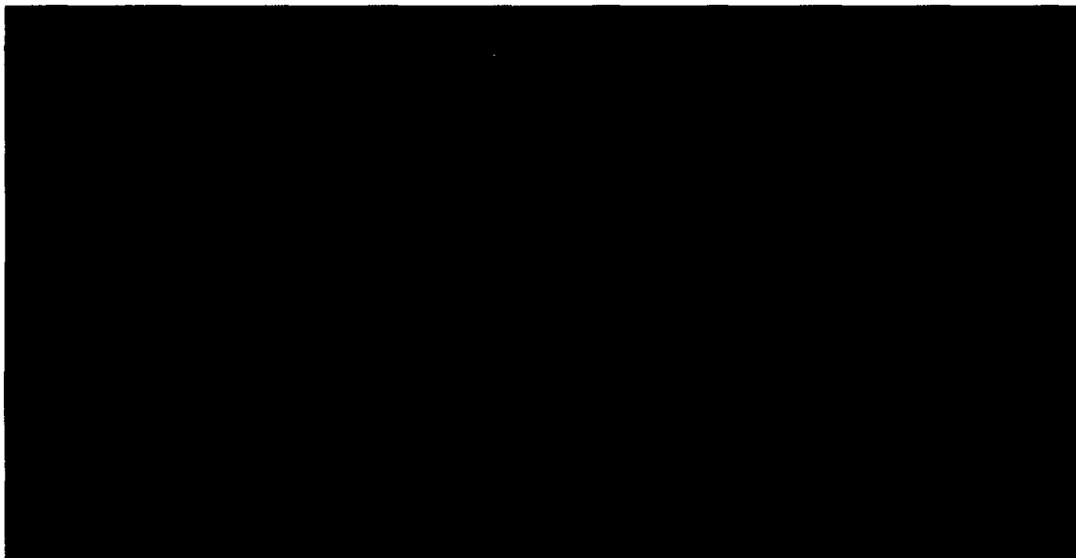
Para la localización y abigeo de las ladrilleras en la zona nos contactamos con uno de los pobladores de Manzanamayo que conoce por completo a las familias y a los lugares involucrados en este proyecto de investigación, esta persona a la vez es productor de ladrillos en su pequeño horno familiar.

Para la identificación de los hornos hemos hecho un registro (*Tabla 2.*), en el cual registraremos el código de zona, al propietario del horno, la capacidad de producción y la frecuencia de quemado.

El código de zona o código de identificación lo hemos creado acondicionándolo a si pertenece al centro poblado de Manzanamayo (M) o si pertenece al Centro Poblado de San José (SJ), así el horno del Sr. Juan Pérez ubicado en la zona céntrica de San José tendrá aproximadamente el código SJ-10; de tal manera que tenemos la siguiente *Tabla 2.*



*Ilustración 20. Moldeo de ladrillo, en Manzanamayo*



*Ilustración 21. Desmenuzado de la arcilla, San José*

**Tabla 2. Propietarios y ubicación de fábricas de ladrillo**

CÓDIGO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	Nº HORNOS	CAPACIDAD (MILLAR)	FRECUENCIA DE QUEMADO	
					INTERVALO	CANTIDAD
M - 01	ADRIANO CRUZADO CHUQUIRUNA	MANZANAMAYO	01	14	01.50	9.333
M - 02	GENARO CRUZADO CHILON	MANZANAMAYO	01	22	02.00	11.000
M - 03	PABLO CHILON CHALAN	MANZANAMAYO	01	17	01.00	17.000
M - 04	EMETERIO PEREGRINO LLOVERA	MANZANAMAYO	01	21	01.50	14.000
M - 05	CESAR CHILON NOVOA	MANZANAMAYO	01	12	02.00	6.000
M - 06	MIGUEL CHILON CHALAN	MANZANAMAYO	01	19	02.00	9.500
M - 07	WILSON CHILON HUATAY	MANZANAMAYO	01	21	01.50	14.000
M - 08	WILMER CHILON NOVOA	MANZANAMAYO	01	16	02.00	8.000
M - 09	ERNESTO RAU LLLANOS LLOVERA	MANZANAMAYO	01	14	02.00	7.000
M - 10	MIGUEL LLOVERA CRUZADO	MANZANAMAYO	01	13	02.00	6.500
M - 11	FRANCISCO LLOVERA CRUZADO	MANZANAMAYO	01	14	02.00	7.000
M - 12	ADRIANO CRUZADO CHUQUIRUNA	MANZANAMAYO	01	21	01.50	14.000
M - 13	AVELINO CHILON CHALAN	MANZANAMAYO	01	15	01.50	10.000
M - 14	HILARIO CRUZADO CHILON	MANZANAMAYO	01	13	02.00	6.500
M - 15	JUAN LLOVERA CRUZADO	MANZANAMAYO	01	21	01.50	14.000
M - 16	HILARIO CRUZADO CHILON	MANZANAMAYO	01	14	02.00	7.000
M - 17	SANTOS CRUZADO CHILON	MANZANAMAYO	01	17	02.00	8.500
M - 18	FLORENTINO CRUZADO LLOVERA	MANZANAMAYO	01	12	02.00	6.000
M - 19	MARCOS CHILON CHALAN	MANZANAMAYO	01	17	02.00	8.500
M - 20	SIMONA SALDAÑA LLANOS	MANZANAMAYO	01	13	02.00	6.500
M - 21	JOSEFA LLOVERA CRUZADO	MANZANAMAYO	01	24	01.50	16.000
M - 22	FRANCISCO PEREGRINO TERRONES	MANZANAMAYO	01	14	02.00	7.000
M - 23	MARTINA NOVOA LLOVERA	MANZANAMAYO	01	23	01.50	15.333
M - 24	TOMASA CALDERON JULCAMORO	MANZANAMAYO	01	17	01.50	11.333
M - 25	MANUEL CHUQUIRUNA QUILICHE	MANZANAMAYO	01	24	01.50	16.000
M - 26	AUGUSTO CHUQUIRUNA MARCELO	MANZANAMAYO	01	16	01.50	10.667
M - 27	ENCARNACION CHILON CHALAN	MANZANAMAYO	01	19	02.00	9.500
SJ - 01	JOSE MANUEL TACILLA HUATAY	SAN JOSÉ	01	24	02.00	12.000
SJ - 02	ALBERTO HUATAY TACILLA	SAN JOSÉ	01	14	01.50	9.333
SJ - 03	NICOLAS ZAMBRANO INFANTE	SAN JOSÉ	01	15	01.50	10.000
SJ - 04	NATIVIDAD TACILLA HUATAY	SAN JOSÉ	01	13	01.00	13.000
SJ - 05	CATALINO TACILLA SAMAN	SAN JOSÉ	01	21	01.50	14.000
SJ - 06	JESUS MARTIN HUATAY ÑONTOL	SAN JOSÉ	01	14	01.00	14.000
SJ - 07	ANDRES HUATAY ÑONTOL	SAN JOSÉ	01	22	02.00	11.000
SJ - 08	LUCY NOVOA CHILON	SAN JOSÉ	01	22	01.50	14.667
SJ - 09	JAI ME BENITO CRUZADO HUATAY	SAN JOSÉ	01	23	01.50	15.333
SJ - 10	MAXIMILIANO NOVOALLOVERA	SAN JOSÉ	01	20	01.50	13.333
SJ - 11	FRANCISCO HUATAY TACILLA	SAN JOSÉ	01	19	02.00	9.500
SJ - 12	ARTEMIO CHILON NOVOA	SAN JOSÉ	01	24	01.50	16.000
SJ - 13	MARCOS CHILON CHALAN	SAN JOSÉ	01	22	01.50	14.667
SJ - 14	VICENTE LLOVERA CHUNQUE	SAN JOSÉ	01	23	02.00	11.500
SJ - 15	JESUS LLOVERA CASTREJON	SAN JOSÉ	01	24	01.50	16.000
SJ - 16	CATALINO LLOVERA CHUNQUE	SAN JOSÉ	01	15	01.50	10.000
SJ - 17	CESAR ÑONTOL BARRANTES	SAN JOSÉ	01	13	01.50	8.667
SJ - 18	JESUS CRUZADO CHILON	SAN JOSÉ	01	24	02.00	12.000

CÓDIGO	PROPIETARIO	UBICACIÓN	Nº HORNOS	CAPACIDAD (MILLAR)	FRECUENCIA DE QUEMADO	
					INTERVALO	CANTIDAD
SJ - 19	AMILCAR HUATAY QUILICHE	SAN JOSÉ	01	18	02.00	9.000
SJ - 20	ESPIRITU LLOVERA CHILON	SAN JOSÉ	01	16	01.50	10.667
SJ - 21	ROGELIO HUATAY QUILICHE	SAN JOSÉ	01	20	02.00	10.000
SJ - 22	JUAN LLOVERA SAMAN	SAN JOSÉ	01	18	01.50	12.000

**Fuente:** Elaboración propia

Entre otras pequeñas fábricas que hemos podido identificar en la zona de estudio, las que presentamos en las tablas antes mencionadas son las de mayor frecuencia y capacidad de producción.

Todas estas familias mencionan que en su mayoría su producción es distribuida en la ciudad de la provincia, es decir, en la ciudad de Cajamarca, muchas veces esta producción es realizada a pedido ya que la demanda de este tipo de material es elevada en el distrito de Cajamarca y Baños del Inca.

#### e) Muestreo de las Unidades de Albañilería (Ladrillos)

##### ❖ Marco Conceptual

**Lote:** Es el conjunto de ladrillos de la misma forma y tamaño fabricados en condiciones similares de producción.

**Muestra:** Es el grupo de ladrillos extraídos al azar del lote para efectos de obtener la información necesaria que permita apreciar las características de ese lote.

**Espécimen:** Es cada una de las unidades en donde se aplicará cada ensayo especificado en la Norma.

##### ❖ Número de Muestras

De las Normas ININVI E.070 e ITINTEC 331.017, sección 4.2, para cada lote de 50,000 ladrillos o fracción, se realizará la secuencia "A" de ensayos y la secuencia "B" de ensayos, por cada grupo adicional de 100,000 ladrillos o fracción. En base a esto la **Tabla 3**. Indica el número de especímenes escogidos.

**Tabla 3. Número de Especímenes para cada ensayo**

ENSAYO	SECUENCIA A	SECUENCIA B
VARIACIÓN DIMENCIONAL	10	0
ALABEO	10	0
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	5	3
DENSIDAD	5	3
MODULO DE ROPTURA	5	3
ABSORCIÓN	5	3
ABSORCIÓN MAXIMA	5	3
SUCCIÓN	5	3

Del proyecto de Norma NTE - 070 Albañilería (2004), acápite E.1 la resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'm$ ) y a corte ( $v'm$ ) se determinará de manera empírica, recurriendo a tablas o registros históricos o mediante ensayos de prismas, según se indica en la **Tabla 4**.

**Tabla 4. Métodos para determinar  $f'm$  y  $v'm$**

RESISTENCIA CARACTERISTICA	CASAS DE 1 a 2 PISOS			VIVIENDAS DE 3 a 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	ZONA SÍSMICA			ZONA SÍSMICA			ZONA SÍSMICA		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
$f'm$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$v'm$	A	A	A	B	A	A	B	B	A
<p>A. Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.</p> <p>B. Determinada mediante ensayos de laboratorio.</p>									

Cuando se construyan conjuntos habitacionales, la resistencia de la albañilería  $f'm$  y  $v'm$  deberán comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante ella. Los ensayos previos a la obra consistirán de cinco especímenes. Durante la construcción, la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes:

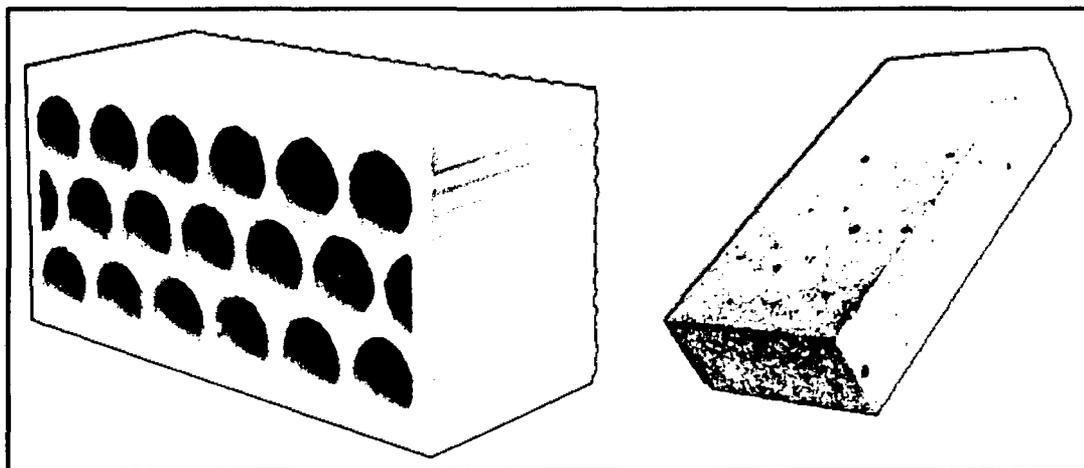
- ✓ Cuando se construyan conjuntos habitacionales de viviendas multifamiliares de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f'm será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500m<sup>2</sup> de área techada y v'm con tres muretes por cada 1000m<sup>2</sup> de construcción.
- ✓ Cuando se construyan conjuntos habitacionales de viviendas de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f'm será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500m<sup>2</sup> de área techada y v'm con tres muretes por cada 500m<sup>2</sup> de construcción.

## B. Tipología Y Clasificación De Las Unidades de Albañilería

La tipología de las unidades de albañilería se realiza basándose en el área neta, medida en proporción a la superficie bruta de la cara de asiento, y en las características de los alvéolos. La tipología no tiene que ver ni con el tamaño de las unidades ni con la materia prima con que se elaboran. Es decir, para el mismo tipo puede haber distintos ladrillos o bloques, tal y como se mencionó en el apartado 1.3.3.

### a) Unidades Sólidas O Macizas

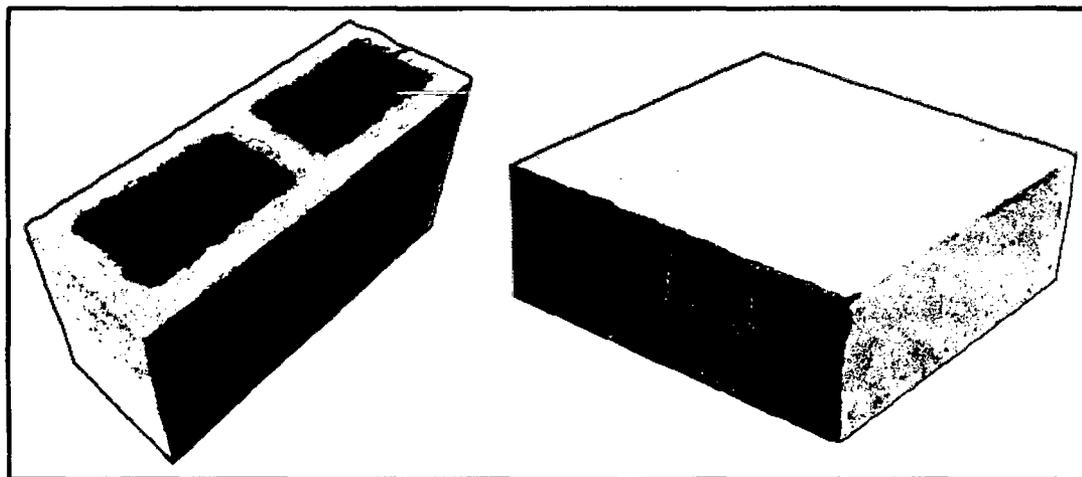
Son las que no tienen huecos o, en todo caso, presentan alveolos o perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento que cubren un área no mayor al 30% del área de la sección bruta en el mismo plano (*Ilustración 22*).



*Ilustración 22. Ladrillo sólida o maciza*

## b) Unidades Huecas

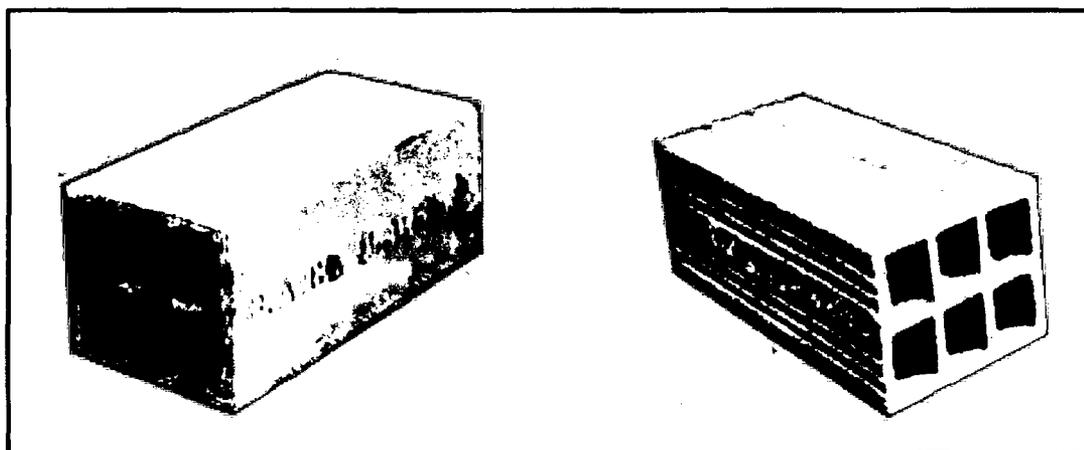
Se le llama así a la unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano. En esta categoría clasifican los bloques de concreto vibrado (empleados en la albañilería armada) y también, las unidades con muchas perforaciones como los ladrillos para techo (*Ilustración 23.*)



*Ilustración 23. Ladrillo hueco*

## c) Unidades Tubulares o Pandereta.

Son llamadas las unidades de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento (*Ilustración 24.*)



*Ilustración 24. Ladrillo tubular*

### C. Limitaciones En La Aplicación Estructural De Tipos De Ladrillo

Al margen del valor de la resistencia a la comprensión, de las unidades de los diversos tipos de ladrillo, la diferencia del comportamiento radica en la fragilidad de la falla. Las unidades sólidas son las únicas que muestran un comportamiento razonablemente dúctil, sin fallas explosivas, mientras que todas las otras presentan fallas explosivas o frágiles, ya sea como unidades individuales o como componentes de un muro. La consecuencia de este hecho es que las unidades huecas y perforadas son admitidas con condiciones, y las tubulares no son admitidas para construcciones de muros portantes, particularmente en zonas sísmicas. Cuando las unidades huecas se llenan con concreto líquido su comportamiento en la falla se modifica, ductilizándose, entonces pueden ser admitidas para la construcción de muros portantes (GALLEGOS & CASABONNE, 2005).

En la **Tabla 5.**, se señala las limitaciones de aplicación estructural de los diferentes tipos de unidades de albañilería.

**Tabla 5.** Limitaciones de aplicación estructural de los tipos de ladrillo

TIPO	POSIBILIDAD DE APLICACIÓN			
	MURO EN ZONA SÍSMICA		MURO EN ZONA NO SÍSMICA	
	PORTANTE	NO PORTANTE	PORTANTE	NO PORTANTE
SÓLIDA	ÓPTIMA	APLICABLE, PERO MUY PESADA Y COSTOSA	ÓPTIMA PARA CARGAS ELEVADAS	APLICABLE PERO MUY COSTOSA
HUECA	NO APLICABLE TAL CUAL.	ÓPTIMA	NO APLICABLE	ÓPTIMA
	ÓPTIMA SI SE LLENAN LOS ALVÉOLOS CON CONCRETO LÍQUIDO			
TUBULAR	NO APLICABLE	ÓPTIMA	NO APLICABLE	ÓPTIMA

FUENTE. (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)

#### **D. Unidades de Arcilla**

Son los ladrillos sólidos, perforados y tubulares o cerámicos de arcilla cocida, elaborado de manera artesanal o industrial, el color varía de acuerdo a la arcilla, que va de amarillento a rojizo.

La materia prima para la fabricación de los ladrillos es la Arcilla, estas arcillas empleadas como materia prima para la fabricación de los ladrillos se clasifican en calcáreas y no calcáreas. Las primeras contienen un 15% de carbonato de calcio, que da lugar a unidades de color amarillento; en las segundas, predomina el silicato de alúmina con un 5% de óxido de hierro, que le proporciona un tono rojizo. Las mejores arcillas contienen un 33% de arena y limo; es necesario que exista arena para reducir los efectos de contracción por secado de la arcilla (GALLEGOS & CASABONNE, 2005).



*Ilustración 25. Ladrillo en horno artesanal, San José.*

### a) Clasificación De Los Ladrillo De Arcilla

De acuerdo a las investigaciones realizadas por el Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), Pontificia Universidad Católica del Perú y la Universidad Nacional de Ingeniería, al ladrillo se le puede clasificar de acuerdo a sus dimensiones, en:

- ✓ Tipo corriente: 24x14x6 cm. (3 kg.)
- ✓ Tipo King Kong: 24x14x10 cm. (5 a 6 kg.)
- ✓ Tipo pastelero: 20x20x2.5 cm.
- ✓ Tipo pandereta: 24x12x10 cm. (2.5 a 3 kg.)
- ✓ Tipo hueco: Se emplea en la construcción de losas aligeradas.
- ✓ Tipo IKARO: 24x11.5x9.5 cm. (3 kg.)

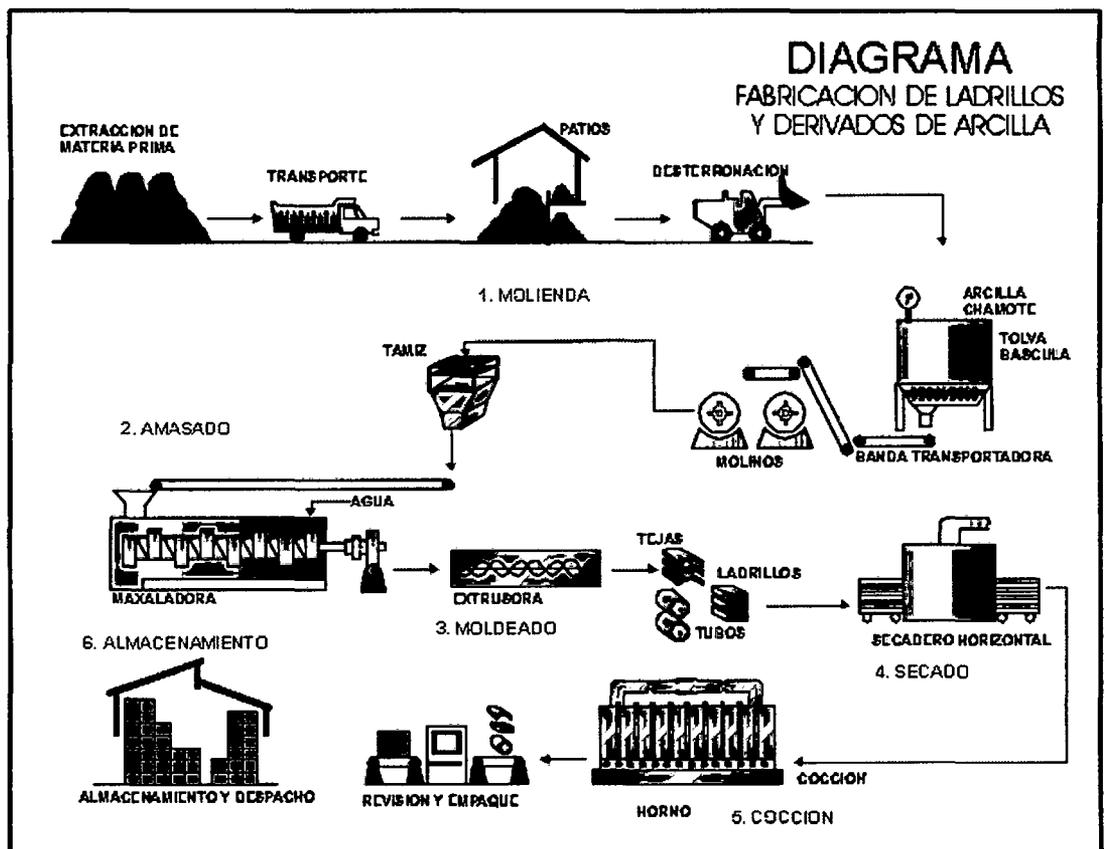
### b) Formas De Fabricación Del Ladrillo

El proceso de elaboración del ladrillo es variable, siendo artesanal, semi-industriales e industriales, elaborándose diferentes productos en su forma, tamaño y dimensiones.

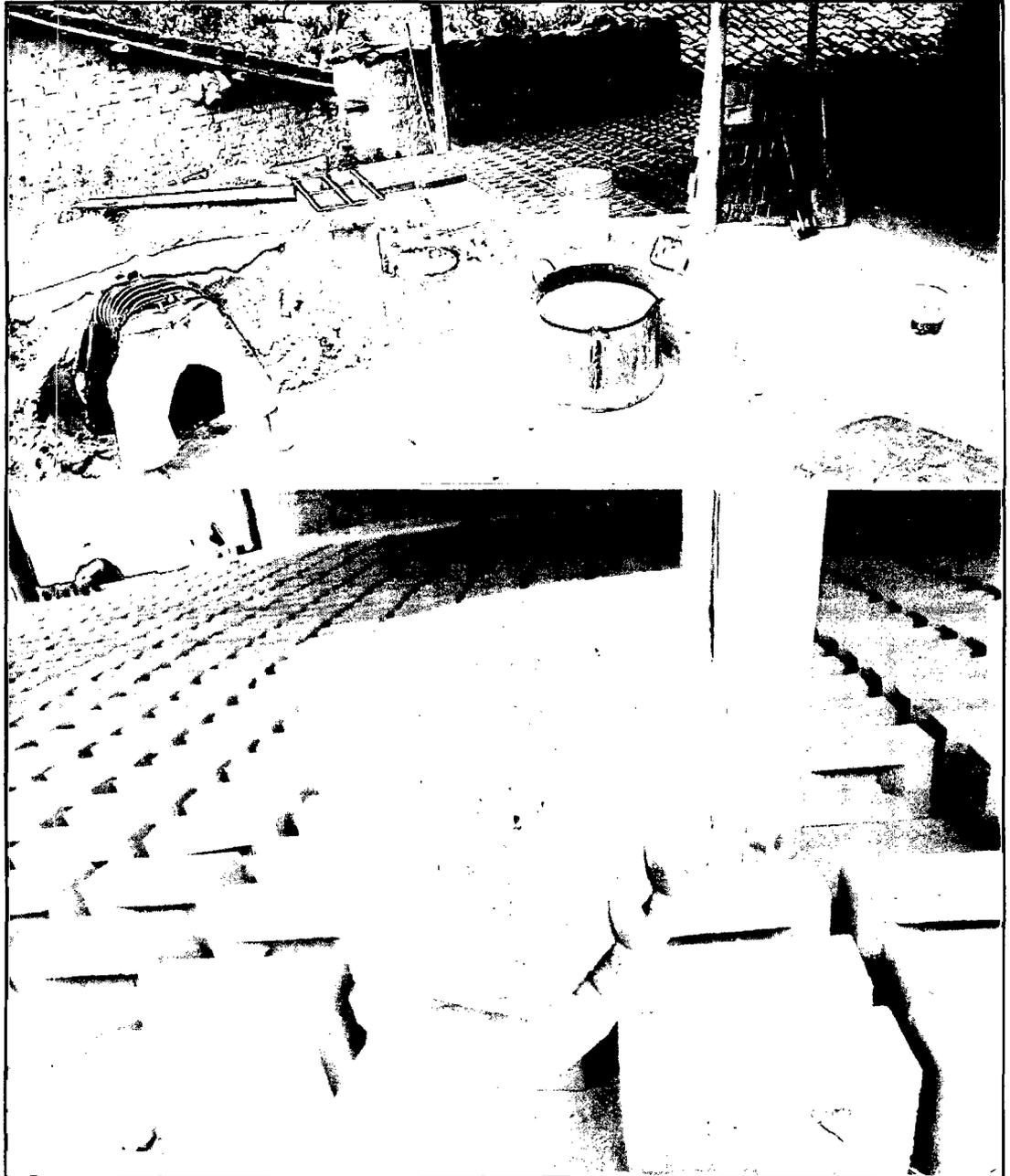
Distintos autores concuerdan en las etapas de la elaboración del ladrillo, al respecto San Bartolomé en su libro *Construcciones De Albañilería (1994)*, menciona que se debe seguir el siguiente proceso:

- ✓ **Extracción** del material en la cantera mediante picos, lampas, carretillas y equipo mecánico en la elaboración artesanal; o con palas mecánicas en el proceso industrial. Luego se tamiza el material empleando mallas metálicas, para de este modo eliminar piedras y otras materias extrañas.
- ✓ **Molienda** de la materia prima, apisonándola o con molinos.
- ✓ **Mezclado** de la materia prima con agua y arena, dejando dormir la tierra durante un día (artesanal, como el adobe), o empleando máquinas dosificadoras al peso (industrial).

- ✓ **Moldeado** se efectúa amasando la mezcla sobre moldes de madera (como el adobe), con prensas (a gran presión) o con extrusoras; en este último caso, la masa plástica es obligada a pasar por una boquilla con la sección transversal del producto terminado.
- ✓ **El secado** se realiza colocando las unidades sobre un tendal, o introduciéndolas en un horno con temperatura regulable (desde la del medio ambiente hasta los 200 °C).
- ✓ **El quemado** se efectúa en hornos abiertos con quemadores de leña o petróleo (colocados en la base), esto da lugar a diferencias de más del 100 % entre la resistencia de las unidades ubicadas en la parte baja y alta del horno; o con hornos tipo túnel con quemadores de petróleo o de carbón molido, con cámaras de temperaturas regulables hasta 1200°C y de enfriamiento. Este proceso dura entre 2 y 5 días.



*Ilustración 26. Diagrama de fabricación del ladrillo*



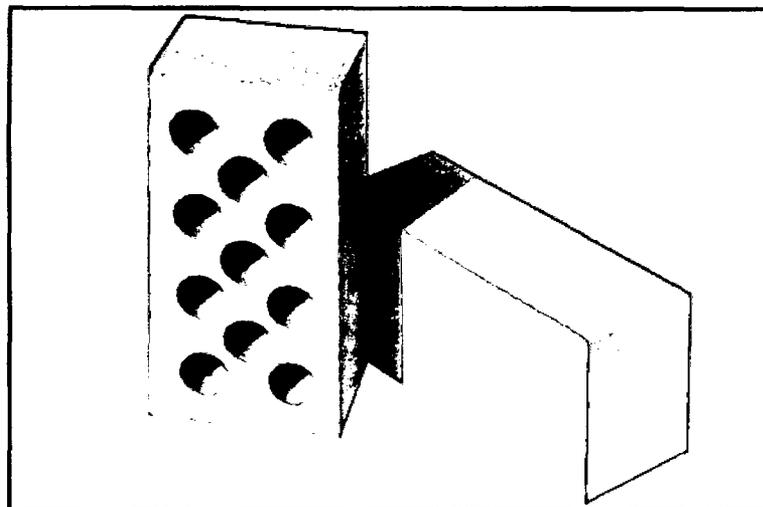
*Ilustración 27. Moldeo y secado de ladrillos Manzanamayo*

### **E. Unidades Sílico-Calcáreas**

La materia prima que compone estas unidades son: La cal hidratada (10%) y arena (con un 75% de sílice), lo que da lugar a unidades de color blanco grisáceo, aunque puede añadirse pigmentos que le proporcionan otras tonalidades. La dosificación de los materiales (incluyendo agua) se hace en peso, y para el moldeo de las unidades se utilizan prensas mecánicas o hidráulicas. Luego, las unidades se endurecen curándolas a vapor en cámaras "autoclave" con elevada presión (entre 8 a 17 atmósferas).

Durante este proceso la cal reacciona químicamente con el silicio, formando un agente cementante (silicato cálcico hidratado) que une las partículas de arena (SAN BARTOLOMÉ, 1994).

La ventaja de estas unidades sobre las de arcilla es que sus dimensiones entre el estado crudo y el producto terminado prácticamente no varían; asimismo, por el proceso mecanizado en su fabricación, tienen muy poca variación en su resistencia a compresión, que suele ser alta. La principal desventaja de estas unidades es que su textura es suave, con poros muy cerrados, esto hace que la adherencia mortero - unidad sea reducida; por esta razón, últimamente se han producido unidades sílico-calcáreas con estrías y perforaciones en su superficie de asentado (SAN BARTOLOMÉ, 1994)



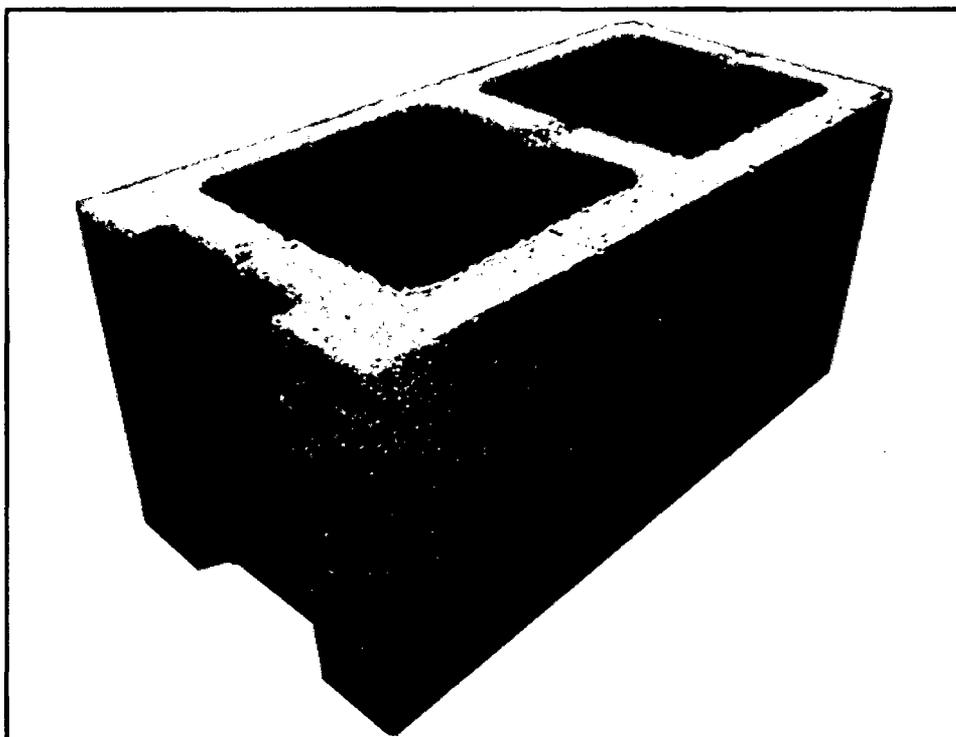
*Ilustración 28. Unidades sílico - calcáreas*

#### **F. Unidades de concreto**

Estas unidades pueden ser artesanales (ladrillos) o industriales (ladrillos y bloques), con un tono gris verdoso, aunque puede agregarse pigmentos que varíen su color. Su textura usual es gruesa, con poros abiertos, y su peso puede aligerarse empleando piedra pómez como agregado (SAN BARTOLOMÉ, 1994).

La ventaja de las unidades de concreto sobre las anteriores es que dependiendo de la dosificación que se emplee (cemento - arena - confitillo - agua), pueden lograrse unidades con una resistencia que dependa del uso a que se destine (SAN BARTOLOMÉ, 1994).

Se hacen exclusivamente de cemento portland, agregados grueso y agua. Dependiendo de los requisitos específicos, las mezclas pueden contener otros ingredientes especiales.



*Ilustración 29. Ladrillos de concreto*

### **G. Clasificación De Los Ladrillos Para Fines Estructurales**

De acuerdo a la Norma NTP 331.017 y Norma Técnica E-070, los ladrillos se clasifican en 5 tipos:

- ✓ **TIPO I.** Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad muy baja; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencias mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.
- ✓ **TIPO II.** En esta categoría clasifican los ladrillos de baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse bajo condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con la lluvia, suelo o agua).

- ✓ **TIPO III.** Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad, aptos para emplearse en construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo<sup>3</sup>.
- ✓ **TIPO IV.** Estos ladrillos son de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser utilizados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.
- ✓ **TIPO V.** Tienen una resistencia y durabilidad elevada; son aptos para emplearse en condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo similares al TIPO IV.

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la **Tabla 6**. Según la Norma Técnica Peruana E-070.

**Tabla 6.** Características del ladrillo para fines estructurales

CLASE	VARIACION DE LA DIMENSIÓN (Máxima en porcentaje)			ALABEO (Máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERISTICA A COMPRESIÓN f'b mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo T - I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo T - II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo T - III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo T - IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo T - V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)

f'b = Resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.

Mpa: Mega pascales

Fuente: NTP E-070

## H. Limitaciones en su aplicación

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la **Tabla 7**. Las zonas sísmicas son las indicadas en la Norma

<sup>3</sup> Se conoce como **Intemperismo** al proceso de degradación y descomposición que sufren las rocas y los minerales debido a la corrosión atmosférica; también se define como el daño que se produce en aquello que está expuesto directa y permanentemente a la intemperie, es decir, al ambiente natural.

Técnica NTP E-030 de Diseño Sismo - resistente; para las edificaciones con ladrillo artesanal sólido debe establecerse condiciones mínimas que puede ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo.

**Tabla 7.** Limitaciones en el uso del ladrillo para fines estructurales

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
<b>Sólido Artesanal</b>	No	Si, Hasta dos pisos	Si
<b>Sólido Industrial</b>	Si	Si	Si
<b>Hueco</b>	No	No	Si
<b>Tubular</b>	No	No	Si, Hasta dos pisos

Fuente: NTP E-070

#### **I. Mortero, Características, Clasificación Y Especificaciones**

La Norma E-070, indica que el mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610.

La función principal del mortero en la albañilería es adherir las unidades corrigiendo las irregularidades que la misma tiene, así como sellar las juntas contra la penetración del aire y de la humedad (SAN BARTOLOMÉ, 1994).

En cuanto a la adherencia unidad - mortero, ésta se logra cuando los solubles del cemento son absorbidos por la unidad, cristalizándose (como agujas) en sus poros. La adherencia se ve favorecida cuando el mortero penetra en las perforaciones y rugosidades de la unidad, formando una especie de llave de corte entre las hiladas (SAN BARTOLOMÉ, 1994).

### a) Componentes del Mortero

El mortero básicamente está compuesto por cemento portland tipo I, cal hidratada normalizada, arena gruesa y agua. El cemento y la cal funcionan como aglomerantes, mientras que la arena es un agregado inerte.

#### ❖ Cemento

Se utiliza principalmente cemento portland tipo I y excepcionalmente, el cemento portland tipo II, resistente a los sulfatos. Cuando se emplee cemento puzolánico IP, se recomienda preparar una mezcla más rica (bajando 1/2 volumen a la arena) para lograr la misma resistencia que con un cemento tipo I.

#### ❖ Agregado grueso

Estará constituido por arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la **Tabla 8**. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes, proporcionen resistencias según lo especificado en la Norma E- 070.

**Tabla 8.** Granulometría de la arena para mortero

Malla ASTM	% Que Pasa
Nº 4 (4.75 mm)	100
Nº 8 (2.36 mm)	95 a 100
Nº 16 (1.18 mm)	70 a 100
Nº 30 (0.60 mm)	40 a 75
Nº 50 (0.30 mm)	10 a 35
Nº 100 (0.15 mm)	2 a 15
Nº 200 (0.075 mm)	Menos de 2

Fuente: NTP E-070

Además debe tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.

- ✓ El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5.
- ✓ El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.
- ✓ No deberá emplearse arena de mar.

#### ❖ **Cal Hidratada**

Debe ser hidratada y normalizada; ya que pueden existir partículas muy finas, que en vez de funcionar como aglomerante lo hacen como residuos inertes. El peso volumétrico de la cal es del orden de 640 kg/m<sup>3</sup>. La cal en el mortero, a diferencia del cemento, endurece muy lentamente al reaccionar con el anhídrido carbónico del ambiente, en un proceso llamado carbonatación.

La carbonatación resulta beneficiosa para el mortero por 2 razones:

- ✓ Las fisuras se sellan a lo largo del tiempo al formarse cristales de carbonato de calcio, los que proveen alguna resistencia adicional sobre la dada por el cemento.
- ✓ Al endurecer lentamente se favorece la retentividad de la mezcla.

#### ❖ **Agua**

El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

#### **b) Ensayo a compresión del mortero**

El ensayo de compresión en probetas de mortero (usualmente cubos de 5 cm de lado, vaciados sobre moldes metálicos, y curados durante 28 días en una poza con agua) se realiza sólo con fines de controlar la calidad del mortero.

#### ❖ **Propiedades del mortero.**

- ✓ **Fluidez.** Se define como la capacidad que tiene la mezcla de poder discurrir (fluir), o de ser trabajable con el badilejo.

- ✓ **Retentividad.** Se define como la capacidad que tiene la mezcla para mantener su consistencia, o de continuar siendo trabajable después de un lapso de tiempo.

**c) Clasificación y proporciones del mortero**

Los morteros se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes. Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas en estado suelto como se indica en la **Tabla 9**.

**Tabla 9.** Tipos de Mortero, NTP E-070

TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	USOS
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	---	Hasta 6	Muros No Portantes

Fuente: NTP E-070

Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o premezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes, proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos (NTP E-070, 2006). De no contar con cal hidratada normalizada, se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento - arena indicada en la **Tabla 9**. (NTP E-070, 2006).

Es necesario señalar que la Norma ASTM C - 270 especifica 2 tipos de mortero (M y S) para la construcción de los muros portantes, de manera que el volumen de arena esté comprendido entre 2/4 y 3 veces la suma de los volúmenes de los aglomerantes, cemento y cal, **Tabla 10**.

**Tabla 10.** Tipos de Mortero, ASTM C-270

TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA
M	1	1/4	2.8 a 3.8
S	1	1/4 a 1/2	2.8 a 4.5

Fuente: NTP E-070

## **J. Acero de refuerzo**

La armadura deberá cumplir con lo establecido en las Norma Barras de Acero con Resaltes para Concreto Armado (NTP 341.031).

Sólo se permite el uso de barras lisas en estribos y armaduras electro - soldadas usadas como refuerzo horizontal. La armadura electro - soldada debe cumplir con la norma de Malla de Alambre de Acero Soldado para Concreto Armado (NTP 350.002).

## **K. Concreto**

El concreto de los elementos de confinamiento tendrá una resistencia a la compresión mayor o igual a 17,15 MPa (175 kg/cm<sup>2</sup>) y deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica de Edificación E-060 Concreto Armado.

### **II.3.7 Propiedades De La Albañilería Simple**

#### **A. Modelaje, Especímenes Y Ensayos**

Las resistencias de la albañilería a la compresión, tracción y corte, define el comportamiento estructural de los diferentes elementos de albañilería ante la acción de solicitaciones reales (cargas gravitacionales, sismo y viento). El comportamiento de los especímenes, cuando se somete a ensayo, es el producto de la acción heterogénea de los componentes de la albañilería (unidad, mortero o líquido), imitando o modelando la reacción cuando es sometido a cargas iguales a las del ensayo. El modelaje es complicado, por las características anisotrópicas de la albañilería y porque en la práctica, las cargas no se presentan, como en el ensayo, aislada de efectos de borde y otras interacciones (GALLEGOS & CASABONNE, 2005). En el ensayo de especímenes se debe escoger determinadas orientaciones preferentes para la carga, en general son las siguientes:

- ✓ Para ensayos de comprensión se aplica carga coplanar perpendicular a la hilada. Esta orientación es prioritaria, pues corresponde a la acción gravitacional en muros horizontales, que son los predominantes. El valor obtenido es útil para analizar el comportamiento de muros de corte ante la acción conjunta de las cargas de gravedad y las acciones sísmicas,

situación en las que se presentan elevados esfuerzos de compresión, especialmente verticales, en los talones comprimidos.

- ✓ La tracción coplanar se genera en los ensayos aplicando fuerzas de corte, para producir tracciones indirectas. Ello suele hacerse tomando tres ángulos con relación a la hilada:  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  y  $90^\circ$ . Estos datos posibilitan, la interpolación entre los valores medios, la determinación de la resistencia en cualquier dirección intermedia. Todo ello define el comportamiento del muro de albañilería hasta el nivel de agrietamiento para combinaciones de cargas gravitacionales y horizontales coplanares, originadas por sismo o viento.
- ✓ Los ensayos de tracción por flexión se aplican carga perpendicular al plano, para generar flexiones paralelas y perpendiculares a la hilada, lo que permite la determinación de los módulos de ruptura de la albañilería en estas direcciones principales. Esta información permite analizar el comportamiento de muros sometidos a carga perpendicular a su plano, que pueden tener condiciones de apoyo de borde variadas.
- ✓ Para evaluar la resistencia al corte se utiliza el ensayo de cizalle en la junta horizontal del mortero. Esta junta, sometida al mismo tiempo de corte en su plano y compresión vertical, puede ser el plano de falla de muros de albañilería simple y albañilería confinada.

La determinación de características del espécimen, tipo, procedimiento y evaluación del ensayo es de considerable importancia, pues debe conducir a ensayos repetibles, económicos e interpretables.

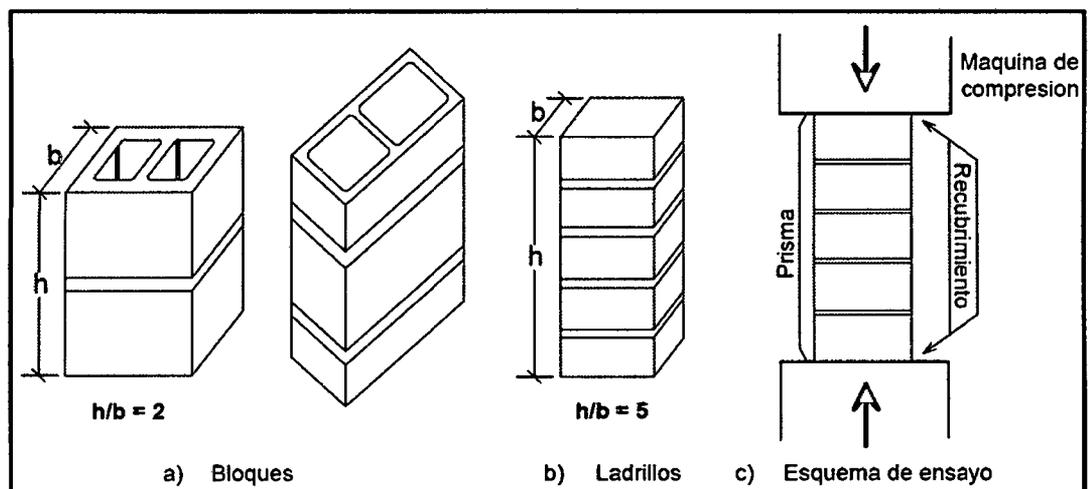
## **B. Naturaleza De La Albañilería Y Criterios De Falla**

La albañilería es un material compuesto, heterogéneo y anisotrópico, en el que los planos de debilidad coinciden con las juntas verticales y horizontales y en el que se integran, en un comportamiento único, materiales con características distintas. Las juntas horizontales, debido a su naturaleza continua, dividen a la albañilería en capas (hiladas), dando la apariencia de un material compuesto laminado.

La elaboración de criterios de fallas, en cargas coplanares, debe contemplar los posibles modos de falla en tracción y en corte por cizalle a lo largo de las juntas horizontales y verticales; en este último caso, debe tener en cuenta el efecto de las compresiones perpendiculares a la junta. Además es necesario que se considere los efectos de tracción transversal generados por las diferencias en las características elásticas de los materiales componentes. La descripción cuantitativa de la falla en albañilería no puede basarse en un único criterio general, sino en los diversos modos en que esta puede ocurrir en un material compuesto (GALLEGOS & CASABONNE, 2005).

### a) Ensayo de Prismas (Pilas)

El espécimen para determinar la resistencia a la compresión de la albañilería está estandarizado, y consiste en un prisma de unidades asentadas una sobre otra (*Ilustración 30.*). Los prismas se llenan con concreto líquido (unidades huecas), asentadas o apiladas (unidades sólidas), (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)



*Ilustración 30. Ensayos a compresión de pilas*

La esbeltez y la altura mínima de los prismas dependen si la albañilería es de ladrillos o de bloques. En el caso de los prismas de ladrillos la relación alto – ancho del prisma estará entre 2 y 5, y el alto no será menor de 30 cm. En el caso de las pilas de bloques, la esbeltez estará entre 1.3 y 5, y el alto no será menor de 30 cm, (GALLEGOS & CASABONNE, 2005).

La Norma E - 070 de albañilería, señala que la resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'm$ ) se determinará de manera empírica (recurriendo a

tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre.

Los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se empleará en la construcción definitiva (NTP E-070, 2006). La resistencia característica ( $f_m$ ) en pilas, se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar (NTP E-070, 2006).

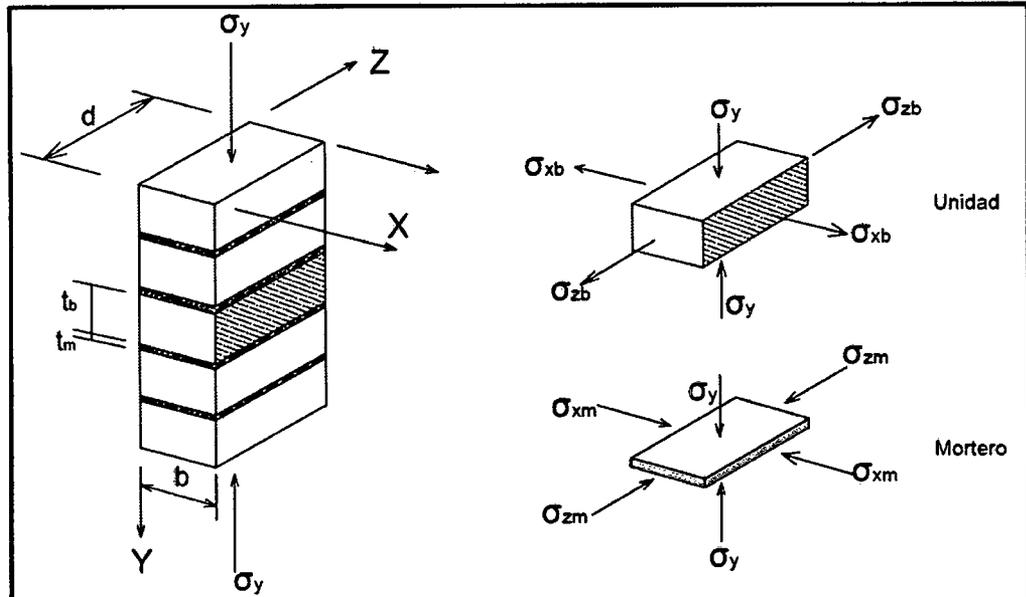
San Bartolomé, A. 1994. Describe que las pilas fallan principalmente por tracción ortogonal a la compresión aplicada (grieta vertical); esto se debe a que el mortero trata de expandirse lateralmente en mayor proporción que la unidad y puesto que debe existir compatibilidad de deformación entre ambos elementos, el mortero trabajará a compresión y la unidad a tracción lateral.

Otro tipo de falla en las pilas es por aplastamiento (de la unidad o del mortero), producida cuando se emplean materiales de baja resistencia.

Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. Concluyen que la expansión lateral libre del mortero, asumiendo módulos de Poisson de valor similar para ladrillo y el mortero, será mucho mayor para este último. Debido a que en el prisma, y en un muro real de albañilería, el ladrillo y el mortero deben deformarse lo mismo lateralmente, a causa, sobre todo, de la fricción entre ambos materiales, la expansión lateral del mortero estará restringida por el ladrillo por el efecto de la adherencia. Por lo tanto, el mortero, en el prisma cargado, está sometido a compresión tri-axial, y el ladrillo a una combinación de compresión axial y tracción biaxial.

En los muros reales, los ladrillos no están asentados uno encima del otro, sino con algún tipo de amarre. Las alturas y las esbelteces son bastante mayores que las de los prismas. Sin embargo, si no ocurren fallas previas, por inestabilidad elástica o por excentricidad de la carga, la forma de la falla

del muro es semejante a la del prisma. Esto significa que en los muros ocurren agrietamientos de tracción transversal.



**Ilustración 31.** Esfuerzo en el ladrillo y mortero  
Por efecto de carga unitaria axial

El valor  $f'_m$  se calcula contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la **Tabla 11**.

**Tabla 11.** Factores de corrección de  $f'_m$  por esbeltez

Esbeltez	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
Factor	0.73	0.80	0.90	0.95	0.98	1.00

Fuente: NTP E-070

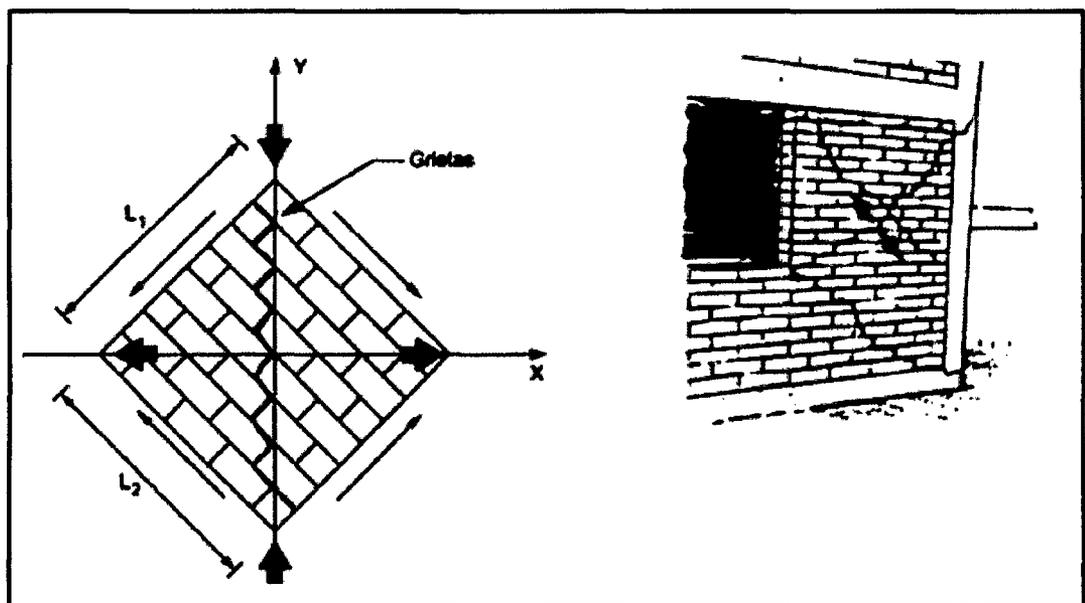
### b) Ensayo De Muretes

El testigo estándar es un murete cuadrado cuyo lado nominal debe medir 1.20 m. debe ser de albañilería cuyas características se requiere determinar y del espesor del muro investigado. En muchas investigaciones se han ensayo especímenes de menor dimensión, esto es posible siempre y cuando se calibren los resultados, ya que producen mayores resultados para la misma albañilería (GALLEGOS & CASABONNE, 2005).

El ensayo consiste, en cargar diagonalmente el murete con una carga de comprensión creciente y a un ritmo controlado hasta la rotura.

El dispositivo de transferencia de la carga del espécimen produce concentración de esfuerzos y debe transferir la carga uniformemente a las superficies de contacto de la albañilería para evitar fallas localizadas.

El ensayo más utilizado para determinar la resistencia al corte o resistencia a la tracción diagonal es, el de corte o compresión diagonal, fallando en forma escalonada a través de las juntas, o cortando las unidades, lo último se produce cuando se desarrolla una buena adherencia entre el mortero y la unidad. La similitud de la forma de falla del ensayo con la forma de falla de ciertos muros de edificaciones ante acciones sísmicas, muchos investigadores, consideran como un ensayo representativo ideal, cuando en realidad las condiciones de borde son, por lo general, totalmente diferentes entre ensayo y realidad. Es decir, el valor de este ensayo es un método simple y práctico de evaluar resistencias al corte y a la tracción diagonal de diferentes albañilerías (GALLEGOS & CASABONNE, 2005). La Norma E-070 de albañilería, señala que la resistencia de la albañilería al corte ( $v'm$ ) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre.



**Ilustración 32.** Similitud de la falla entre ensayo de corte y un sismo (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)

La resistencia característica ( $v'm$ ) en muretes, se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.

El valor de  $v'm$  para diseño no será mayor de  $0.319 \sqrt{f'm} \text{ MPa}$  ( $\sqrt{f'm} \text{ kg/cm}^2$ ).

El resultado del ensayo es el valor nominal unitario de corte ( $v'm$ ) obtenido a partir de las siguientes fórmulas (NTP E-070, 2006):

$$V_m = \frac{P_u}{A_n} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 1.1.}$$

$$V'_m = V_m - s \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 1.2.}$$

**Donde:**

$P_u$ : Carga de rotura

$A_n$ : Área del espécimen

$s$ : Desviación estándar

$$A_n = \frac{1}{2} (L_1 - L_2) b \gamma \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 1.3.}$$

**Donde:**

$L_1, L_2$ : Lados reales del espécimen

$b$ : Espesor efectivo del muro

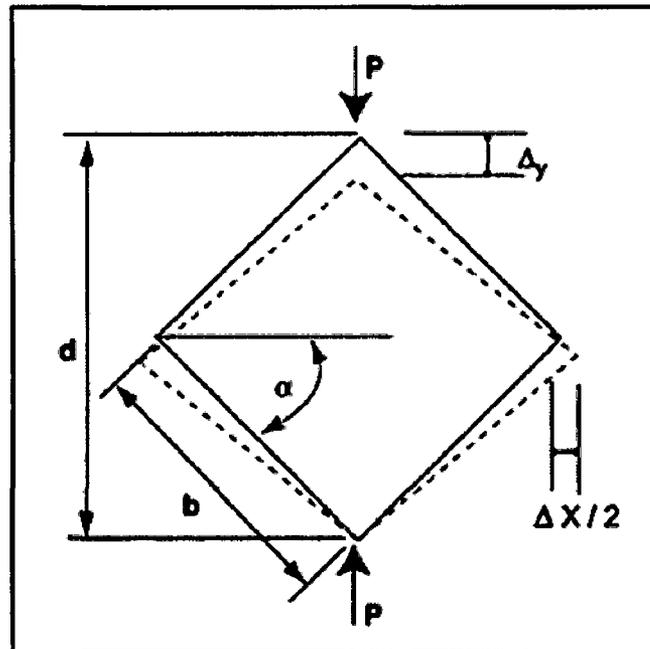
$\gamma$ : Proporción del área con relación al área bruta de la unidad

La deformación por corte mostrada en el esquema (*Ilustración 33.*), se calcula:

$$\epsilon = \frac{\Delta_x + \Delta_y}{2d} \left( \tan \alpha - \frac{1}{\tan \alpha} \right) \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 1.4.}$$

En cualquier caso, la evaluación de los ensayos debe hacerse estadísticamente para determinar el valor característico de la resistencia al corte.

En general cuando no hay pre compresiones o estas son muy reducidas, la falla tiende a ocurrir siguiendo las juntas horizontales y verticales, aun ángulo aproximado de  $45^\circ$  con la hilada. Cuando se aplican pre compresiones las grietas pueden atravesar unidades, y el ángulo de falla se hace dependiente de su magnitud. Estos hechos han conducido a establecer que la falla, en este caso la tracción principal alcanza su valor crítico.



**Ilustración 33.** Esquema de deformación del espécimen (murete) (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)

La predicción de la resistencia a cortante del espécimen sometido a compresión diagonal depende de la solución de un problema de elasticidad bidimensional para un material no homogéneo y del conocimiento de la envolvente de falla biaxial de la albañilería. Sin embargo, si se conoce las limitaciones de las teorías de falla aplicables a materiales isotrópicos y homogéneos cuando el espécimen falla por las juntas, estas teorías tradicionales son útiles para evaluaciones cualitativas y comparativas (GALLEGOS & CASABONNE, 2005).

El análisis más completo, asumiendo un material homogéneo, ha sido efectuado por Blume, apoyándose en las investigaciones de fotoelasticidad de Frocht. Blume estableció que los esfuerzos principales para el espécimen cargado como se muestra en la **Ilustración 31**. Sin compresiones perpendiculares a la junta, ocurren en el centro del murete y son:

Tracción:

$$\sigma_1 = \sigma_x = 0.519 \frac{P}{bL} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 1.5.}$$

Compresión:

$$\sigma_2 = \sigma_y = 1.683 \frac{P}{bL} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 1.6.}$$

Corte:

$$\tau_{max} = 1.101 \frac{P}{bL} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación 1.7.}$$

## II.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Las siguientes definiciones han sido consideradas de la Norma Técnica Peruana E-070.

- ✓ **Albañilería o Mampostería.** Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.
- ✓ **Albañilería Confinada.** Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.
- ✓ **Albañilería No Reforzada.** Albañilería sin refuerzo (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta Norma.
- ✓ **Albañilería Reforzada o Albañilería Estructural.** Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de esta Norma.
- ✓ **Construcciones de Albañilería.** Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.
- ✓ **Mortero.** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.

- ✓ **Unidad de Albañilería.** Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar ó tubular.
- ✓ **Unidad de Albañilería Alveolar.** Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados.
- ✓ **Unidad de Albañilería Apilable.** Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero.
- ✓ **Unidad de Albañilería Hueca.** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- ✓ **Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza).** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- ✓ **Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta).** Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.

## CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODO

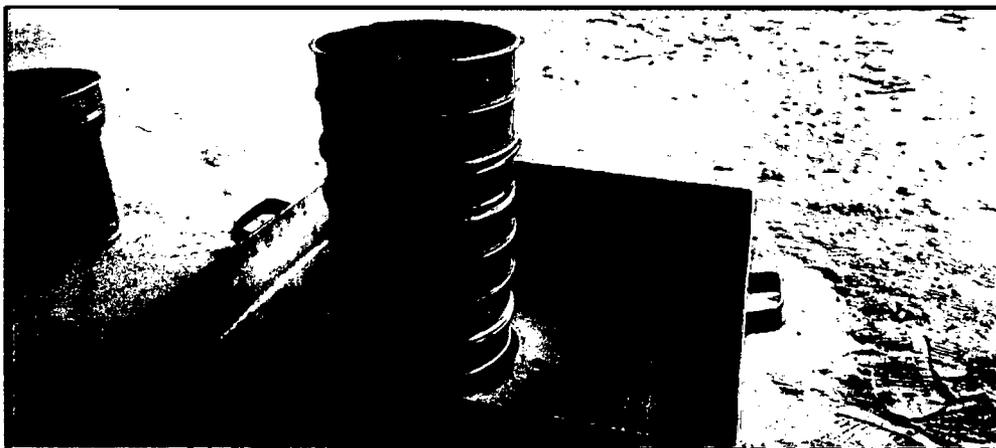
### III.1 MATERIALES Y EQUIPOS

#### III.1.1 Materiales

- ✓ Ladrillo King Kong del Centro Poblado de Manzanamayo de la ladrillera del Sr. Pablo Chilon Chalan, ubicada al costado izquierdo de la carretera a pocos metros de la entrada la institución educativa del Centro poblado.
- ✓ Ladrillo King Kong del Centro Poblado de San José de la ladrillera del Sr. Artemio Chilon Novoa, ubicada cerca a la Iglesia el Nazareno del centro poblado de Miraflores.
- ✓ Cemento Portland Tipo I (bolsa color verde).
- ✓ Arena gruesa de la cantera "El Gavilán".
- ✓ Agua Potable.
- ✓ Materiales de escritorio y gabinete.

#### III.1.2 Equipos.

- ✓ Mallas ASTM N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200.



*Ilustración 34. Juego de tamices utilizados.*

- ✓ 02 Probetas 3000 ml.
- ✓ 01 Balanza con capacidad de 5000 g y una aproximación de 0.1 g.
- ✓ 01 Balanza con capacidad de 200 kg y una aproximación de 0.01 g.
- ✓ 01 Escuadra metálica graduada al 1 mm.
- ✓ 01 Regla metálica graduada al 1 mm.
- ✓ 02 Bandejas de 30\*50 cm.
- ✓ 01 Nivel topográfico y trípode.

- ✓ 01 Cámara fotográfica.
- ✓ 01 Deflectómetro.
- ✓ 01 Bernier de laboratorio.
- ✓ 01 Lupa.
- ✓ 01 Horno ventilado de 110 °C a 115 °C.
- ✓ 01 Maquina Universal para ensayos de compresión uniaxial.
- ✓ 01 Maquina universal con péndulo.
- ✓ 01 Maquina universal par ensayos con acero.

## **III.2 MÉTODO**

### **III.2.1 Metodología De La Investigación**

#### **A. Localización**

La investigación se realizó en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca, en el Laboratorio de Ensayos de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz”, Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca.

#### **B. Periodo de la investigación**

La investigación se realizó durante los meses de septiembre – Octubre 2015. Estos meses son elegidos ya que en la zona de estudio se está produciendo ladrillo en mayor cantidad, debido a la mayor demanda de los centros poblados y provincias vecinas además de que el clima es propicio para este tipo de trabajos.

#### **C. Variables**

##### **a) Independientes**

- ✓ Ladrillos King Kong de las fábricas de los señores Pablo Chilon Chalan del Centro Poblado de Manzanamayo y del Sr. Artemio Chilon Novoa del Centro Poblado de San José del distrito de Baños del Inca – Cajamarca.

##### **b) Dependientes**

- ✓ Características físicas (variación dimensional, alabeo, absorción) y mecánicas (resistencia a la compresión simple) de las unidades de albañilería producidas artesanalmente en los C.P. Manzanamayo y C.P. San José.

#### D. Tipo De Investigación

- ✓ Cuasi experimental descriptiva; porque se realizará sin manipular las variables independientes, y se observarán los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, en un momento dado, para después analizarlos.

#### E. Población

- ✓ Se considera como población las unidades de albañilería producidas artesanalmente en los hornos de los centros poblados de Manzanamayo Y San José del Distrito De Los Baños Del Inca – Cajamarca – Cajamarca, durante el periodo de mayo a setiembre del 2015.

#### F. Diseño De La Investigación

- ✓ Experimental transversal, ya que observaremos los experimentos por única vez obteniendo datos razonables en un momento específico que resuman la investigación.

#### G. Muestra.

Para realización del siguiente trabajo se tomara como muestra:

- ✓ 01 Centros de producción en San José, que pertenece al Sr. Artemio Chilon Novoa, el tamaño de muestra es de **n = 250 unidades**.
- ✓ 01 Centros de producción en Manzanamayo, que pertenece al Sr. Pablo Chilon Chalan, el tamaño de muestra es de **n = 250 unidades**.

#### H. Técnica Del Muestreo

- ✓ Se realizó por juicio o conveniencia, además se tomaran los criterios que brinda la Norma Técnica Peruana **NTP 331.017 e NTP 331.019**.
- ✓ También se usó la siguiente fórmula estadística para la selección del tamaño de muestra:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{N * e + z^2 * p * q}$$

Donde:

N = 13-22 millares/horno

z = 0.5824

p = 0.50

Para un nivel de confianza del 84%

Posibilidad de que ocurra el fenómeno

q = 0.50	Posibilidad de que no ocurra el fenómeno
e = 0.15	Estimación aceptable
n	Tamaño de muestra

De esta fórmula y en concordancia con la norma técnica **NTP 331.019 (ítem 4.2)**. Se obtuvo el tamaño de muestras:

ENSAYO	TAMAÑO DE MUESTRA
Variación dimensional	10 unidades por C.P.
Alabeo	10 unidades por C.P.
Resistencia a la compresión	10 unidades por C.P.
Absorción	10 unidades por C.P.
Succión	10 unidades por C.P.
Ensayo de compresión en muretes	02 unidades por C.P.
Ensayo de compresión en pilas	04 unidades por C.P.

#### I. Instrumentos De Recolección De Datos

- ✓ Entrevistas, ficha técnica y formato de control.

#### J. Análisis de datos.

- ✓ Procesamiento de datos y gráficos: Microsoft Excel 2010.

### III.2.2 Procedimientos De La Investigación

#### A. Ensayo de la granulometría de la arena gruesa

##### ❖ Cantera: El Gavilán.

Esta cantera se encuentra a 3250 m.s.n.m., al sur este de la ciudad de Cajamarca en las faldas del cerro Ventanilla cerca del Abra El Gavilán al costado derecho de la carretera Cajamarca - Pasamano. Tiene una extensión aproximada de 37hectáreas.



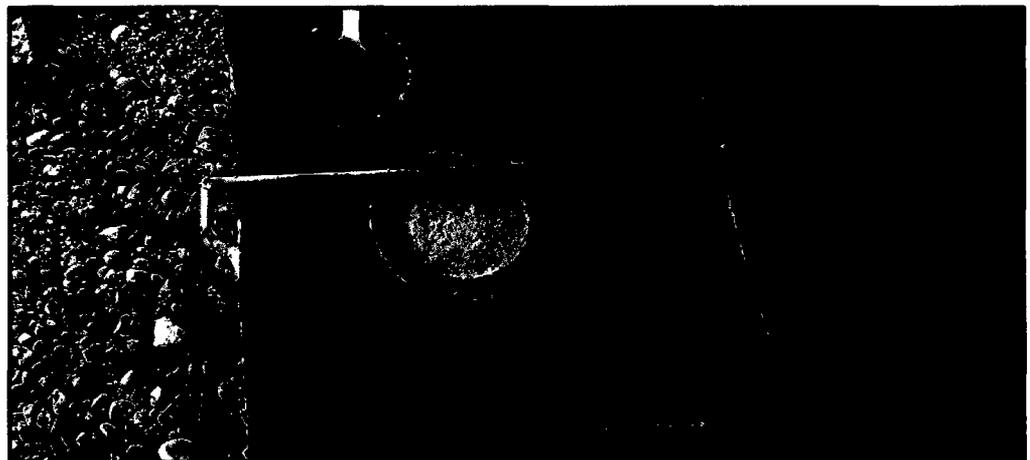
*Ilustración 35. Cantera el "Gavilán", Cajamarca*

- ✓ Recolección de la muestra: se seleccionó por el método del cuarteo.
- ✓ Análisis granulométrico de acuerdo a las Normas **NTP 400.037, NTP 400.012, ASTM C-136.**



*Ilustración 36. Análisis Granulométrico.*

- ✓ Se determinó el módulo de finura, según la Norma **NTP 334.045, ASTM C-125.**
- ✓ Se determinó los pesos específicos y porcentajes de absorción, según la Norma **NTP 400.022, ASTM C-128.**
- ✓ Se determinó el contenido de humedad, según la Norma **NTP 400.010, ASTM C-728.**
- ✓ Se calculó del peso unitario de la arena gruesa, según la Norma **NTP 400.017, ASTM C-29.**



*Ilustración 37. Peso unitario suelto.*

## B. Ensayos Clasificatorios Del Ladrillo

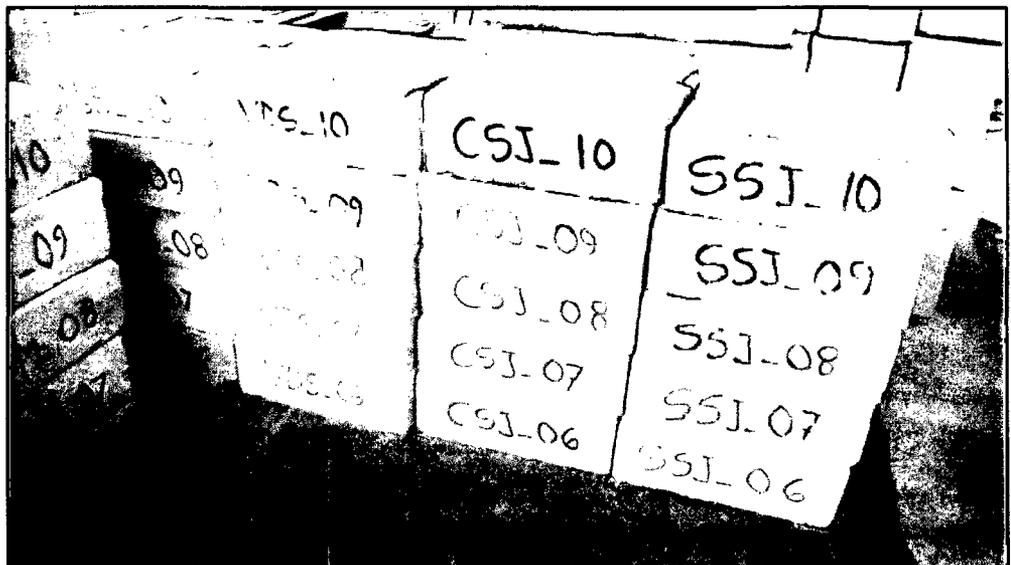
Se realizó los ensayos de los ladrillos a fin de limitar su aplicación en diseños estructurales,

- ✓ De acuerdo a la **NTP 399.613**, se seleccionó unidades enteras representativas del lote al cual pertenecían, con color uniforme, textura y tamaño, libres de impurezas, limo u otros materiales no asociados con el proceso de fabricación.



*Ilustración 38. Muestras en laboratorio de ensayo de materiales.*

- ✓ Se marcaron los especímenes de manera que pueda ser identificado en cualquier momento.



*Ilustración 39. Codificación de muestras.*

- ✓ Según la Norma Técnica E-070, menciona que el muestreo será efectuado por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de **10 unidades de albañilería** para cada uno de los ensayos; para la presente investigación se seleccionó por juicio o conveniencia 250 ladrillos de cada fábrica en estudio.

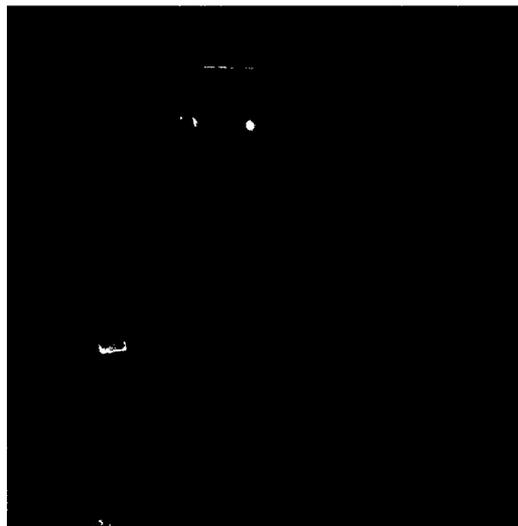
**a) Variabilidad dimensional.**

De acuerdo a la Norma NTP 399.613, el ensayo consistió en:



*Ilustración 40. Instrumentos de ensayo.*

- ✓ Se secó los ladrillos en un horno ventilado de 110 °C a 115 °C, por 24 horas.



*Ilustración 41. Ladrillo en proceso de secado.*

- ✓ Después del secado se dejó enfriar a una temperatura de 18 °C, por un periodo de 6 horas, para luego pesó con una aproximación de 0.1 g.
- ✓ Luego se procedió a limpiar las aristas y los lados del ladrillo, para eliminar las partículas sueltas y salientes.
- ✓ Se midió con una regla metálica y un vernier graduado al milímetro, el largo, ancho y alto, a la mitad de las aristas que limitan cada cara, realizándose 4 medidas por cada una de las dimensiones.
- ✓ Se expresan los resultados en porcentaje, y se calcula mediante la siguiente fórmula<sup>3</sup>, con una aproximación de 0.001mm.

$$V = \frac{ME - MP}{ME} * 100$$

**Donde:**

**V:** Variabilidad dimensional (%).

**ME:** Medida especificada por el fabricante (mm).

**MP:** Medida promedio (mm).

## b) Alabeo

Para la realización de este ensayo la Norma NTP 399.613, indica:

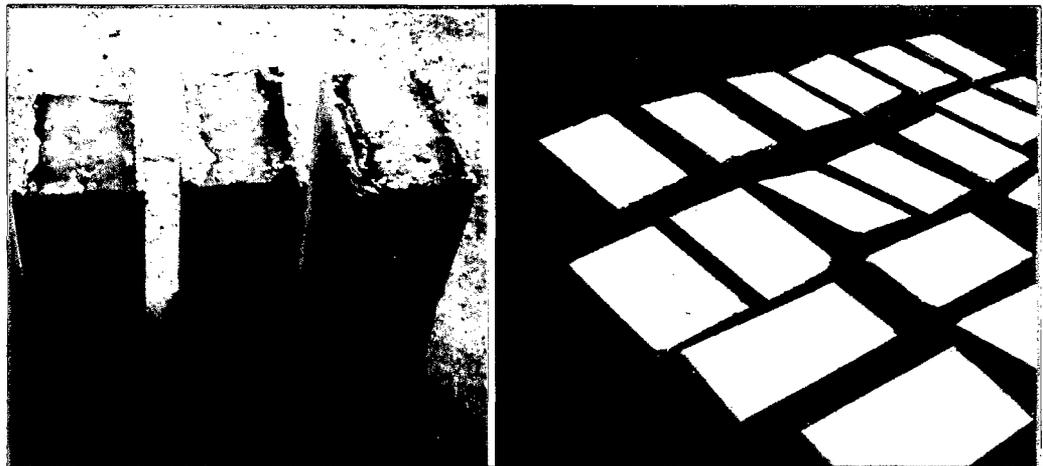


*Ilustración 42. Materiales y método, alabeo.*

- ✓ Que se necesita una varilla de acero con borde recto o un nivel, regla o cuña de acero graduada al 1 mm y una superficie plana de acero o vidrio de 300mm \* 300mm (en nuestro caso un nivel y una regla graduada al milímetro, tal y como indica la norma)
- ✓ Luego se procedió a registrar los valores de alabeo, dependiendo si era cóncavo o convexo, observado cuando se colocó en forma diagonal el nivel sobre el centro de las dos caras paralelas al de asiento o de vértice a vértice con una escuadra graduada y se midió el alabeo con la regla metálica graduada al 1 mm, tal como lo muestra la **Ilustración 42**.

### c) Comprensión Simple

- ✓ Las muestras fueron preparadas con capping en ambas caras de ensayo de hasta un máximo de 3mm con yeso para uniformizar el área de ensayo.



**Ilustración 43.** Preparación de las muestras

- ✓ El ensayo se realizó con unidades secas al ambiente, registrando el peso y midiendo el largo, ancho y alto, para luego ser ensayadas en la máquina universal para ensayos de compresión uniaxial.
- ✓ La resistencia a compresión  $f_b$  se determinó dividiendo la carga de rotura entre el área bruta; y la resistencia a compresión característica  $f'_b$  se obtiene restando una desviación estándar al promedio de los resultados, según como indica la Norma E-070.

O con la fórmula siguiente:

$$fb = \frac{\text{Carga Max.}}{\text{Area Bruta}}$$

$$f'b = fb - \sigma$$

**Ilustración 44.** Máquina y muestras de ensayo.



### C. Ensayos No Clasificatorios Del Ladrillo

#### a) Ensayo de succión.

De acuerdo a la Norma **NTP 399.613**,

- ✓ Los ladrillos se secaron en el horno a una temperatura de 110° C por 24 horas y luego se pesaron. Se registró el peso seco reiteradas veces hasta no obtener variaciones, cuando sucede lo contrario el ladrillo debe permanecer en el horno.



**Ilustración 45.** Ensayo de Succión.

- ✓ Se preparó una bandeja de metal con agua potable y se coloca sobre éstas, dos barras lisas de acero de ½" que sirvieron de apoyo para el ladrillo. La prueba consiste en pesar los ladrillos secos, colocarlos sobre las barras durante 1 minuto y llenar la bandeja con la finalidad de mantener el nivel de agua original. Luego la unidad húmeda se pesó.

- ✓ La succión esta expresada en gramos (g) por minuto en un área normalizada de 200 cm<sup>2</sup>, como indica la Norma E-070 y se calculó mediante la siguiente fórmula,

$$S = \frac{200 * (P_{suc} - P_{sec})}{\text{ÁreaBruta}}$$

**Donde:**

**S:** Succión

**P<sub>suc</sub>:** Peso (g) de la unidad luego de ser sumergido en agua durante 1 minuto.

**P<sub>sec</sub>:** Peso seco (g) de la unidad luego de permanecer en el horno.

**ÁreaBruta =** Ancho x Largo (cm<sup>2</sup>)

#### **b) Ensayo de absorción.**

Según la Norma Técnica Peruana **NTP 399.613**,

- ✓ Los ladrillos de arcilla, se secaron en el horno a una temperatura de 110°C y se pesaron a las 24 horas. Se registró el peso reiteradas veces hasta no obtener variaciones. Se dejaron enfriar los ladrillos durante 8 horas y se introdujeron en un recipiente lleno con agua potable durante 24 horas, registrando el peso.



**Ilustración 46. Ensayo de Absorción.**

- ✓ Los resultados son expresados en porcentaje según la siguiente fórmula:

$$A = \frac{Ps - Pseco}{Pseco} * 100$$

**Donde:**

- A** : Absorción (%)
- Ps** : Peso saturado (g)
- Pseco** : Peso seco (g)

#### **D. Prismas De Albañilería**

El comportamiento que tienen los muros confinados ante las solicitaciones de carga reales, no es fácil conocer, ya que los ensayos son costosos, por lo que se elabora especímenes pequeños (pilas y muretes) a las cuales se les aplica cargas que son iguales a las solicitaciones reales.



*Ilustración 47. Prismas de Albañilería.*

##### **a) Pilas.**

###### **❖ Procedimiento de construcción**

- ✓ Se construyeron 8 pilas de 6 hiladas cada una, 4 pilas de ladrillo fabricado artesanalmente en San José y 4 pilas de ladrillo fabricado

artesanalmente en Manzanamayo, con un espesor de mortero de 10mm. Debido a la alta succión de los ladrillos de arcilla tal como lo muestra los ensayos de succión y absorción, las unidades se regaron por media hora un día antes del asentado.

- ✓ El diseño del mortero se realizó analíticamente, con las proporciones indicadas en la Norma E-070, para muros portantes.

**Mortero tipo P2 = 1:5 (cemento: arena).**

- ✓ Al momento de la construcción se controló la altura con el escantillón, y la verticalidad con un nivel y plomada.



*Ilustración 48. Control de verticalidad.*

- ✓ Se realizó el curado según lo indicado en la Norma E-070.
- ✓ Luego se colocó una capa de yeso de 2 mm aproximadamente en la parte inferior y superior para uniformizar la superficie de contacto en el dispositivo del ensayo de compresión axial. El ensayo de compresión se efectuó cuando los especímenes cumplieron los 28 días de edad.



*Ilustración 49. Nivelado con Yeso*

#### ❖ Montaje e instrumentación

- ✓ Se registró el peso de las pilas, con una balanza electrónica de 3000g, con aproximación 0.01 g, luego se midió la altura (H) y el espesor efectivo (t).
- ✓ Se colocó manualmente en la maquina universal para ensayos con acero, aplicándose la carga, leyéndose en el dial de carga cada 200 kg, y con la ayuda de un deflectómetro se registra las deformaciones, para obtener las gráficas P vs Δ



*Ilustración 50. Montaje de pilas para ensayo.*

#### ❖ Cálculo de la Resistencia a Compresión Axial.

- ✓ Se registró la carga máxima y la resistencia a compresión axial, se calcula de la siguiente manera:

$$f_m = \frac{P_{max}}{\text{Área}}$$

Donde:

***F<sub>m</sub>*** : Resistencia a compresión axial (kg/cm<sup>2</sup>)

***P<sub>màx</sub>*** : Fuerza máxima que resiste la pila (kg)

***Área*** : Área bruta transversal a la fuerza (cm<sup>2</sup>)

- ✓ Luego se corrigió ***f<sub>m</sub>*** según el factor de corrección por esbeltez de la pila, expresados en la Tabla 11.
- ✓ El factor resulta de interpolar la esbeltez que indica la Norma E-070.
- ✓ Se calculó la resistencia característica restando la desviación estándar a la resistencia promedio.

$$f'_m = f_m - \sigma$$

Donde:

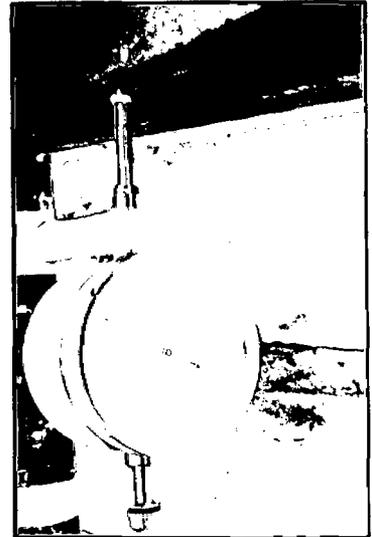
$F_m$  : Resistencia a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

$f'm$  : Resistencia característica a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma$  : Desviación estándar

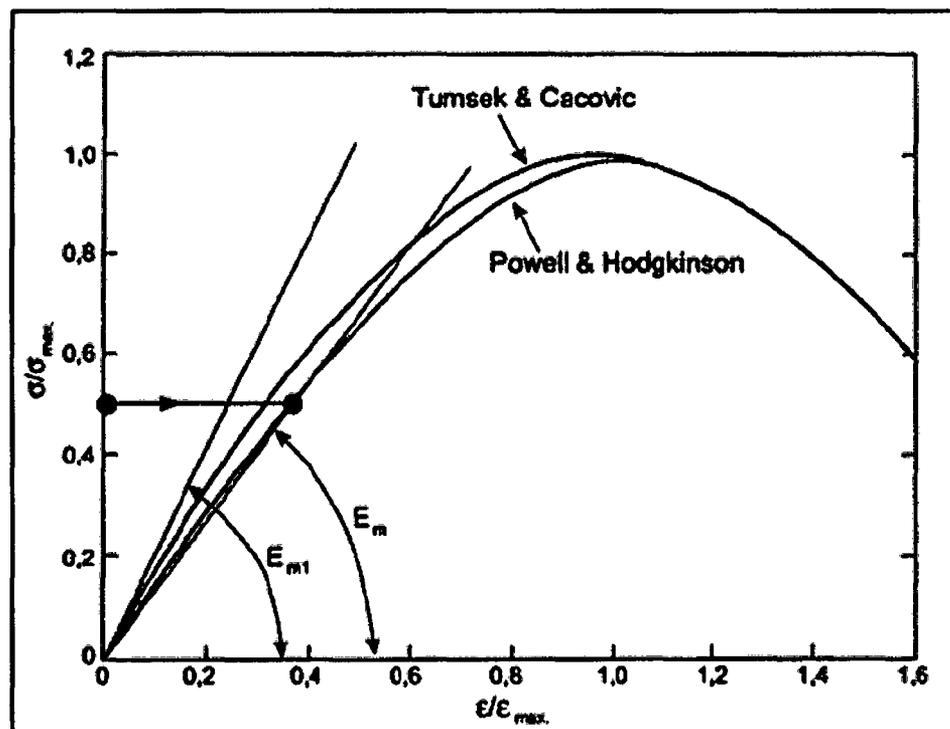
❖ **Cálculo del Módulo de Elasticidad.**

Para calcular el módulo de elasticidad se asume de la gráfica esfuerzo - desplazamiento, un tramo que representase el comportamiento elástico y se divide el incremento del esfuerzo axial entre la deformación unitaria respectiva.



*Ilustración 51. Deflectometro en ensayo.*

Del gráfico esfuerzo deformación unitaria, de varios experimentos realizados por Turnsek & Cacovic y por Powell & Hodgkinson, en compresión explica el proceso para el cálculo del módulo de elasticidad, el que se puede representar con bastante aproximación por la parábola:



*Ilustración 2.1. Diagrama normalizado esfuerzo Vs deformación unitaria Para el ensayo de compresión de prismas de albañilería.*

$$\frac{\sigma}{\sigma'} = 2 \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon'} \right) - \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon'} \right)^2$$

**Donde:**

$\sigma'$ : Esfuerzo en el punto máximo de la curva

$\varepsilon'$ : Deformación unitaria en el punto máximo de la curva

El cálculo del módulo tangente en el inicio ( $E_{mt}$ ) está dado por la ecuación:

$$E_{mt} = 2 \left( \frac{\sigma'}{\varepsilon'} \right)$$

Según, Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. El módulo de elasticidad de la albañilería se hace, al 50% del valor de la resistencia última, por el comportamiento no lineal de la materia.

$$\sigma' = \frac{P}{\text{Área Bruta}}$$

$$\varepsilon' = \frac{D}{H}$$

$$E_m = 1.25 \left( \frac{\sigma'}{\varepsilon'} \right)$$

**Donde:**

$\sigma'$ : Esfuerzo axial en el tramo elástico (ton/m<sup>2</sup>).

**P**: Fuerza en el tramo que representa el comportamiento elástico (ton).

**Área Bruta** = Largo x Ancho (m<sup>2</sup>).

$\varepsilon'$ : Deformación unitaria asociado a  $\sigma'$ .

**D**: Deformación en el rango elástico (mm).

**H**: Altura del prisma (mm).

**Em**: Módulo de elasticidad.

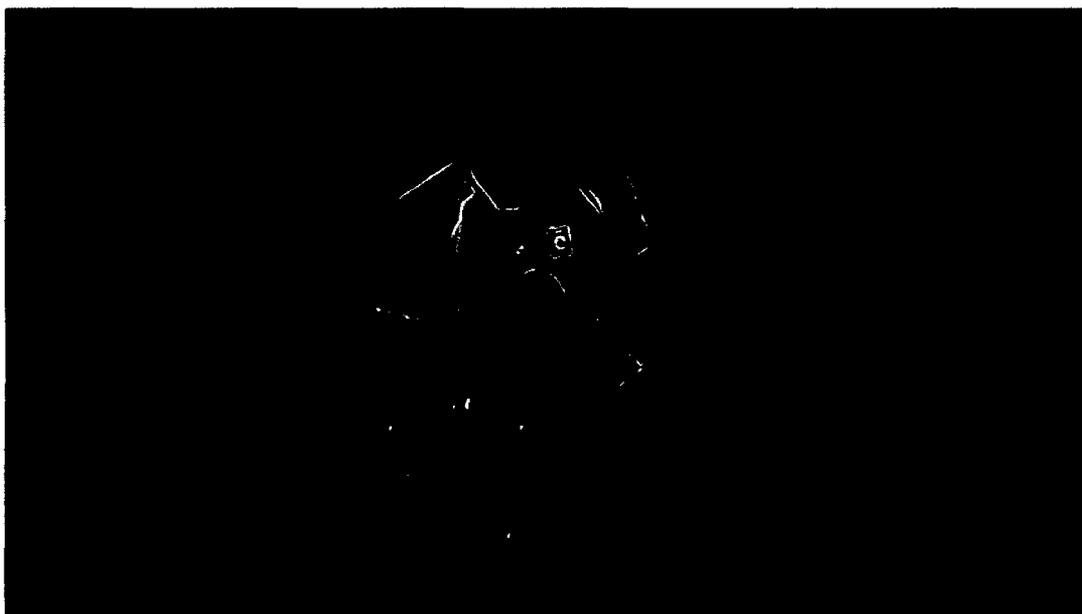
## b) Muretes.

### ❖ Procedimiento De Construcción

- ✓ Se construyeron 4 especímenes de 1.00 \* 1.00 m, 2 muretes de ladrillo fabricado artesanalmente en el centro poblado de Manzanamayo y 2 muretes de ladrillo fabricado artesanalmente en el centro poblado de San José, con un espesor de mortero de 10mm y 15mm (*Ilustración 47.*), debido a la alta succión de los ladrillos de arcilla, se regaron las unidades por media hora el mismo día antes del asentado.
- ✓ El diseño del mortero se realiza analíticamente, con las proporciones indicadas en la Norma E-070, para muros portantes.

**Mortero tipo P2 = 1:5 (cemento: arena).**

- ✓ Al momento de la construcción se controlará la verticalidad con un nivel y plomada (*Ilustración 48.*).
- ✓ Se realiza el curado según lo indicado en la Norma E-070.
- ✓ Luego de construir los muretes se coloca una capa de yeso de 2mm aproximadamente en las esquinas opuestas con la finalidad de uniformizar la superficie de contacto con los cabezales del dispositivo de ensayo.



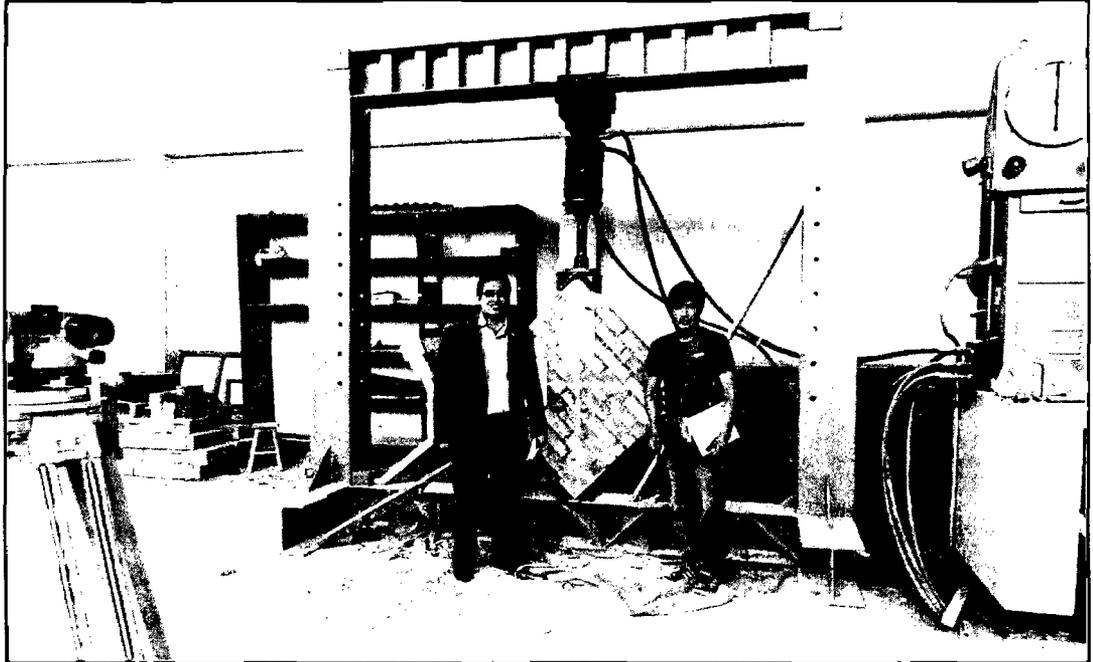
*Ilustración 52. Capa de yeso en esquinas opuestas.*

- ✓ Los muretes se ensayaron cuando cumplieron 28 días de edad.

❖ **Peso volumétrico de la albañilería.**

- ✓ El registro del peso de cada murete se realizó mediante una balanza con capacidad de 30 kg, con una aproximación de 0.01g, el registro se realizó una vez ensayados los muros.

❖ **Instrumentación y montaje.**



*Ilustración 53. Asesor y asesorado en ensayo, compresión diagonal.*

- ✓ Los muretes se transportan manualmente y con cuidado hasta la maquina universal con péndulo.
- ✓ Luego se coloca el murete con los ángulos de acero en los extremos, debidamente plomado con el péndulo de la maquina universal.
- ✓ Se empieza aplicar la carga a una velocidad de 25 Ton/min y con la ayuda de un nivel topográfico más papel milimetrado pegado en el muro, se registra las deformaciones verticales y con un deformimetro y un soporte universal se registran deformaciones horizontales.

❖ **Calculo de la resistencia al corte**

La resistencia al corte puro resulta de dividir la carga máxima entre el área diagonal comprimida.

$$V_m = \frac{P_{max}}{A_d}$$

**Donde:**

**$V_m$**  : Resistencia al corte (kg/cm<sup>2</sup>)

**$P_{m\acute{a}x.}$**  : Máxima Fuerza que resiste en murete (kg)

**$A_d$**  : rea diagonal (diagonal del murete x espesor) (cm<sup>2</sup>)

La resistencia característica ( **$V'_m$** ) es la resistencia al corte promedio menos una desviación estándar (Norma E-070).

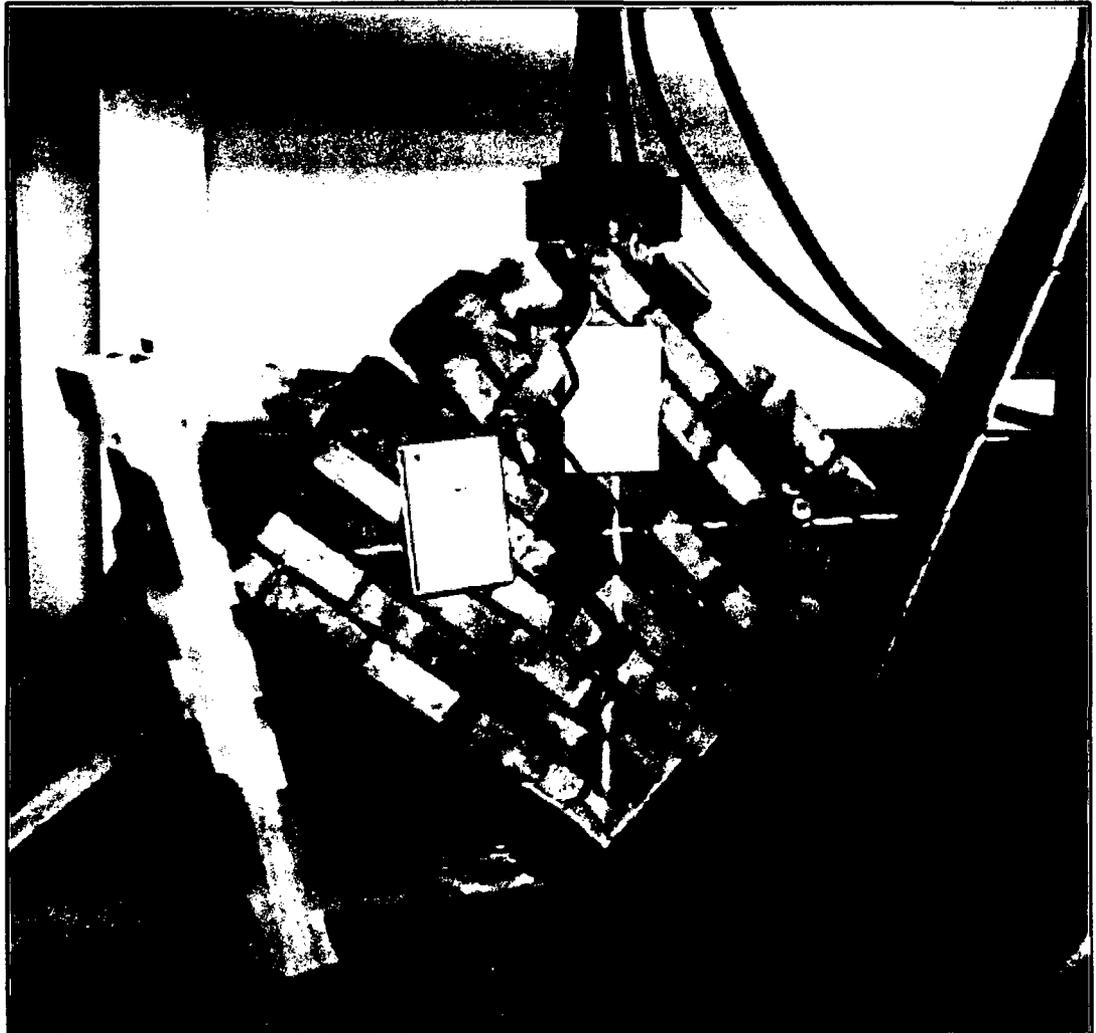
$$V'_m = V_m - S$$

**Donde:**

**$V_m$**  : Resistencia al corte (kg/cm<sup>2</sup>).

**$V'_m$**  : Resistencia característica al corte (kg/cm<sup>2</sup>).

**$S$**  : Desviación estándar.



**Ilustración 54.** Falla característica en compresión diagonal.

## E. Diseño Analítico Del Mortero

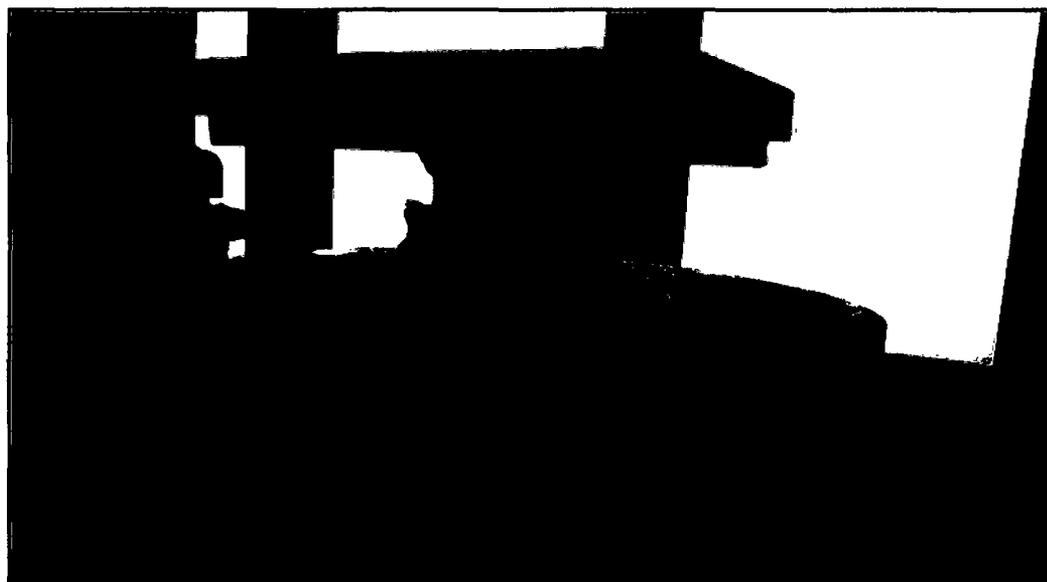
El diseño del mortero se realizó analíticamente, con los datos obtenidos de la granulometría de la arena gruesa de la cantera el Gavilán, cemento portland tipo I (bolsa verde) y agua.

De acuerdo a la Norma E-070, se diseña para muros portantes por lo que, el mortero es el tipo P2, en proporciones de 1:5 (cemento: arena), no se usó cal dada la limitación de contar con cal normalizada.

Del cual se realizarán ensayos a compresión para determinar su resistencia característica a la compresión.



*Ilustración 55. Testigos de mortero utilizados.*



*Ilustración 56. Ensayo a compresión del mortero.*

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### IV.1 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA UTILIZADAS

Los ladrillos fabricados artesanalmente en las zonas de Manzanamayo y San José del distrito de los Baños del Inca distrito de Cajamarca, no cumplen con las indicaciones que el fabricante indicado al momento de la venta. Estas en lo que se refiera a dimensiones, resistencia y comportamiento estructural, clasificando así como ladrillo **Tipo I** para uso restringido en viviendas de 1 ó 3 pisos y evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.

Las especificaciones obtenidas en los lugares de compra para cada uno de los tipos de ladrillo, son las que se mencionan en las *Tablas 12. Tabla 13.*

**Tabla 12.** Especificaciones técnicas para el ladrillo artesanal del C.P. San José.

Características	Ladrillo artesanal del C.P. San José
Tipo :	King Kong Sólido
Dimensiones :	22x13x7.5 cm
Numero de probetas por ensayo :	10 unidades
Peso por unidad :	2.80 kg/unidad
Resistencia característica a compresión :	65 kg/cm <sup>2</sup>
Alabeo :	2 mm

**Tabla 13.** Especificaciones técnicas para el ladrillo artesanal del C.P. Manzanamayo.

Características	Ladrillo artesanal del C.P. Manzanamayo
Tipo :	King Kong Sólido
Dimensiones :	22.0x13.0x7.5 cm
Numero de probetas por ensayo :	10 unidades
Peso por unidad :	3.00 kg/unidad
Resistencia característica a compresión :	85 kg/cm <sup>2</sup>
Alabeo :	2 mm

## IV.2 ENSAYOS CLASIFICATORIOS

De las pruebas clasificatorias realizadas en el laboratorio de Ensayos de Materiales "Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz", de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca, se obtienen las tablas mostradas en el Anexo 1.0.

### A. Propiedades físicas

#### ✓ Variación dimensional

La variación dimensional está referida a la dispersión entre resultados de haber tomado las medidas de las dimensiones de cada uno de los ladrillos, y estos resultados comparados con las medidas dadas por el fabricante.

**Tabla 14.** Resultados variación dimensional (V%), ladrillos del C.P. San José – Baños del inca.

Característica	Largo (L)	Ancho (A)	Alto (H)
Medida brindada por el fabricante :	220.00 mm	130.00 mm	75.00 mm
Desviación estándar ( $\sigma$ ) :	0.71	0.95	0.70
Medidas promedio :	220.43 mm	127.30 mm	75.48 mm
<b>Coefficiente de variación (Cv) :</b>	<b>0.32%</b>	<b>0.75%</b>	<b>0.93%</b>
Variación dimensiona (V%) :	-0.19%	2.08%	-0.63%

**Tabla 15.** Resultados variación dimensional (V%), ladrillos del C.P. Manzanamayo – Baños del inca.

Característica	Largo (L)	Ancho (A)	Alto (H)
Medida brindada por el fabricante :	220.00 mm	130.00 mm	75.00 mm
Desviación estándar ( $\sigma$ ) :	0.63	1.11	0.83
Medidas promedio :	220.35 mm	128.25 mm	75.93 mm
<b>Coefficiente de variación (Cv) :</b>	<b>0.28%</b>	<b>0.86%</b>	<b>1.09%</b>
Variación dimensiona (V%) :	-0.16%	1.35%	-1.23%

Según la Norma Técnica **ITINTEC 331.017**, y actualizaciones **NT 339.613** y Norma Técnica **E – 070**, brinda intervalos de variación de las dimensiones (en mm) de los ladrillos para albañilería, clasificándolos en cuatro tipos.

### Según este parámetro

- ✓ Los ladrillos producidos por los hornos del C.P. San José, tienen una variación dimensional de:

- A lo largo de  $\pm 0.45$  mm
- A lo ancho de  $\pm 2.70$  mm
- A lo alto de  $\pm 0.05$  mm

Clasificando de esta manera como ladrillos **Tipo IV** con máximos permitidos de  $\pm 2$  mm,  $\pm 3$  mm,  $\pm 4$  mm (largo, ancho, alto) respectivamente.

- ✓ Los ladrillos producidos por los hornos del C.P. Manzanamayo, tienen una variación dimensional de:

- A lo largo de  $\pm 0.35$  mm
- A lo ancho de  $\pm 1.76$  mm
- A lo alto de  $\pm 0.92$  mm

Clasificando de esta manera como ladrillos **Tipo V** con máximos permitidos de  $\pm 1$  mm,  $\pm 2$  mm,  $\pm 3$  mm (largo, ancho, alto) respectivamente.

### Comentario:

En la ficha técnica del **Anexo 5.0**. Se observa la variación dimensional del ladrillo industrial, esta es hasta  $\pm 2.4$  mm clasificando como un ladrillo **Tipo II**, según la norma técnica **NT 339.613**.

### ✓ Alabeo

Referido a la concavidad o convexidad de las caras de asiento de los ladrillos, siguiendo el procedimiento de la **NT 339.613 y Norma Técnica E – 070**, se obtuvo los resultados:

**Tabla 16.** Resultados alabeo, ladrillo del C.P. de San José – Baños del Inca

Alabeo	Cóncavo : <b>0.55 mm</b>
	Convexo : <b>1.30 mm</b>

Considerando el mayor de los datos, **Alabeo = 1.30 mm**

**Tabla 17.** Resultados alabeo, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca

Alabeo	Cóncavo : <b>0.35 mm</b>
	Convexo : <b>1.80 mm</b>

Considerando el mayor de los datos, **Alabeo = 1.80 mm**

Tal como determina la **NTP E – 07** y normas predecesoras, la concavidad máxima para un ladrillo **Tipo V** es de 2 mm; estando dentro de esta clasificación los ladrillos producidos en el centro poblado de San José y Manzanamayo para este parámetro.

**Comentario:**

Es indispensable que el alabeo de los ladrillos sea mínimo ya que de este parámetro dependerá el espesor de junta de la albañilería; y debe tenerse en cuenta que por cada centímetro superior al espesor normado de un centímetro (01cm) de junta, la resistencia de esta disminuye en un 15%.

**B. Propiedades mecánicas**

✓ **Compresión simple**

La compresión simple es un parámetro indispensable a la hora de clasificar las unidades de albañilería, de este indicador depende el tipo de albañilería, es decir, al grupo de clasificación según la Norma Técnica E-070 y/o predecesoras; el procedimiento y cálculo se realizó según la **Norma Técnica 331.613** y los resultados son mostrados en la Tabla 18 y Tabla 19.

**Tabla 18.** Resultados compresión simple, ladrillo del C.P. de San José – Baños del Inca

Característica	Mpa	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la compresión promedio ( <i>f<sub>b</sub></i> ) :	6.07 Mpa	61.92 kg/cm <sup>2</sup>
Desviación estándar ( $\sigma$ ) :	0.93 Mpa	9.44 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a la compresión (<i>f'<sub>b</sub></i>) :</b>	<b>5.15 Mpa</b>	<b>52.48 kg/cm<sup>2</sup></b>
Coefficiente de variación (Cv) :	15.24%	15.24%

**Tabla 19.** Resultados compresión simple, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca

Característica	Mpa	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la compresión promedio ( <i>fb</i> ) :	7.29 Mpa	74.39 kg/cm <sup>2</sup>
Desviación estándar ( $\sigma$ ) :	1.17 Mpa	11.95 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a la compresión (<i>f'b</i>) :</b>	<b>6.12 Mpa</b>	<b>62.44 kg/cm<sup>2</sup></b>
Coefficiente de variación ( <i>Cv</i> ) :	16.06%	16.06%

En concordancia con la norma técnica E-070 y/o normas predecesoras, mencionadas en el punto II.3.6. Apartado G. Tabla 6. Características de los ladrillos para fines estructurales, los ladrillos producidas en los hornos del C.P. de San José, al alcanzar una resistencia a la compresión simple de 5.15 Mpa (52.48 kg/cm<sup>2</sup>), están clasificando como ladrillos **Tipo I**, que admite un mínimo de 4.9 Mpa (50.00 kg/cm<sup>2</sup>) en la Norma Técnica.

Y los ladrillos producidas en los hornos del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca, al alcanzar una resistencia a la compresión simple de 6.12 Mpa (62.44 kg/cm<sup>2</sup>), están clasificando como ladrillos **Tipo I**, que admite un mínimo de 4.9 Mpa (50.00 kg/cm<sup>2</sup>).

**Comentario:**

De las Tablas 18 y 19 en comparación con las Tablas 12 y 13 respectivamente, observamos que las unidades ensayadas no cumplen con las especificaciones otorgadas al momento de la obtención de las muestras, esto se debe a la variabilidad de la combinación de elementos constituyentes, es decir, fabricando los ladrillos de modo artesanal las proporciones de arcilla, arena, el tiempo de reposo de la arcilla y el amasado varía entre tanda y tanda, conllevando esto a una variación de características entre unidades.

Por otro lado en los hornos artesanales la temperatura de estos no se puede controlar de manera uniforme es por ellos que los ladrillos de la parte inferior del horno podrían estar mucho más cocidas que las unidades de la parte superior del horno, teniendo distintas características cada una de las unidades; esto lo podemos corroborar al observar la dispersión de los datos y el coeficiente de variación que en cada uno de los casos sobrepasa el 15%.

### IV.3 ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS

Estos ensayos se realizan con la finalidad de conocer parámetros característicos, y así escoger las medidas adecuadas para el tratamiento de las unidades antes de ser asentadas, el tratamiento y procedimiento de la información se puede observar en el Anexo 2.0 y los resultados son:

#### A. Propiedades físicas

##### ✓ **Succión**

Con esta propiedad física se sabe si es necesario regar los ladrillos el mismo día del asentado o el día anterior al sentado, pues según la norma técnica E-07, menciona que si la succión de los ladrillos es superior a 20 g/200cm<sup>2</sup> - min, estos deberán ser regados por media hora el día anterior entre 10 a 15 horas antes del asentado.

**Tabla 20.** Resultados succión, ladrillo del C.P. de San José – Baños del Inca

<b>Característica</b>	<b>g/200cm<sup>2</sup> - min</b>
Succión promedio :	117.81 g/200cm <sup>2</sup> - min
Desviación estándar ( $\sigma$ ) :	54.45 g/200cm <sup>2</sup> - min
<b>Succión :</b>	<b>63.37 g/200cm<sup>2</sup> - min</b>
Coefficiente de variación (Cv) :	46.21%

**Tabla 21.** Resultados succión, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca

<b>Característica</b>	<b>g/200cm<sup>2</sup> - min</b>
Succión promedio :	113.98 g/200cm <sup>2</sup> - min
Desviación estándar ( $\sigma$ ) :	65.03 g/200cm <sup>2</sup> - min
<b>Succión :</b>	<b>48.94 g/200cm<sup>2</sup> - min</b>
Coefficiente de variación (Cv) :	57.06%

Tal como se mencionó con anterioridad y en concordancia con la Norma Técnica E-070, al haber obtenido un valor de succión superior a 20 g/200cm<sup>2</sup> - min (63.37 g/200cm<sup>2</sup> – min para los ladrillos fabricados en el C.P. de San José y 48.94 g/200cm<sup>2</sup> – min para los fabricados en el C.P. de Manzanamayo), estos deberán ser regados un mínimo de media hora un día antes del asentado.

## B. Propiedades mecánicas

### ✓ Absorción

Con esta propiedad mecánica se tiene una visión aproximada del tiempo de curado de los muros, además de tener cierta relación con el tiempo de regado de la albañilería antes del asentado.

**Tabla 22.** Resultados absorción, ladrillo del C.P. de San José – Baños del Inca

Característica	%
<b>Absorción :</b>	<b>20.11%</b>
Desviación estándar ( $\sigma$ ) :	3.08%
Coefficiente de variación (Cv) :	15.31%

**Tabla 23.** Resultados absorción, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca

Característica	%
<b>Absorción :</b>	<b>19.00%</b>
Desviación estándar ( $\sigma$ ) :	1.11%
Coefficiente de variación (Cv) :	5.86%

En concordancia con la **Norma Técnica E-070** y normas predecesoras, la absorción de los ladrillos producidos en el centro poblado de San José es de 20.11% y esta es inferior al valor límite de 22% que otorga la Norma Técnica; con lo que podemos decir que el tiempo de curado de los muros será de entre 7 y 12 días posteriores a la construcción dependiendo de las condiciones medioambiental de la zona en que nos encontremos construyendo.

De igual manera los ladrillos producidos en el Centro Poblado de Manzanamayo, tienen una succión de 19.00% y este valor es inferior al valor límite de 22% de la NTP E-070, por lo que tiene las mismas características que el ladrillo producido en el C.P. San José.

Al tener una desviación estándar inferior a 5% en ambos casos quiere decir que la mayoría de las muestras presentan resultados similares.

El procedimiento de cálculo se encuentra en el Anexo 2.0.

#### IV.4 NATURALEZA DE LA ALBAÑILERIA Y CRITERIOS DE FALLA

Estos ensayos se realizan con la finalidad de observar el comportamiento estructural de las unidades de albañilería, el procedimiento de construcción y ensayo se realizó según la Norma Técnica 339.613, el procesamiento de la información y cálculo de resultados se puede consultar en el Anexo 2.0 y Anexo 3.0.

##### A. Ensayo en pilas

###### ✓ Compresión axial

**Tabla 24.** Resultados compresión axial en pilas, ladrillo del C.P. de San José – Baños del Inca

Espécimen	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
PSJ-01 :	16.38 kg/cm <sup>2</sup>
PSJ-02 :	15.64 kg/cm <sup>2</sup>
PSJ-03 :	19.14 kg/cm <sup>2</sup>
PSJ-04 :	16.67 kg/cm <sup>2</sup>
Promedio ( <i>f<sub>m</sub></i> ) :	16.96 kg/cm <sup>2</sup>
Desviación estándar ( $\sigma$ ) :	1.52 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a la compresión (<i>f<sub>m</sub></i>) :</b>	<b>15.44 kg/cm<sup>2</sup></b>
Coficiente de variación (Cv) :	8.96%

**Tabla 25.** Resultados compresión axial en pilas, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca

Espécimen	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
PMA-01 :	22.07 kg/cm <sup>2</sup>
PMA-02 :	14.39 kg/cm <sup>2</sup>
PMA-03 :	13.68 kg/cm <sup>2</sup>
PMA-04 :	15.17 kg/cm <sup>2</sup>
Promedio ( <i>f<sub>m</sub></i> ) :	16.33 kg/cm <sup>2</sup>
Desviación estándar ( $\sigma$ ) :	3.88 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a la compresión (<i>f<sub>m</sub></i>) :</b>	<b>12.45 kg/cm<sup>2</sup></b>
Coficiente de variación (Cv) :	23.74%

De acuerdo con la Norma Técnica E-070 Ítem 13.9, esta resistencia para los ladrillos Tipo I debe estar en alrededor 3.4 Mpa (35 kg/cm<sup>2</sup>), con lo que podemos mencionar que el ladrillo producido en los centros

poblados en estudio no alcanza la resistencia mínima para este tipo de albañilería; esto debe principalmente a la forma y condiciones como han sido fabricadas las unidades.

**Comentario:**

A pesar que estos elementos no alcanzan la resistencia característica para este tipo de albañilería, muestran una desviación estándar baja y un coeficiente de variación moderado con lo que me atrevo a decir que las condiciones de construcción del bloque de pilas se mantuvieron constantes para cada una de las pilas, el procedimiento de cálculo de esta resistencia se muestra en el Anexo 4.0.

✓ **Calculo del módulo de elasticidad**

**Tabla 26.** Resultados módulo de elasticidad en pilas, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca.

<b>Espécimen</b>	<b>Módulo de elasticidad Em (Tn/m<sup>2</sup>)</b>
PSJ-01 :	2.52334E+04 Tn/m <sup>2</sup>
PSJ-02 :	2.39786E+04 Tn/m <sup>2</sup>
PSJ-03 :	1.97653E+04 Tn/m <sup>2</sup>
PSJ-04 :	1.75042E+04 Tn/m <sup>2</sup>
<b>Promedio (Em) :</b>	<b>2.16204E+04 Tn/m<sup>2</sup></b>
Desviación estándar (σ) :	3.60552E+03 Tn/m <sup>2</sup>
Coeficiente de variación (Cv) :	16.68%

**Tabla 27.** Resultados módulo de elasticidad en pilas, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca.

<b>Espécimen</b>	<b>Módulo de elasticidad Em (Tn/m<sup>2</sup>)</b>
PMA-01 :	2.55560E+04 Tn/m <sup>2</sup>
PMA-02 :	1.53232E+04 Tn/m <sup>2</sup>
PMA-03 :	1.86944E+04 Tn/m <sup>2</sup>
PMA-04 :	1.58543E+04 Tn/m <sup>2</sup>
<b>Promedio (Em) :</b>	<b>1.88570E+04 Tn/m<sup>2</sup></b>
Desviación estándar (σ) :	4.70484E+03 Tn/m <sup>2</sup>
Coeficiente de variación (Cv) :	24.95%

El módulo de elasticidad ( $E_m$ ) de las pilas de albañilería, de acuerdo con la Norma Técnica E-070, está relacionada a la resistencia a la compresión axial de cada una de las pilas, esto es  $E_m = 500 f'_m$

De acuerdo con ello el módulo de elasticidad teórico para las pilas construidas con ladrillos del C.P. San José es de 757.33 MPa y este valores excede al valor obtenido del ensayo de compresión axial de pilas, que es de  $2.16204E+04 \text{ Tn/m}^2$  (211.90 MPa).

De igual manera para las pilas construidas con los ladrillos del C.P. Manzanamayo el módulo de elasticidad teórico es de 610.67 MPa y este valor vuelve a exceder al valor obtenido de las mediciones de deformaciones en el ensayo de compresión axial que es de  $1.88570E+04 \text{ Tn/m}^2$  (185.41 MPa).

#### **Comentario:**

Al obtener resultados de módulo de elasticidad que difiere bastante del módulo de elasticidad teórico, el comportamiento estructural ante cargas sísmicas no será el adecuado, esto se debe a que el ladrillos fabricado en estas zonas es de modo artesanal y existe una gran dispersión de resultados de ensayos entre cada uno de los elementos de una misma hornada (tanda) de ladrillos, a diferencia del ladrillos industrial que todo el proceso es mecanizado y las proporciones y tiempos de horneado son mucho más precisos; el procedimiento de cálculo del módulo de elasticidad mediante las deformaciones medidas en el ensayo de compresión axial se muestra en el Anexo 4.0.

#### **B. Ensayo en muretes**

##### ✓ **Peso volumétrico**

El peso volumétrico se calcula con la finalidad de obtener información que con posterioridad se usara para el metrado de cargas en edificaciones, la **NTP E-020** Cargas en edificaciones, establece un peso volumétrico de  $1800 \text{ kgf/m}^3$  para la albañilería cocida sólida.

De los ensayos realizados que se muestran en los Anexos 1.0, 2.0 y 4.0; se calculó los pesos volumétricos y estos son:

**Tabla 28.** Resultados peso volumétrico en muros, ladrillo del C.P. de San José – Baños del Inca

<b>Espécimen</b>	<b>kgf/m<sup>3</sup></b>
MSJ-01 :	1919.59 kgf/m <sup>3</sup>
MSJ-02 :	1951.56 kgf/m <sup>3</sup>
<b>Promedio :</b>	<b>1935.58 kgf/m<sup>3</sup></b>

**Tabla 29.** Resultados peso volumétrico en muros, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca

<b>Espécimen</b>	<b>kgf/m<sup>3</sup></b>
MMA-01 :	1940.92 kgf/m <sup>3</sup>
MMA-02 :	1969.27 kgf/m <sup>3</sup>
<b>Promedio :</b>	<b>1955.10 kgf/m<sup>3</sup></b>

**Comentario:**

Las Tablas 28 y 29; muestran el peso volumétrico para cada uno de los ladrillos (1935.58 kgf/m<sup>3</sup> para los producidos en el C.P. San José y 1955.10 kgf/m<sup>3</sup> para los producidos en el C.P. Manzanamayo), estos pesos son un poco superiores al peso dado en la Norma Técnica De Cargas E-020; y esto se debe al tipo de materia de fabricación de este tipo de ladrillos, en cuyos hornos se utiliza arcillas más compactas que las arcillas usadas para la fabricación industrial de los ladrillos.

✓ **Compresión diagonal**

La compresión diagonal en muros no confinados se realiza con la finalidad de observar el comportamiento estructural de las unidades de albañilería, esta característica según la Norma Técnica Peruana E-070 Ítem 13.9, indica que debe ser de aproximadamente 0.50 Mpa o el equivalente a 5.10 kg/cm<sup>2</sup>, el procedimiento de ensayo se realizó según la NTP 399.605 y el procesamiento de la información se presenta en el Anexo 4.0. Y los resultados son:

**Tabla 30.** Resultados compresión diagonal en muros, ladrillo del C.P. de San José – Baños del Inca

<b>Espécimen</b>	<b>Resistencia al corte (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
MSJ-01 :	2.33 kg/cm <sup>2</sup>
MSJ-02 :	2.16 kg/cm <sup>2</sup>
Promedio ( <i>V<sub>m</sub></i> ) :	2.24 kg/cm <sup>2</sup>
Desviación estándar ( $\sigma$ ) :	0.12 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia al corte (<i>V'<sub>m</sub></i>) :</b>	<b>2.13 kg/cm<sup>2</sup></b>
Coefficiente de variación ( <i>C<sub>v</sub></i> ) :	5.13%

**Tabla 31.** Resultados compresión diagonal en muros, ladrillo del C.P. de Manzanamayo – Baños del Inca

<b>Espécimen</b>	<b>Resistencia al corte (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
MMA-01 :	1.72 kg/cm <sup>2</sup>
MMA-02 :	1.52 kg/cm <sup>2</sup>
Promedio ( <i>V<sub>m</sub></i> ) :	1.62 kg/cm <sup>2</sup>
Desviación estándar ( $\sigma$ ) :	0.14 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia al corte (<i>V'<sub>m</sub></i>) :</b>	<b>1.48 kg/cm<sup>2</sup></b>
Coefficiente de variación ( <i>C<sub>v</sub></i> ) :	8.68%

**Comentario:**

Las Tablas 30 y 31; muestran resultados de resistencia al corte mediante compresión diagonal de muretes (2.13 kg/cm<sup>2</sup> para los ladrillos fabricados en el C.P. de San José, y de 1.48 kg/cm<sup>2</sup> para los ladrillos fabricados en el C.P. de Manzanamayo del distrito de los Baños del Inca), en ambos de los casos la resistencia al corte (*V'<sub>m</sub>*) es inferior a lo normado, esto es debido a que en el proceso de fabricación y construcción de muros existe distintas variables que hacen variar la resistencia de los muros, tales como por ejemplo la tecnología del mortero en lo referente a resistencia, consistencia y fluidez que es una variable que en cada instante de asentado del ladrillo varia, también tiene gran influencia la habilidad y técnica del albañil para asentar el ladrillo, el tiempo de curado del muro, las condiciones de exposición medioambiental, la calidad del ladrillo (representada en ensayos a compresión de unidades), textura del ladrillo para adherirse al mortero, etc.

### C. Mortero

El mortero hecho de cemento/ arena/ cal/ agua o cemento/ arena/ agua, es el ligante utilizado para unir los ladrillos en la albañilería ya sea esta confinada o sin confinar, para tener un comportamiento monolítico en la estructura éste (el mortero) debe tener una resistencia característica a la compresión similar a las de las unidades de albañilería, es decir, la resistencia a la compresión de las probetas de mortero debe estar al rededor 65 y 85 kg/cm<sup>2</sup> como mínimo, es por este motivo que se realizó un diseño en proporción en volumen de 1:5:0.85 (cemento/arena/agua), tal como lo muestra el Anexo 3.0, esta proporción rindió una resistencia de al menos 100.00 kg/cm<sup>2</sup> cada probeta por lo que se realiza el ajuste de mezcla.

Después de haber hecho el diseño y ajuste de mezclas midiendo la cantidad de agua efectiva y aire real que queda atrapada en la mezcla, las proporciones en volumen y en peso que se obtuvieron son:

**Tabla 32.** Proporciones para la elaboración del mortero.

Proporción en peso :	1.00	5.54	54.10 lts/bolsa
<b>Proporción en peso (materiales húmedos) :</b>	<b>1.00</b>	<b>5.61</b>	<b>57.30 lts/bolsa</b>
Proporción en volumen :	1	5	1.273

De esta proporción se preparó una tanda y las probetas se ensayaron a compresión axial a los 28 días de curado dando como resultado de 88.69 kg/cm<sup>2</sup> (8.70 Mpa) tal como lo muestra la Tabla 33.

**Tabla 33.** Resistencia característica en probetas de mortero.

Característica	kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
Promedio ( <i>f<sub>m</sub></i> ) :	96.84 kg/cm <sup>2</sup>	9.50 Mpa
Desviación estándar ( $\sigma$ ) :	8.15 kg/cm <sup>2</sup>	0.80 Mpa
<b>Resistencia a la compresión (<i>f<sub>m</sub></i>) :</b>	<b>88.69 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>8.70 Mpa</b>
Coefficiente de variación (Cv) :	8.42%	8.42%

Esta resistencia es considerada adecuada debido a que el mortero real elaborado en obra no tendrá esta resistencia pues el mortero en obra se

elabora con proporciones de agua de acuerdo a como se avanza el asentado y probablemente cada uno de las juntas de un muro tengan variación en resistencia a la compresión; sí bien es cierto no podemos hablar del mortero trabajado en obra en esta investigación pero de igual modo aceptamos esta resistencia debido a que no guarda mucha diferencia con la resistencia máxima de las unidades de albañilería y con esto garantizamos una estructura uniforme en resistencia y auguramos una falla en el ensayo a compresión diagonal de acuerdo al comportamiento estructural de elementos no confinados, es decir una falla diagonal escalonada.

#### **IV.5 CONTRASTE DE HIPÓTESIS.**

La hipótesis planteada conceptualmente contemplaba que las características físico - mecánicas de las unidades de albañilería producida artesanalmente en los centros poblados de Manzanamayo y San José, cumple con los requisitos que exige la Norma Técnica E-070, clasificando como ladrillos Tipo II destinados a la albañilería estructural y no estructural.

De acuerdo con los ensayos realizados y analizados en los puntos IV.1, IV.2, IV.3, IV.4, se verifica que el ladrillo cocido elaborado artesanalmente en los centros poblados de San José y Manzanamayo del distrito de los Baños del Inca, se clasifican como ladrillos **Tipo I** según la resistencia a la compresión axial de las unidades y según su alabeo y variación dimensional clasifican como **tipo IV**, pudiendo clasificar los ladrillos del C.P. de Manzanamayo según su variación dimensional como **Tipo V**, según la **Norma Técnica Peruana E-070** vigente actualmente.

# CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

## V.1 CONCLUSIONES

1. De la evaluación de las características de las propiedades físico – mecánicas de la albañilería producida en el centro poblado de San José se obtuvo en los ensayos clasificatorios a) Variación dimensional a lo **largo = -0.19%**, a lo **ancho = 2.08%**, a lo **alto = -0.63%**; b) Alabeo en el sentido **cóncavo = 0.55mm**, en el sentido **convexo = 1.30mm**; c) Compresión simple  **$f'b=5.15$  Mpa (52.48 kg/cm<sup>2</sup>)** y en los ensayos no clasificatorios a) Succión = **63.37g/200cm<sup>2</sup>-min**; b) Absorción = **20.11%**.
2. De manera similar para las unidades producidas en el centro poblado de Manzanamayo se obtuvo en los ensayos clasificatorios a) Variación dimensional a lo **largo = -0.16%**, a lo **ancho = 1.35%**, a lo **alto = -1.23%**; b) Alabeo en el sentido **cóncavo = 0.35mm**, en el sentido **convexo = 1.80mm**; c) Compresión simple  **$f'b=6.12$  Mpa (62.44 kg/cm<sup>2</sup>)** y en los ensayos no clasificatorios a) Succión = **48.94 g/200cm<sup>2</sup>-min**; b) Absorción = **19.00%**.
3. Según los resultados de los ensayos clasificatorios (variación dimensional, alabeo y compresión simple), los ladrillos del C.P. de San José clasifican como ladrillos **Tipo I** para uso restringido en viviendas de 1 ó 3 pisos y evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo y como **Tipo IV** según su variación dimensional y alabeo (NTP 339.613); y los del C.P. de Manzanamayo clasifican como ladrillos **Tipo I** según su resistencia a la compresión y como **Tipo V** según su variación dimensional y alabeo para usos determinados por la **Norma Técnica E-070**.
4. La resistencia característica a la compresión en pilas es mayor de la albañilería fabricada en el C.P. de San José ( **$f'm=15.44$ kg/cm<sup>2</sup>**) que la que se fabrica en el C.P. de Manzanamayo ( **$f'm=12.45$ kg/cm<sup>2</sup>**), mostrando así está una mayor fragilidad ante cargas sísmicas, pues el módulo de elasticidad de la albañilería producida en el C.P. de

Manzanamayo solo alcanza  $E_m=1.89 \times 10^4 \text{ Tn/m}^2$  a diferencia de la albañilería que se produce en el C.P. de San José que tiene un  $E_m=2.16 \times 10^4 \text{ Tn/m}^2$ , ambos resultados inferiores a sus módulos de elasticidad teóricos que son de **610.67MPa** y **757.33MPa** respectivamente.

5. La resistencia al corte de los muretes ( $V'm$ ), construidos con los ladrillos fabricados en el C.P. San José es superior ( $V'm = 2.13 \text{ kg/cm}^2$ ) a la resistencia al corte de los muros construidos con los ladrillos fabricados en el C.P. Manzanamayo ( $V'm = 1.48 \text{ kg/cm}^2$ ); pero para efectos de diseño de muros portantes se usara la resistencia cortante equivalente a la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión axial  $V'm = \sqrt{f'm}$ .
6. Los muros construidos tanto con la albañilería producida en el C.P. San José y la producida en el C.P, Manzanamayo presentaron una falla violenta y frágil, por falta de confinamiento, la grieta cruzó el ladrillo y el mortero, formándose el abanico de tracción diagonal en los ángulos. Este comportamiento de los muretes ha seguido la actuación de una estructura no confinada ante sollicitaciones sísmicas, es decir en tracción diagonal.
7. Del trabajo de campo se obtuvo que en el C.P. de Manzanamayo existen 27 hornos de fabricación de ladrillo artesanal cuya producción es superior en frecuencia de quemado y capacidad de hornada a 13 millares; y en el C.P. de San José existen 22 hornos de fabricación de ladrillo artesanal cuya producción es superior en frecuencia de quemado y capacidad de hornada a 13 millares por hornada
8. El diseño del mortero para el asentado de ladrillos de muretes y pilas se realizó en la proporción en pesos secos de **1:5.54:54.10lts/bolsa**, alcanzo una resistencia promedio de  $f'c=88.69 \text{ kg/cm}^2$ ; esta resistencia se toma con la finalidad de conformar una estructura monolítica en lo que a resistencia respecta entre ladrillos y juntas de concreto.

## V.2 RECOMENDACIONES

1. Tal como lo menciona la Norma Técnica E - 070, el ladrillo **Tipo I**, debe ser de uso exclusivo para la construcción de viviendas de 1 ó 3 pisos y evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo, perteneciendo Cajamarca a la zona sísmica 3 y de acuerdo a la Tabla 7. De este informe los muros portantes construidos con este tipo de albañilería servirán para edificios de hasta un máximo 3 niveles.
2. Continuar con las investigaciones en lo que a este campo respecta pues en el distrito de los Baños del Inca existe gran cantidad de hornos artesanales, y al realizar este tipo de investigaciones se incentiva a los productores a mejorar su producto hasta alcanzar un proceso de industrialización de la producción de ladrillo.
3. Crear la línea de investigación en albañilería en la Facultad de Ingeniería, con el propósito de propiciar mejoras en la elaboración de la unidad de albañilería, adhesión unidad - mortero, proceso constructivo y otros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Afanador, N; Guerrero, G; Monroy, R. 2012. Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. Bogotá, UMNG. 15 p.
2. Bianucci, MA. El Ladrillo. Orígenes y Desarrollo (en línea). Chaco, Argentina. Consultado 22 julio 2015. Disponible en. <http://arquitectologicofau.files.wordpress.com/2012/02/el-ladrillo-2009.pdf>.
3. Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. Albañilería Estructural. Tercera Ed. Lima, Perú. Fondo Edit. PUCP. 444 p. (Serie Ingeniería Civil).
4. San Bartolomé, A. 1994. Construcciones de Albañilería. Comportamiento sísmico y diseño estructural. Primera Ed. Lima, Perú. Fondo Edit. PUCP. 246p. (Serie Ingeniería Civil).
5. E. Sánchez. 1982. Estudio de la variabilidad en la calidad de los ladrillos producidos en la ciudad de Lima. PUCP.
6. Fernández, K. 2010. Estudio de la influencia del tipo de arcilla en las características técnicas del ladrillo. Santa Barbará – Cajamarca. Tesis Mg. Sc. Cajamarca, UNC. 188 p.
7. Bernal, K. 2010. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong del Centro Poblado El Cerrillo – Baños Del Inca Y Lark De Lambayeque. Tesis Cajamarca, UNC. 135 p.
8. Mosqueira, J. y Díaz, M. 1984. Ensayos de albañilería utilizando ladrillos de arcilla cocida. Tesis Ing. Civil. Cajamarca, UNC. 194 p.
9. Pastorutti, A. y San Bartolomé, A. 1985. Ensayo de carga lateral en muros de albañilería confinados – efectos del refuerzo. Lima, PUCP.
10. San Bartolomé, A. 1980. Comportamiento de elementos de albañilería en ensayos de compresión diagonal y corte directo. Lima, PUCP.

11. Quiun, D; San Bartolomé, A; Mendoza, G. 2005. Corrección por esbeltez en pilas de albañilería ensayadas a compresión axial. Lima, PUCP.
12. San Bartolomé, A. 2007. Defectos que incidieron en el comportamiento de las construcciones de albañilería en el sismo de pisco del 15-08-2007", Lima, PUCP.
13. San Bartolomé, A; Angles, P. 2008. Comparación del comportamiento sísmico de muros confinados construidos con ladrillos de concreto y de arcilla. Lima, PUCP.
14. Angles, D. 2008. Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla (en línea). Ing. Civil. Lima, Perú. PUCP. 96 p. Consultado 20 julio. 2015. en:  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/144/Angles\\_Paola\\_comparacion\\_comportamiento\\_carga\\_lateral\\_ciclica\\_muro\\_confinado\\_ladrillos\\_concreto\\_ladrillos\\_arcilla.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/144/Angles_Paola_comparacion_comportamiento_carga_lateral_ciclica_muro_confinado_ladrillos_concreto_ladrillos_arcilla.pdf?sequence=1)

## ANEXOS

### ANEXO 1.0. ENSAYOS CLASIFICATORIOS

#### A. Propiedades físicas

##### - Variación dimensional

**Tabla 34.** Ensayo de variación dimensional del ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca.

Espécimen	Largo(mm)					Ancho(mm)					Alto(mm)						
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp		
VDS-01	222	222	221	221	222	126	125	130	130	128	75	78	75	76	76.0		
VDS-02	220	221	220	221	221	128	127	128	128	128	74	74	75	75	74.5		
VDS-03	220	220	220	220	220	125	126	127	130	127	76	75	75	75	75.3		
VDS-04	220	220	220	221	220	124	125	130	130	127	75	75	73	75	74.5		
VDS-05	222	221	220	220	221	126	127	131	131	129	77	75	74	74	75.0		
VDS-06	222	220	220	219	220	125	126	125	125	125	76	76	75	77	76.0		
VDS-07	221	220	221	221	221	125	126	131	130	128	74	75	75	78	75.5		
VDS-08	219	219	219	219	219	126	128	127	126	127	74	75	76	77	75.5		
VDS-09	220	222	219	219	220	127	126	127	127	127	78	76	76	77	76.8		
VDS-10	221	222	221	221	221	125	127	130	129	128	76	76	77	74	75.8		
<b>Largo de fabricación. (mm):</b>					<b>220.00</b>	<b>Ancho fabr.:</b>					<b>130.00</b>	<b>Alto fabr.:</b>					<b>75.00</b>
<b>Largo prom. (mm):</b>					<b>220.425</b>	<b>Ancho prom.:</b>					<b>127.3</b>	<b>Alto prom.:</b>					<b>75.475</b>
$\sigma$ :					<b>0.70760</b>	$\sigma$ :					<b>0.94868</b>	$\sigma$ :					<b>0.70168</b>
<b>Variación dimensional %</b>					<b>-0.1932%</b>	<b>%</b>					<b>2.0769%</b>	<b>%</b>					<b>-0.6333%</b>
<b>C.v.</b>					<b>0.3210%</b>	<b>C.v.</b>					<b>0.7452%</b>	<b>C.v.</b>					<b>0.9297%</b>

**Tabla 35.** Ensayo de variación dimensional del ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca.

Espécimen	Largo(mm)					Ancho(mm)					Alto(mm)						
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp		
VDM-01	221	219	220	221	220	125	127	128	127	127	78	77	78	78	77.8		
VDM-02	219	222	220	221	221	129	129	129	128	129	76	76	77	76	76.3		
VDM-03	221	221	220	221	221	129	129	130	130	130	78	74	75	75	75.5		
VDM-04	220	221	221	221	221	130	130	126	126	128	77	75	76	76	76.0		
VDM-05	220	221	220	220	220	130	130	129	128	129	77	77	74	77	76.3		
VDM-06	221	220	221	221	221	125	126	127	130	127	76	76	78	76	76.5		
VDM-07	220	220	220	221	220	130	130	125	127	128	76	76	75	75	75.5		
VDM-08	223	222	220	220	221	129	127	131	130	129	74	75	74	79	75.5		
VDM-09	220	219	220	220	220	126	125	129	127	127	74	74	75	77	75.0		
VDM-10	221	221	217	217	219	129	130	129	129	129	74	75	74	77	75.0		
<b>Largo de fabricación. (mm):</b>					<b>220.00</b>	<b>Ancho fabr.:</b>					<b>130.00</b>	<b>Alto fabr.:</b>					<b>75.00</b>
<b>Largo prom. (mm):</b>					<b>220.35</b>	<b>Ancho prom.:</b>					<b>128.25</b>	<b>Alto prom.:</b>					<b>75.925</b>
$\sigma$ :					<b>0.62583</b>	$\sigma$ :					<b>1.10554</b>	$\sigma$ :					<b>0.82538</b>
<b>Variación dimensional %</b>					<b>-0.1591%</b>	<b>%</b>					<b>1.3462%</b>	<b>%</b>					<b>-1.2333%</b>
<b>C.v.</b>					<b>0.2840%</b>	<b>C.v.</b>					<b>0.8620%</b>	<b>C.v.</b>					<b>1.0871%</b>

- Alabeo

**Tabla 36.** Ensayo de alabeo del ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca.

Especimen	CARA A		CARA B	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
ASJ-01	1	0	0	1
ASJ-02	0	4	1	0
ASJ-03	0	2	0	3
ASJ-04	0	2	0	2
ASJ-05	0	3	1	0
ASJ-06	2	0	0	1
ASJ-07	1	0	0	2
ASJ-08	0	2	0	1
ASJ-09	3	0	0	1
ASJ-10	2	0	0	2
Promedio	Cóncavo		0.55	
	Convexo		1.3	

ASJ: Ladrillo fabricado en San José

**Tabla 37.** Ensayo de alabeo del ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca.

Especimen	CARA A		CARA B	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
AM-01	0	3	0	2
AM-02	2	0	0	1
AM-03	1	0	0	2
AM-04	0	1	0	1
AM-05	0	3	0	3
AM-06	1	0	0	5
AM-07	1	0	0	4
AM-08	0	4	1	0
AM-09	1	0	0	3
AM-10	0	2	0	2
Promedio	Cóncavo		0.35	
	Convexo		1.8	

AM: Ladrillo fabricado en Manzanamayo

## B. Propiedades mecánicas

### - Compresión simple

**Tabla 38.** Ensayo de compresión simple del ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca.

Especimen	Largo(mm)		Ancho(mm)		Alto(mm)		Peso Ambi. (g)	Carga Máxima (Tn)	Area (m <sup>2</sup> )	fb kg/cm <sup>2</sup>	fb Mpa		
	L1	L2	A1	A2	H1	H2							
CSJ-01	222	221	127	130	78	76	2990	20.00	0.028	70.27	6.89		
CSJ-02	222	222	130	130	78	78	2800	15.50	0.029	53.71	5.27		
CSJ-03	220	221	130	128	76	76	2810	17.30	0.028	60.82	5.96		
CSJ-04	220	218	127	127	78	77	2750	15.50	0.028	55.73	5.47		
CSJ-05	221	220	129	129	77	77	2800	16.90	0.028	59.41	5.83		
CSJ-06	221	222	131	128	76	76	3045	16.90	0.029	58.92	5.78		
CSJ-07	219	219	128	127	73	75	2750	16.90	0.028	60.52	5.94		
CSJ-08	220	221	129	127	76	77	2765	13.50	0.028	47.83	4.69		
CSJ-09	221	221	128	129	79	77	2915	22.30	0.028	78.53	7.70		
CSJ-10	220	221	130	128	76	76	3010	20.90	0.028	73.48	7.21		
								<i>f<sub>m</sub></i> :	61.92	kg/cm <sup>2</sup>	6.07	Mpa	
								<i>σ</i> :	9.44	kg/cm <sup>2</sup>	0.93	Mpa	
								<i>f'<sub>m</sub></i> :	52.48	kg/cm <sup>2</sup>	5.15	Mpa	
								<i>C<sub>v</sub></i> :	15.242%				

CSJ: Ladrillo fabricado en San José

**Tabla 39.** Ensayo de compresión simple del ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca.

Especimen	Largo(mm)		Ancho(mm)		Alto(mm)		Peso Ambi. (g)	Carga Maxima (Tn)	Area (m <sup>2</sup> )	fb kg/cm <sup>2</sup>	fb Mpa		
	L1	L2	A1	A2	H1	H2							
CM-01	219	220	129	128	78	79	2995	20.30	0.028	71.97	7.06		
CM-02	221	220	129	128	78	77	2965	22.90	0.028	80.82	7.93		
CM-03	222	222	128	128	77	77	2990	19.10	0.028	67.22	6.59		
CM-04	219	220	128	130	76	77	2970	20.30	0.028	71.69	7.03		
CM-05	223	221	130	129	77	76	3005	30.20	0.029	105.05	10.30		
CM-06	220	219	128	127	77	74	2895	19.60	0.028	70.03	6.87		
CM-07	222	222	127	129	78	78	3020	21.80	0.028	76.72	7.52		
CM-08	222	221	130	130	76	79	2990	20.60	0.029	71.54	7.02		
CM-09	215	218	126	126	75	76	2975	18.10	0.027	66.35	6.51		
CM-10	221	220	129	128	73	75	2765	17.70	0.028	62.47	6.13		
								<i>f<sub>m</sub></i> :	74.39	kg/cm <sup>2</sup>	7.29	Mpa	
								<i>σ</i> :	11.95	kg/cm <sup>2</sup>	1.17	Mpa	
								<i>f'<sub>m</sub></i> :	62.44	kg/cm <sup>2</sup>	6.12	Mpa	
								<i>C<sub>v</sub></i> :	16.064%				

CSJ: Ladrillo fabricado en Manzanamayo

## ANEXO 2.0. ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS

### A. Propiedades físicas

- Succión

**Tabla 40.** Ensayo de succión del ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca.

Espécimen	Peso Ambi. (g)	Peso Seco (g)	Peso Suc. (g)	A (mm)	L (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	S (g/min)
SSJ-01	3000	2996	3150	131	220	288.2	106.870
SSJ-02	2915	2910	3242	130	221	287.3	231.117
SSJ-03	2960	2945	3150	130	221	287.3	142.708
SSJ-04	2955	2938	3058	129	221	285.09	84.184
SSJ-05	2990	2966	3070	128	221	282.88	73.529
SSJ-06	2925	2912	3016	130	222	288.6	72.072
SSJ-07	2995	2960	3030	130	222	288.6	48.510
SSJ-08	2765	2738	2952	130	220	286	149.650
SSJ-09	2900	2888	3040	129	220	283.8	107.118
SSJ-10	2780	2766	3000	131	220	288.2	162.387
Succión promedio :				117.815	g/200cm <sup>2</sup> - min		
Desviación estándar :				54.446	g/200cm <sup>2</sup> - min		
Succión :				63.369	g/200cm <sup>2</sup> - min		
Coeficiente de Variación :				46.213%			

SSJ: Ladrillo fabricado en San José

**Tabla 41.** Ensayo de succión del ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca.

Espécimen	Peso Ambi. (g)	Peso Seco (g)	Peso Suc. (g)	A (mm)	L (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	S (g/min)
SM-01	2970	2950	3056	129	219	282.51	75.042
SM-02	2980	2962	3090	128	221	282.88	90.498
SM-03	2990	2980	3112	128	221	282.88	93.326
SM-04	2950	2934	3066	129	221	285.09	92.602
SM-05	2990	2960	3070	129	221	285.09	77.169
SM-06	2735	2716	2876	127	222	281.94	113.499
SM-07	2880	2880	3296	128	221	282.88	294.118
SM-08	2985	2962	3080	130	222	288.6	81.774
SM-09	2950	2938	3112	129	221	285.09	122.067
SM-10	2940	2824	2968	129	224	288.96	99.668
Succión promedio :				113.976	g/200cm <sup>2</sup> - min		
Desviación estándar :				65.033	g/200cm <sup>2</sup> - min		
Succión :				48.943	g/200cm <sup>2</sup> - min		
Coeficiente de Variación :				57.058%			

SMJ: Ladrillo fabricado en Manzanamayo

## B. Propiedades mecánicas

### - Absorción

**Tabla 42.** Ensayo de absorción del ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca.

Espécimen	Peso Ambi.	Peso Seco	Peso Sat.	Absorción
	(g)	(g)	(g)	
AbSJ-01	2635.00	2625.00	3224.30	22.83%
AbSJ-02	2730.00	2715.00	3313.60	22.05%
AbSJ-03	2935.00	2920.00	3461.80	18.55%
AbSJ-04	3030.00	3010.00	3579.60	18.92%
AbSJ-05	2785.00	2780.00	3385.80	21.79%
AbSJ-06	2805.00	2790.00	3404.80	22.04%
AbSJ-07	3000.00	2990.00	3556.80	18.96%
AbSJ-08	2895.00	2895.00	3258.50	12.56%
AbSJ-09	2805.00	2790.00	3387.70	21.42%
AbSJ-10	2735.00	2745.00	3349.70	22.03%
Absorción promedio:				20.11%
Desviación estándar:				3.08%
Coeficiente de variación:				15.31%

AbSJ: Ladrillos fabricado en San José

**Tabla 43.** Ensayo de absorción del ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca.

Espécimen	Peso Ambi.	Peso Seco	Peso Sat.	Absorción
	(g)	(g)	(g)	
AbM-01	2990.00	2990.00	3535.90	18.26%
AbM-02	2975.00	2960.00	3505.50	18.43%
AbM-03	2905.00	2895.00	3427.60	18.40%
AbM-04	2970.00	2955.00	3503.60	18.57%
AbM-05	3005.00	2955.00	3554.90	20.30%
AbM-06	2800.00	2965.00	3507.40	18.29%
AbM-07	2935.00	2920.00	3465.60	18.68%
AbM-08	2990.00	2975.00	3526.40	18.53%
AbM-09	2785.00	2770.00	3370.60	21.68%
AbM-10	2935.00	2925.00	3475.10	18.81%
Absorción promedio:				19.00%
Desviación estándar:				1.11%
Coeficiente de variación:				5.86%

AbM: Ladrillos fabricado en Manzanamayo

### ANEXO 3.0. DISEÑO ANALITICO DEL MORTERO

- A. Propiedades del agregado utilizado para asentar las pilas y muros.  
 - Análisis granulométrico cantera "El Gavilán"

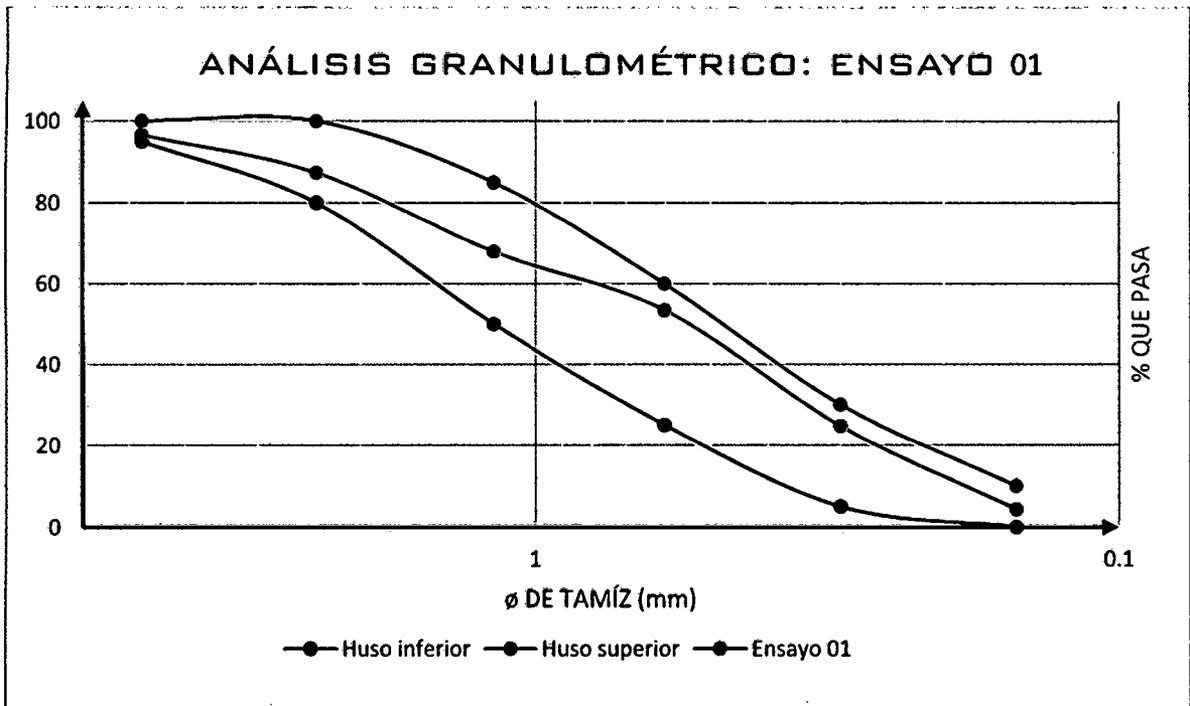
**Tabla 44.** Análisis granulométrico del agregado fino (arena gruesa), de la cantera "El Gavilán": **Ensayo N° 01**

Peso de muestra: 450.00 Gramos			NTP 400.012 ÍTEM 7.3		
Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
4	4.75 mm	15.20	3.38	3.38	96.62
8	2.38 mm	41.60	9.24	12.62	87.38
16	1.18 mm	87.60	19.47	32.09	67.91
30	0.60 mm	65.36	14.52	46.61	53.39
50	0.30 mm	129.00	28.67	75.28	24.72
100	0.15 mm	92.00	20.44	95.72	4.28
200	0.07 mm	15.60	3.47	99.19	0.81
<b>Cazoleta</b>		<b>3.64</b>	<b>0.81</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>

Peso de muestra:	450.00	gramos
Módulo de finura:	2.66	

**Grafica 01.** Parámetros granulométricos, **Ensayo N° 01**



Se observa en el Gráfico 01. (%Que pasa Vs  $\phi$  Tamiz) que el agregado de la cantera el "Gavilán" si se ajusta a los parámetros granulométricos que otorga la norma técnica E-070 Ítem 6.2 apartado b), en el ensayo N°01.

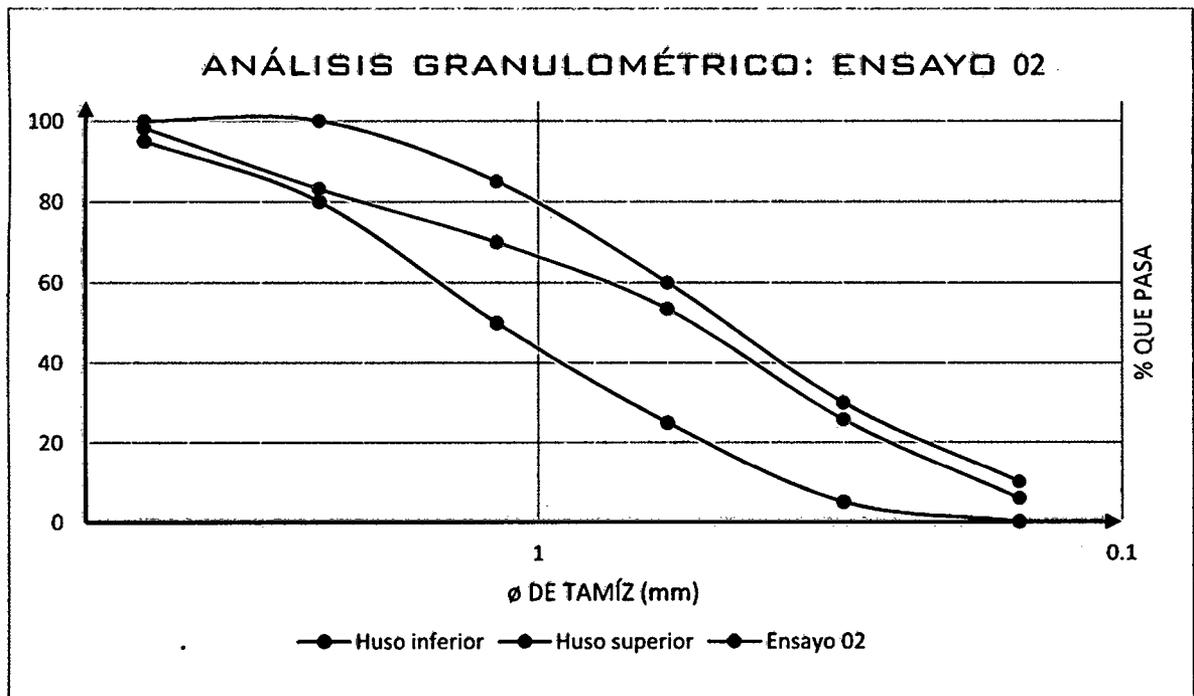
**Tabla 45.** Análisis granulométrico del agregado fino (arena gruesa), de la cantera "El Gavilán": **Ensayo N° 02**

		Peso de muestra: 490.00 Gramos		NTP 400.012 ÍTEM 7.3	
Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
4	4.75 mm	8.40	1.71	1.71	98.29
8	2.38 mm	74.00	15.10	16.82	83.18
16	1.18 mm	64.96	13.26	30.07	69.93
30	0.60 mm	80.80	16.49	46.56	53.44
50	0.30 mm	135.60	27.67	74.24	25.76
100	0.15 mm	97.60	19.92	94.16	5.84
200	0.07 mm	24.20	4.94	99.09	0.91
<b>Cazoleta</b>		4.44	0.91	100.00	0.00

Peso de muestra:	490.00	gramos
Módulo de finura:	2.64	

**Gráfica 02.** Parámetros granulométricos, **Ensayo N° 02**



Se observa en el Gráfico 02. (%Que pasa Vs  $\phi$  Tamiz) que el agregado de la cantera el "Gavilán" si se ajusta a los parámetros granulométricos que otorga la norma técnica E-070 ítem 6.2 apartado b), en el ensayo N°02.

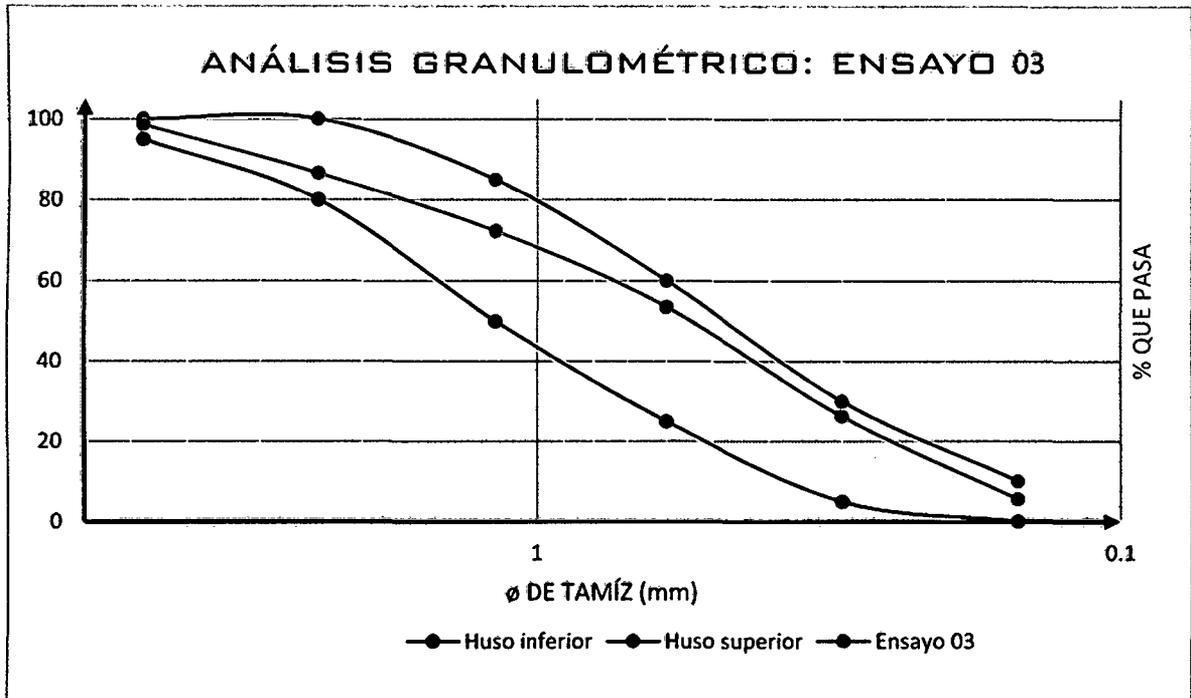
**Tabla 46.** Análisis granulométrico del agregado fino (arena gruesa), de la cantera "El Gavilán": **Ensayo N° 03**

		Peso de muestra: 480.00 Gramos		NTP 400.012 ÍTEM 7.3	
Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
4	4.75 mm	6.50	1.35	1.35	98.65
8	2.38 mm	57.80	12.04	13.40	86.60
16	1.18 mm	69.04	14.38	27.78	72.22
30	0.60 mm	89.76	18.70	46.48	53.52
50	0.30 mm	130.80	27.25	73.73	26.27
100	0.15 mm	99.52	20.73	94.46	5.54
200	0.07 mm	22.40	4.67	99.13	0.87
<b>Cazoleta</b>		4.18	0.87	100.00	0.00

Peso de muestra: 480.00 gramos	
Módulo de finura: 2.57	

**Gráfica 03.** Parámetros granulométricos, **Ensayo N° 03**



Se observa en el Gráfico 03. (%Que pasa Vs Ø Tamiz) que el agregado de la cantera el "Gavilán" si se ajusta a los parámetros granulométricos que otorga la norma técnica E-070 Ítem 6.2 apartado b), en el ensayo N°03.

**- Módulo de finura**

De la granulometría antes descrita, para calcular el módulo de finura, se suma los porcentajes retenidos acumulados en las mallas estándar y se divide entre cien (100) según NTP 334.045, ASTM C-125, se encontraron los siguientes resultados.

**Tabla 47. Módulo de finura.**

<b>Ensayo N° 01.</b>	
<b>Módulo de finura:</b>	<b>2.66</b>
<b>Ensayo N° 02.</b>	
<b>Módulo de finura:</b>	<b>2.64</b>
<b>Ensayo N° 03.</b>	
<b>Módulo de finura:</b>	<b>2.57</b>
<b>PROMEDIO :</b>	<b>2.62</b>

**- Peso específico y absorción NTP 400.022, ASTM C-128**

**Tabla 48. Peso específico y absorción.**

Descripción	Ensayo N° 01	Ensayo N° 02	Ensayo N° 03	Promedios
Peso de la fiola :	200.10 g	200.10 g	200.10 g	
Peso de la muestra saturada con superficie seca :	500.00 g	500.00 g	500.00 g	
<b>Pero de la muestra SSS + peso de fiola :</b>	<b>700.10 g</b>	<b>700.10 g</b>	<b>700.10 g</b>	
Pero de la muestra SSS + peso de fiola + peso de agua :	1008.20 g	1007.50 g	1008.70 g	
Volumen de agua añadida (Va) :	308.10 cm <sup>3</sup>	307.40 cm <sup>3</sup>	308.60 cm <sup>3</sup>	
Peso de Arena Seca (Wo) :	487.20 g	488.20 g	487.40 g	
Volumen de fiola (V) :	500.00 cm <sup>3</sup>	500.00 cm <sup>3</sup>	500.00 cm <sup>3</sup>	
<b>Pemasa = Wo/(V-Va)</b>	<b>2.539 g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.535 g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.546 g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.540 g/cm<sup>3</sup></b>
<b>Pesss = 500/(V-Va)</b>	<b>2.606 g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.596 g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.612 g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.605 g/cm<sup>3</sup></b>
<b>Pea = Wo/[(V-Va)-(500-Wo)]</b>	<b>2.720 g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.700 g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.726 g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.715 g/cm<sup>3</sup></b>
<b>Abs = [(500-Wo)*100]/Wo</b>	<b>2.627%</b>	<b>2.417%</b>	<b>2.585%</b>	<b>2.543%</b>

De la tabla anterior podemos observar los siguientes datos básicos para el diseño del mortero:

<b>Peso específico de masa (P<sub>em</sub>) :</b>	<b>2.540 g/cm<sup>3</sup></b>
<b>Absorción :</b>	<b>2.543%</b>

**- Contenido de humedad NTP 339.185 ASTM C-535**

**Tabla 49. Contenido de humedad.**

Descripción	Ensayo N° 01	Ensayo N° 02	Ensayo N° 03
Peso de tara:	146.00 g	168.00 g	148.00 g
Peso de muestra humedad + tara:	692.00 g	948.00 g	842.00 g
Peso de muestra seca + tara :	685.00 g	937.00 g	832.00 g
<b>Contenido de humedad :</b>	<b>1.022%</b>	<b>1.174%</b>	<b>1.202%</b>
<b>Promedio</b>	<b>1.133%</b>		

**- Peso unitario y porcentaje de finos NTP 400.017, ASTM C-29**

**Tabla 50.** Peso unitario suelto seco.

Peso del molde (g) : 3880.00 g  
 Volumen de agua en molde : 6826.02 cm<sup>3</sup>  
 Peso de agua en molde : 2.96 kg  
 Factor : 337.80

Descripción	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso del molde (g) :	3880.00 g	3880.00 g	3880.00 g
Peso de molde + material (g) :	8800.80 g	8804.66 g	8802.73 g
Peso de material (g) :	4920.80 g	4924.66 g	4922.73 g
Factor (F) :	337.8011	337.8011	337.8011
Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) :	1662.25	1663.56	1662.90
<b>Promedio :</b>	<b>1662.90 kg/m<sup>3</sup></b>		

**Tabla 51.** Peso unitario seco compactado.

Peso del molde (g) : 3880.00 g  
 Volumen de agua en molde : 6826.02 cm<sup>3</sup>  
 Peso de agua en molde : 2.96 kg  
 Factor : 337.80

Descripción	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso del molde (g) :	3880.00 g	3880.00 g	3880.00 g
Peso de molde + material (g) :	9207.00 g	9196.00 g	9202.00 g
Peso de material (g) :	5327.00 g	5316.00 g	5322.00 g
Factor (F) :	337.8011	337.8011	337.8011
Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) :	1799.47	1795.75	1797.78
<b>Promedio :</b>	<b>1797.66 kg/m<sup>3</sup></b>		

**Tabla 52.** Porcentaje que pasa la malla N° 200 Tamizado en seco.

<b>Ensayo 1.</b>	% Que pasa la malla N°200 :	0.8088889
<b>Ensayo 1.</b>	% Que pasa la malla N°200 :	0.9061224
<b>Ensayo 1.</b>	% Que pasa la malla N°200 :	0.8708333
<b>PROMEDIO :</b>		<b>0.8619482</b>

Se realizó ensayo por lavado del agregado fino utilizado para obtener las partículas que pasan el tamiz N°200 y se obtuvo:

**Partículas finas que pasan el tamiz N°200 : 11.26%**

## B. Diseño del mortero

### PARAMETROS A CONOCER

#### Cemento

Marca y tipo : Pacasmayo Tipo I  
 Procedencia : Pacasmayo Perú  
 Densidad relativa : 3.12 g/cm<sup>3</sup>  
 Peso bolsa : 42.50 kg

#### Agua

Agua potable de la red pública : de la ciudad universitaria  
 Peso específico : 1000.00 g/cm<sup>3</sup>

#### Agregados

**Agregado fino**  
 Cantera : "El Gavilán"  
 Perfil : -----  
 Peso unitario suelto (kg/m<sup>3</sup>) : 1662.904 kg/m<sup>3</sup>  
 Peso unitario compactado (kg/m<sup>3</sup>) : 1797.665 kg/m<sup>3</sup>  
 Peso específico seco (g/cm<sup>3</sup>) : 2.540 g/cm<sup>3</sup>  
 Módulo de finura : 2.622  
 Tamaño máximo nominal : -----  
 Porcentaje de absorción : 2.543%  
 Contenido de humedad : 1.182%  
 Partículas finas que pasan el tamiz N°200 : 11.26%

#### Características del concreto

Resistencia a compresión proyectada (kg/cm<sup>2</sup>) : 100.00 kg/cm<sup>2</sup>  
 Proporción en volumen (NTP E-070 ÍTEM 6.4) : 1 : 5 : 0.85 lts.  
 Asentamiento : Motero ( 5" - 8" )

#### Condiciones ambientales y exposición

Normales

#### DISEÑO DEL CONCRETO PARA MORTERO (MORTERO TIPO P2)

MORTERO TIPO P2	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGUA Aprox.
Dosificación Volumen :	1	5	0.85 lts.
Volumen aparente :	1.000 pie <sup>3</sup>	5.000 pie <sup>3</sup>	0.850 pie <sup>3</sup>
Peso de muestra seca :	42.500 kg	235.441 kg	36.125 lts/bolsa
Volumen absoluto :	0.0136218 m <sup>3</sup>	0.0926920 m <sup>3</sup>	0.0361250 m <sup>3</sup>
Aire de diseño :	1.000%	0.010000 m <sup>3</sup>	
Aire de real :	-----	-----	
<b>SUMATORIA :</b>		<b>0.152439 m<sup>3</sup></b>	
Número de bolas por m <sup>3</sup> :		6.56 bolsas/m <sup>3</sup>	
Material por m <sup>3</sup> :	278.80 kg	1544.50 kg	236.98 lts
<b>Peso de materiales húmedos :</b>	<b>278.80 kg</b>	<b>1562.75 kg</b>	<b>258.01 lts</b>
PROPORCION EN PESO :	1.00	5.54	36.13 lts/bolsa
PROPORCION EN PESO (Materiales húmedos) :	1.00	5.61	39.33 lts/bolsa
PROPORCION EN VOLUMEN :	1	5	0.85 lts.

**AJUSTE DE DISEÑO DEL CONCRETO PARA MORTERO**

<b>Tanda preparada:</b>	<b>V =</b>	<b>0.010 m<sup>3</sup></b>
	Cemento :	2788.01 g
	Arena :	15.63 kg
	Agua de efectiva :	2.58 lts.
	Agua adicional :	169.40 cm <sup>3</sup> <b>0.1694 lts.</b>
	Aire medido :	4.80%
	Slump medido :	17.20 cm <b>6.77 "</b>

<b>MORTERO TIPO P2</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>AGREGADO FINO</b>	<b>AGUA Aprox.</b>
Dosificación Volumen :	1	5	1.273 lts.
Volumen aparente :	1.000 pie <sup>3</sup>	5.000 pie <sup>3</sup>	1.273 pie <sup>3</sup>
Peso de muestra seca :	42.500 kg	235.441 kg	54.096 lts/bolsa
Volumen absoluto :	0.0136218 m <sup>3</sup>	0.0926920 m <sup>3</sup>	0.0540963 m <sup>3</sup>
Aire de diseño :	-----	-----	
Aire de real :	4.800%	0.048000 m <sup>3</sup>	
<b>SUMATORIA :</b>		<b>0.208410 m<sup>3</sup></b>	
Número de bolas por m <sup>3</sup> :	4.80 bolsas/m <sup>3</sup>		
Material por m <sup>3</sup> :	203.92 kg	1129.70 kg	259.57 kg
<b>Peso de materiales húmedos :</b>	<b>203.92 kg</b>	<b>1143.05 kg</b>	<b>274.95 lts</b>

<b>PROPORCIÓN EN PESO :</b>	1.00	5.54	54.10 lts/bolsa
<b>PROPORCIÓN EN PESO (Materiales húmedos) :</b>	1.00	5.61	57.30 lts/bolsa
<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN :</b>	1	5	1.273 lts.

<b>Tanda preparada:</b>	<b>V =</b>	<b>0.010 m<sup>3</sup></b>
	Cemento :	2039.25 g
	Arena :	11.43 kg
	Agua de efectiva :	2.75 lts
<b>f'c Alcanzada = 88.69 kg/cm<sup>2</sup></b>		

<b>Tabla de Iteraciones para el volumen de agua.</b>	
<b>1º</b>	49.1552611321604
<b>2º</b>	52.7378795772253
<b>3º</b>	53.7229062618586
<b>4º</b>	53.9937354289379
<b>5º</b>	54.0681988306763
<b>6º</b>	54.0886722466611
<b>7º</b>	54.0943013309133
<b>8º</b>	54.0958490252278
<b>9º</b>	54.0962745576206

**Tabla 53. Ensayo de compresión axial del mortero usado en la construcción de pilas y muretes**

Especimen	Dimensiones (mm)		Peso Ambi.	Carga Maxima	Area	fb	fb
	L(sup.)	L(inf.)	(g)	(Tn)	(m <sup>2</sup> )	kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
MO-01	51.60	51.80	289.40	2.32	0.0026729	86.69	8.50
MO-02	52.40	52.00	293.20	2.53	0.0027248	93.00	9.12
MO-03	52.00	52.00	293.50	2.38	0.002704	88.02	8.63
MO-04	51.60	52.20	291.30	2.49	0.0026936	92.26	9.05
MO-05	52.10	52.20	303.20	2.85	0.0027196	104.89	10.29
MO-06	51.60	51.60	291.80	2.61	0.0026626	98.06	9.62
MO-07	52.20	51.90	297.60	3.05	0.0027092	112.39	11.02
MO-08	51.70	51.80	292.40	2.56	0.0026781	95.40	9.36
MO-09	51.80	51.10	297.50	2.77	0.0026471	104.45	10.24
MO-10	51.60	51.80	293.50	2.49	0.0026729	93.23	9.14
				<i>f<sub>m</sub></i> :	96.84 kg/cm <sup>2</sup>	9.50 Mpa	
				<i>σ</i> :	8.15 kg/cm <sup>2</sup>	0.80 Mpa	
				<i>f'm</i> :	<b>88.69 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>8.70 Mpa</b>	
				<i>C<sub>v</sub></i> :	8.4172%		

## ANEXO 4.0. NATURALEZA DE LA ALBAÑILERIA Y CRITERIOS DE FALLA

### A. Ensayo en pilas

- Compresión axial

**Tabla 54.** Ensayo a la resistencia de compresión axial en pilas de ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca.

Espécimen	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P(Max) Ton	Área cm	fm kg/cm <sup>2</sup>	Factor de Corrección	fm kg/cm <sup>2</sup> Corregido
	L (mm)	t(mm)	H(mm)						
PSJ-01	220	131.1	534	4.073	4950	288.42	17.162	0.95439	16.380
PSJ-02	221	130.4	541	4.149	4700	288.184	16.309	0.95893	15.639
PSJ-03	223	130.6	529	4.051	5850	291.238	20.087	0.95303	19.143
PSJ-04	224	130.4	536	4.110	5090	292.096	17.426	0.95663	16.670
							<i>fm</i> :	16.95802	kg/cm <sup>2</sup>
							<i>σ</i> :	1.52008	kg/cm <sup>2</sup>
							<i>f'm</i> :	<b>15.43794</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
							<i>Cv</i> :	<b>8.964%</b>	

PSJ: Ladrillo fabricado en San José

**Tabla 55.** Ensayo a la resistencia de compresión axial en pilas de ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca.

Espécimen	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P(Max) Ton	Área cm	fm kg/cm <sup>2</sup>	Factor de Corrección	fm kg/cm <sup>2</sup> Corregido
	L (mm)	t(mm)	H(mm)						
PMA-01	218	127.8	534	4.178	6400	278.604	22.972	0.96070	22.069
PMA-02	226	129.3	530	4.099	4400	292.218	15.057	0.95594	14.394
PMA-03	222	131.7	532	4.039	4200	292.374	14.365	0.95237	13.681
PMA-04	224	131.9	535	4.056	4700	295.456	15.908	0.95337	15.166
							<i>fm</i> :	16.32738	kg/cm <sup>2</sup>
							<i>σ</i> :	3.87546	kg/cm <sup>2</sup>
							<i>f'm</i> :	<b>12.45192</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
							<i>Cv</i> :	<b>23.736%</b>	

PMA: Ladrillo fabricado en Manzanamayo

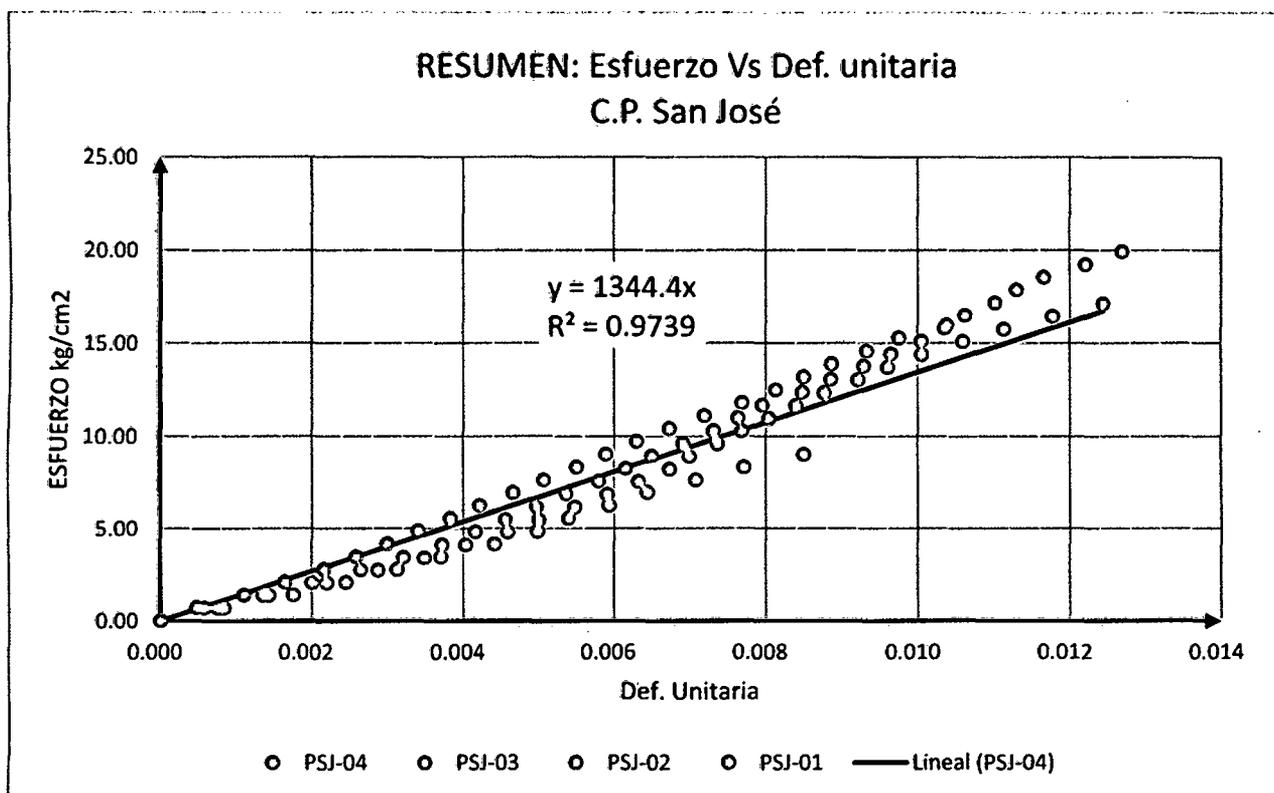
- Cálculo del módulo de elasticidad

**Tabla 56.** Cálculo del módulo de elasticidad del ensayo de pilas de ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca.

Espécimen	Dimensiones			Área m <sup>2</sup>	P(Max) kg	$\sigma'$ Ton/m <sup>2</sup>	$\epsilon'$	Em
	L (mm)	t(mm)	H(mm)					
PSJ-01	220	131.1	534	0.02884	4950	171.625	0.008502	2.52334E+04
PSJ-02	221	130.4	541	0.02882	4700	163.090	0.008502	2.39786E+04
PSJ-03	223	130.6	529	0.02912	5850	200.867	0.012703	1.97653E+04
PSJ-04	224	130.4	536	0.02921	5090	174.258	0.012444	1.75042E+04
							Em:	2.1620E+04 Tn/m <sup>2</sup>
							s:	3.6055E+03 Tn/m <sup>2</sup>
							Cv:	16.676%

PSJ: Ladrillo fabricado en San José

**Grafica 04.** Línea de tendencia Esfuerzo Vs Def. Unitaria.



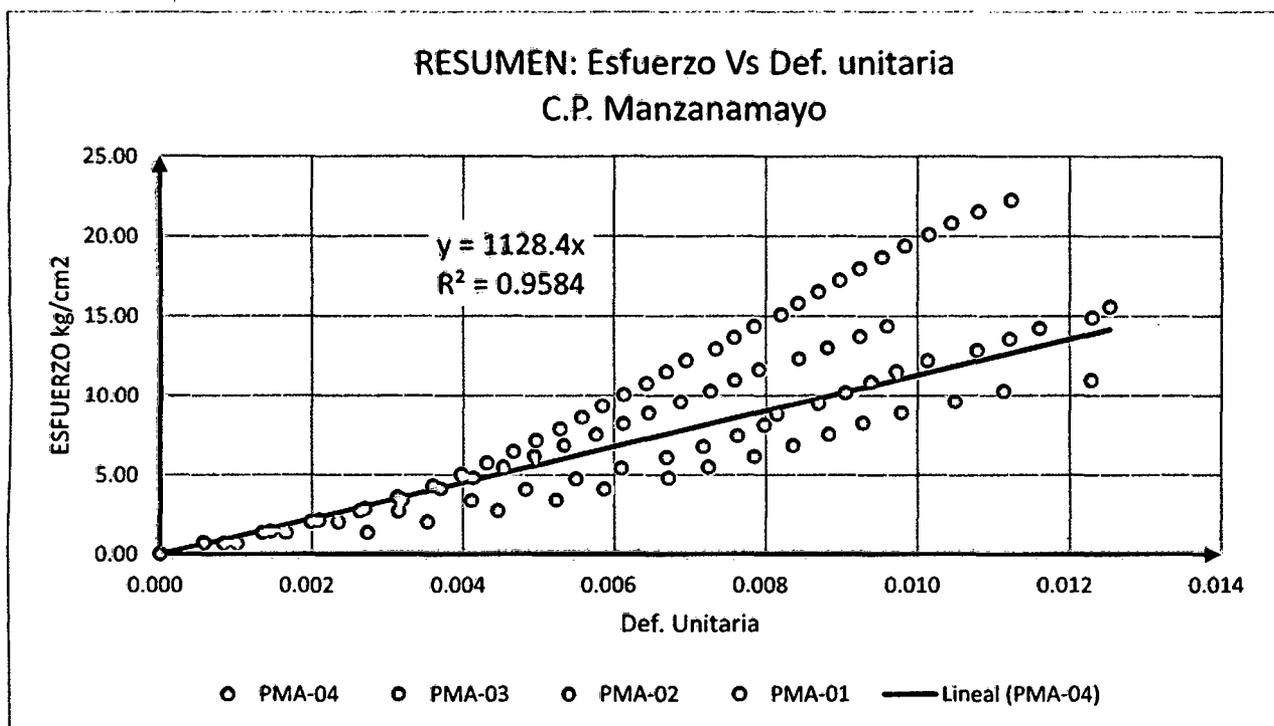
La ecuación de la Grafica N° 04 (Esfuerzo Vs Def. Unitaria), muestra el factor promedio para del módulo de elasticidad para las pilas de albañilería del centro poblado de San José.

**Tabla 57.** Cálculo del módulo de elasticidad del ensayo de pilas de ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca.

Espécimen	Dimensiones			Área m <sup>2</sup>	P(Max) kg	$\sigma'$ Ton/m <sup>2</sup>	$\epsilon'$	Em
	L (mm)	t(mm)	H(mm)					
PMA-01	218	127.8	534	0.02786	6400	229.717	0.011	2.55560E+04
PMA-02	226	129.3	530	0.02922	4400	150.573	0.012	1.53232E+04
PMA-03	222	131.7	532	0.02924	4200	143.652	0.010	1.86944E+04
PMA-04	224	131.9	535	0.02955	4700	159.076	0.013	1.58543E+04
							Em:	1.8857E+04 Tn/m <sup>2</sup>
							s:	4.7048E+03 Tn/m <sup>2</sup>
							Cv:	24.950%

PMA: Ladrillo fabricado en Manzanamayo

**Grafica 05.** Línea de tendencia Esfuerzo Vs Def. Unitaria.



La ecuación de la Grafica N° 05 (Esfuerzo Vs Def. Unitaria), muestra el factor promedio para del módulo de elasticidad para las pilas de albañilería del centro poblado de Manzanamayo; mostrando un mayor grado de dispersión de la información, según la gráfica.

## B. Ensayo en muretes

### - Peso volumétrico

**Tabla 58.** Peso volumétrico de muretes de ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca.

Espécimen	Dimensiones			Peso (kg)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso Volumétrico (Ton/m <sup>3</sup> )	Promedio
	L (mm)	t(mm)	H(mm)				
MSJ-01	1003	129	984	244.396	0.12731681	1.920	1.936
MSJ-02	967	129	999	243.200	0.12461826	1.952	

MSJ: Ladrillo fabricado en San José

**Tabla 59.** Peso volumétrico de muretes de ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca.

Espécimen	Dimensiones			Peso (kg)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso Volumétrico (Ton/m <sup>3</sup> )	Promedio
	L (mm)	t(mm)	H(mm)				
MMA-01	981	129	1009	247.832	0.12768794	1.941	1.955
MMA-02	976	128	1001	246.263	0.12505293	1.969	

MMA: Ladrillo fabricado en Manzanamayo

### - Compresión diagonal

**Tabla 60.** Ensayo a la resistencia de corte en muretes de ladrillo del C. P. de San José – Baños del Inca.

Espécimen	Dimensiones			Dimensiones con Yeso				P máx. (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Vm (kg/cm <sup>2</sup> )
	L (mm)	t(mm)	H(mm)	L (mm)	t(mm)	H(mm)	D(mm)			
MSJ-01	1000	129	981	1003	129	984	1400.1	4200	1806.129	2.3254
MSJ-02	964	129	996	967	129	999	1398.0	3900	1803.42	2.1626
									<i>Vm Promedio:</i>	2.2440 (kg/cm <sup>2</sup> )
									<i>s:</i>	0.1152 (kg/cm <sup>2</sup> )
									<i>V'm:</i>	2.1288 (kg/cm <sup>2</sup> )
									<i>Cv:</i>	5.132%

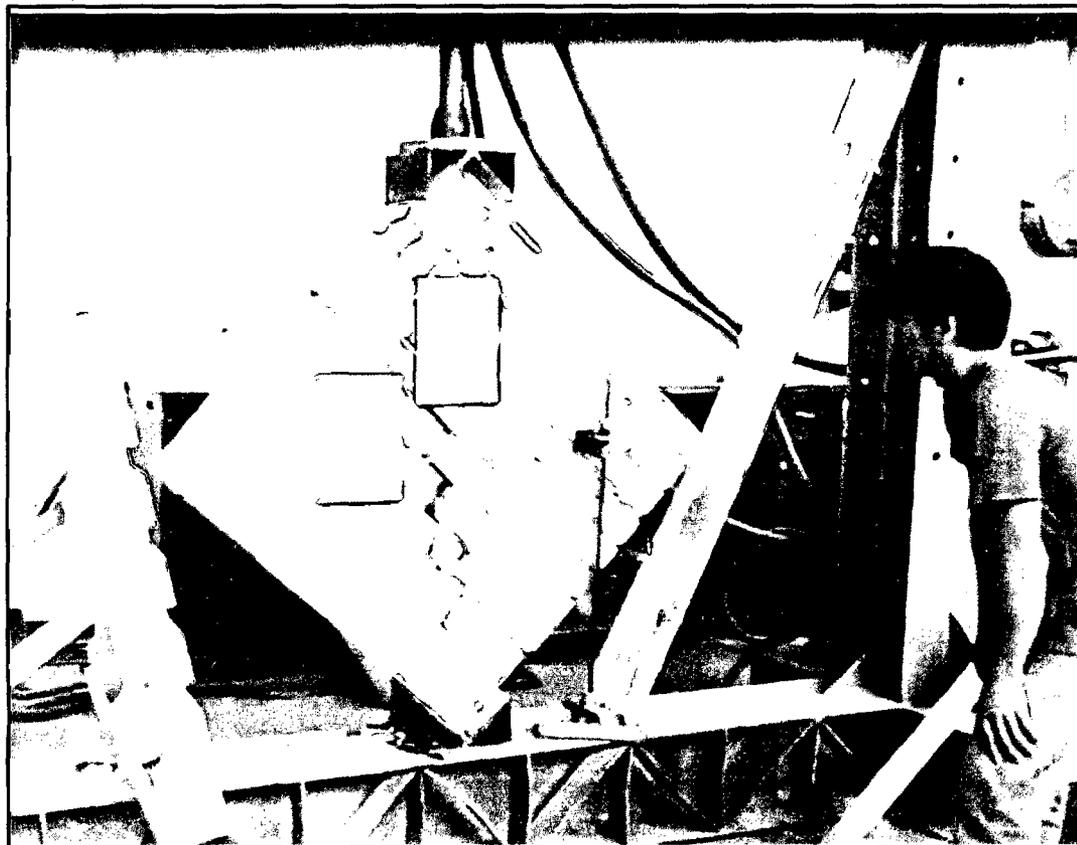
MSJ: Ladrillo fabricado en San José

**Tabla 61.** Ensayo a la resistencia de corte en muretes de ladrillo del C. P. de Manzanamayo – Baños del Inca.

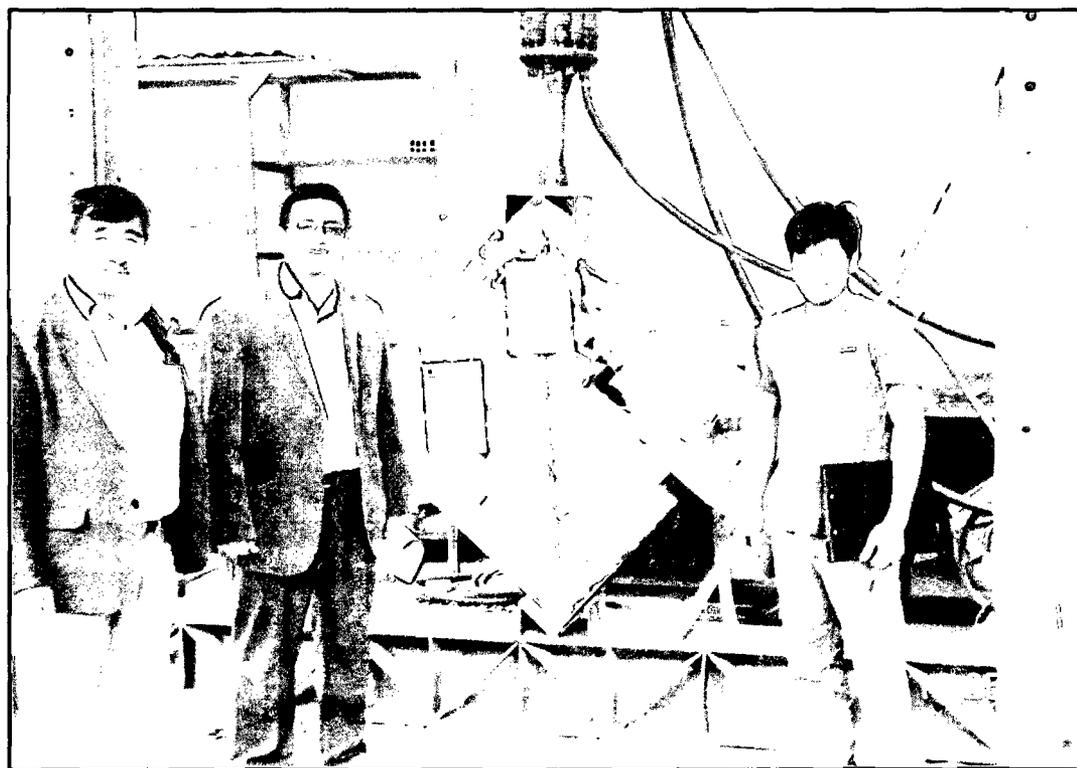
Espécimen	Dimensiones			Dimensiones con Yeso				P máx. (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Vm (kg/cm <sup>2</sup> )
	L (mm)	t(mm)	H(mm)	L (mm)	t(mm)	H(mm)	D(mm)			
MMA-01	978	129	1006	981	129	1009	1399	3100	1804.71	1.7177
MMA-02	973	128	998	976	128	1001	1440	2800	1843.2	1.5191
									<i>Vm Promedio:</i>	1.6184 (kg/cm <sup>2</sup> )
									<i>s:</i>	0.1405 (kg/cm <sup>2</sup> )
									<i>V'm:</i>	1.4780 (kg/cm <sup>2</sup> )
									<i>Cv:</i>	8.678%

MMA: Ladrillo fabricado en Manzanamayo

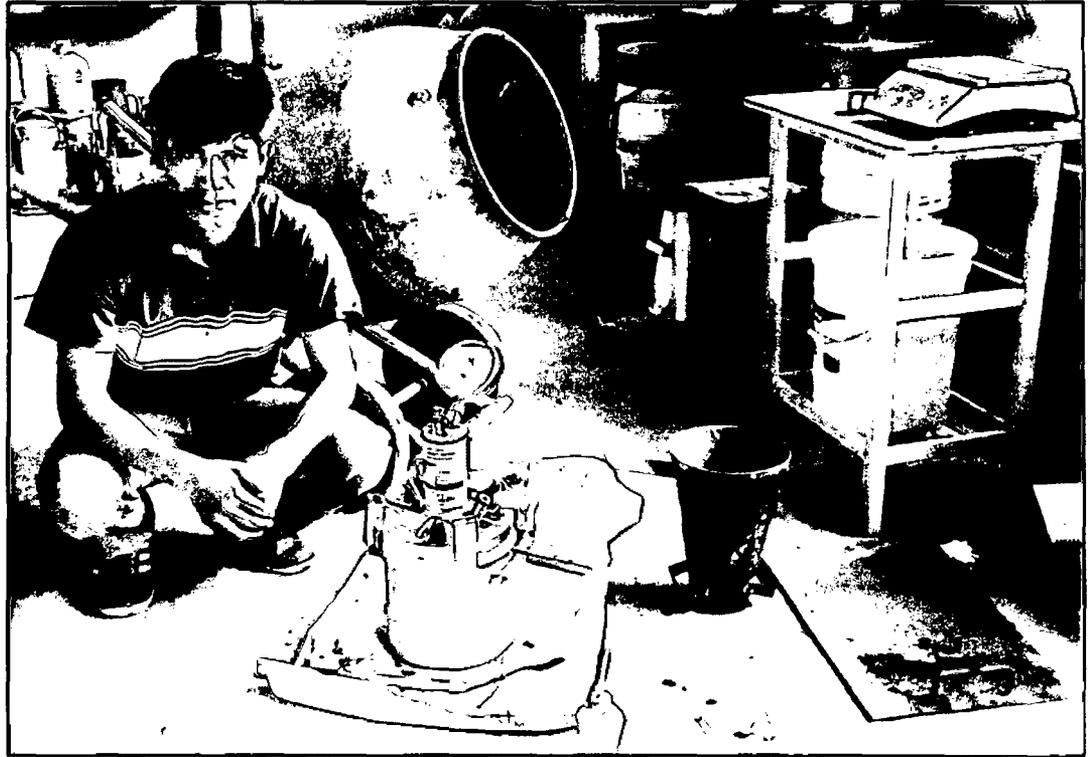
## ANEXO 5.0. PANEL FOTOGRÁFICO



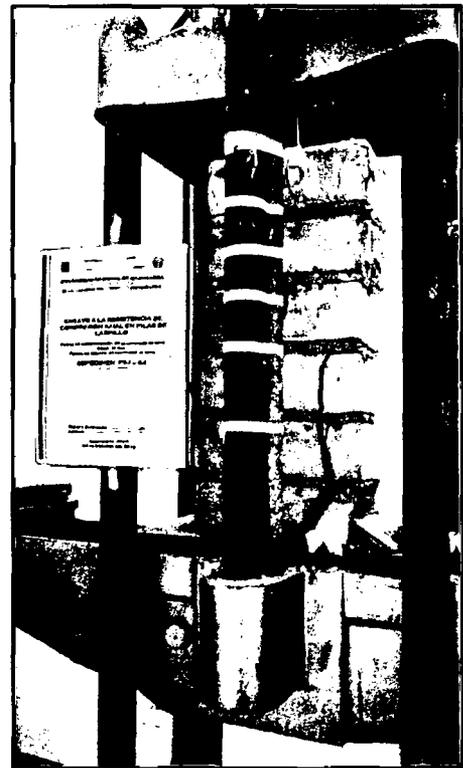
*Ilustración 57. Ensayo de compresión diagonal en muretes.*



*Ilustración 58. Asesor, asesorado y técnico del laboratorio de ensayo de materiales.*



*Ilustración 59. Midiendo el aire atrapado en el mortero de concreto.*



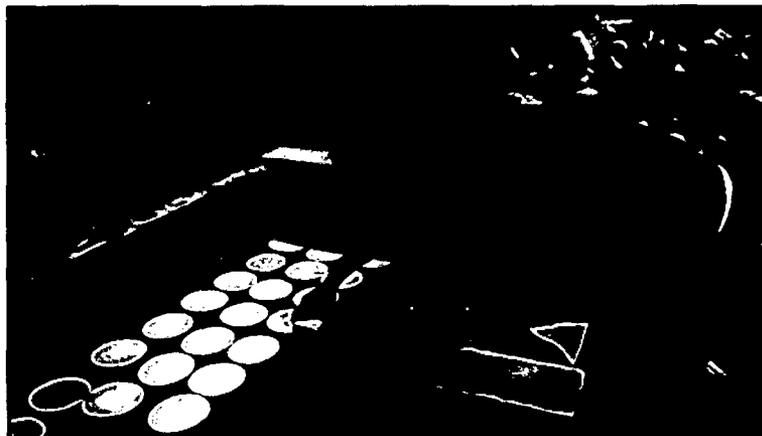
*Ilustración 60. Ensayo a compresión axial en pilas.*



*Ilustración 61. Probetas de mortero de concreto dispuestas para ensayo.*



*Ilustración 62. Ensayo de compresión axial de probetas de mortero de concreto.*



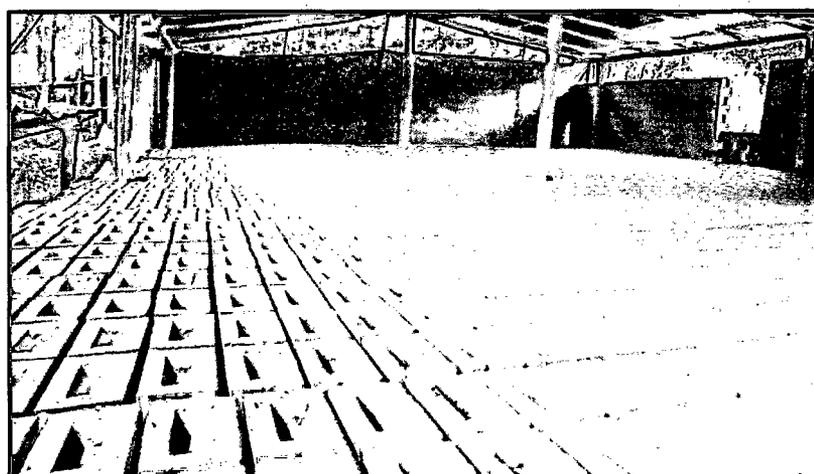
*Ilustración 63. Ensayo de absorción, muestras del C.P. San José*



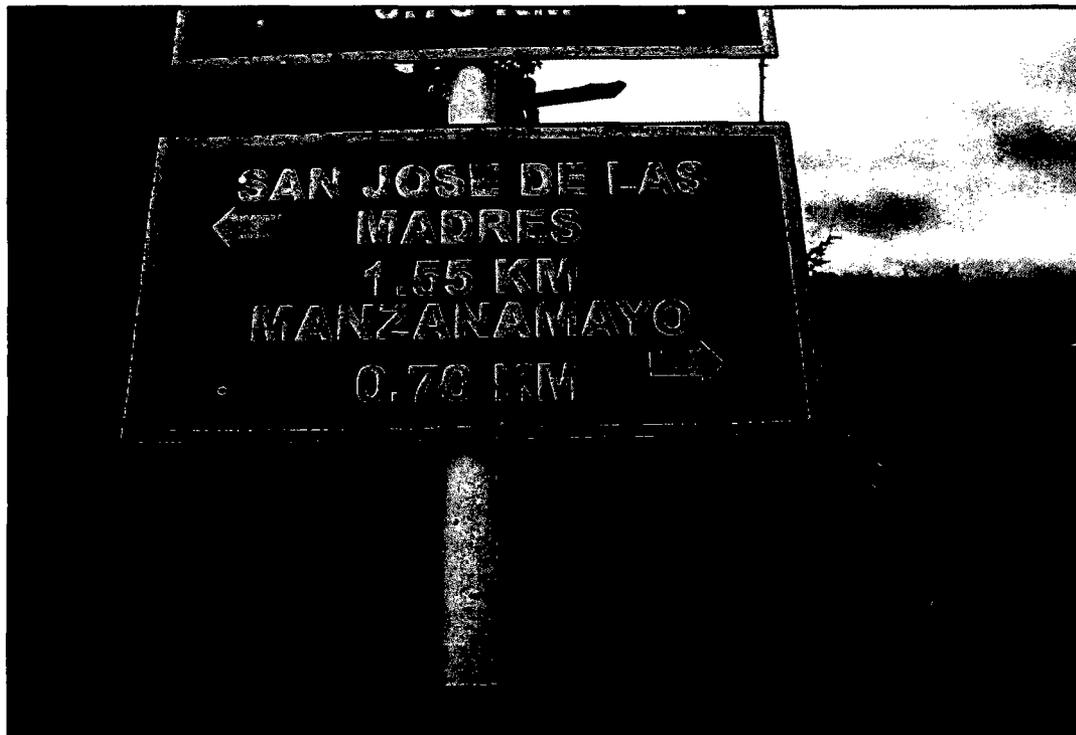
**Ilustración 64.** Ensayos de succión.



**Ilustración 65.** Ensayo de peso específico y absorción agregado de cerro.



**Ilustración 66.** Secado de los ladrillos en horno, C.P. San José.



*Ilustración 67. Dirección de ruta hacia los C.P. en estudio.*



*Ilustración 68. Canteras San José.*

**ANEXO 6.0.**  
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**  
**DE CEMENTO**  
**(CEMENTO PACASMAYO)**



**PACASMAYO**

# CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002  
Versión 01

## Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150  
Pacasmayo, 13 de febrero 2015

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.5	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	1.9	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.39	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	9	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.11	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	3520	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECIFICA

### Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3 días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	28.4 (290)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	35.0 (356)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	41.9 (427)	Mínimo 26.0 (Mínimo 266)

### Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	166	Mínimo 45
Fraguado Final	min	318	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-01-2015 al 31-01-2015.

La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de diciembre 2014.

(\*) Requisito opcional.

**Ing. Ivanoff Rojas**  
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**