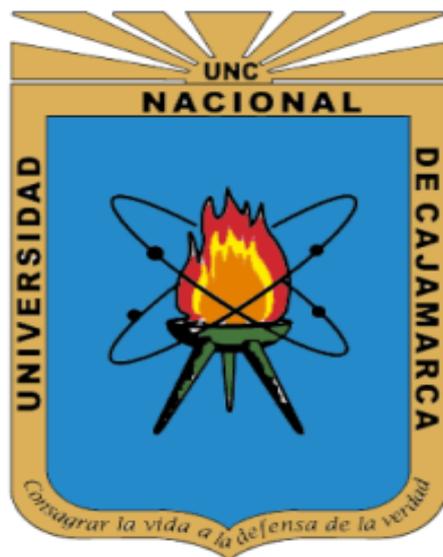


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO, DE
LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PRODUCIDAS
ARTESANALMENTE EN EL CENTRO POBLADO DE SANTA
BÁRBARA, DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:
LUZ YESSSENIA CORTÉZ AQUINO**

**ASESOR:
M. en. Ing. HÉCTOR PÉREZ LOAYZA**

**CAJAMARCA - PERÚ
- 2018 -**

DEDICATORIA

A Dios, el supremo hacedor y consumidor de la fe, a mi madre, a mi hermano y a mi padre allí en el cielo, quien me impulso a estudiar esta bella carrera, a ellos, la razón de toda mi vida y mi fuerza para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL

DE CAJAMARCA, por el

aprendizaje recibido a través de sus

docentes, y los amigos con los

cuales se vivieron miles de

experiencias,

AL ASESOR

M. en I. HECTOR PEREZ LOAYZA 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.

INDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
INDICE DE TABLAS	vii
indice de graficos	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
II.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
II.1.1 Internacionales	4
II.1.2 Nacionales	5
II.1.3 Locales.....	8
II.2 MARCO NORMATIVO PERUANO	10
II.2.1 Norma Técnica Peruana.....	10
II.2.2 Norma Técnica Peruana E-070	10
II.3 BASES TEÓRICAS	11
II.3.1 El Ladrillo	11
II.3.2 Propiedades y características de la albañilería.....	14
II.3.3 Clasificación De Las Unidades De Albañilería	17
II.3.4 Tipos De Albañilería Y Especificaciones Reglamentarias.....	18
II.3.5 Las Unidades De Albañilería (Los Ladrillos)	29
II.3.6 Propiedades De La Albañilería Simple	47
II.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	56
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODO	58
III.1 MATERIALES Y EQUIPOS	58
III.1.1 Materiales.....	58
III.1.2 Equipos.	58
III.2 MÉTODO	59
III.2.1 Metodología De La Investigación	59
III.2.2 Procedimientos De La Investigación.....	61
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	78
IV.1 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA UTILIZADAS	78
IV.2 ENSAYOS CLASIFICATORIOS	78
IV.3 ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS.....	81
IV.4 NATURALEZA DE LA ALBAÑILERIA Y CRITERIOS DE FALLA	83
IV.5 CONTRASTE DE HIPÓTESIS.....	91
CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	93
V.1 CONCLUSIONES	93

V.2 RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
ANEXO 1.0. ENSAYOS CLASIFICATORIOS	99
ANEXO 2.0. ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS	101
ANEXO 3.0. DISEÑO ANALÍTICO DEL MORTERO	103
ANEXO 4.0. NATURALEZA DE LA ALBAÑILERÍA Y CRITERIOS DE FALLA	117
ANEXO 5.0. PANEL FOTOGRÁFICO	131
.....	131

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Construcciones de albañilería, Cajamarca 2016.	12
Figura 2. Tipos de ladrillos. (JIMENEZ. L,2002).....	13
Figura 3. Lados de la unidad de albañilería. (JIMENEZ. L,2002)	13
Figura 4. Modelaje de Tabiques de Albañilería (SAN BARTOLOMÉ, 1994)	21
Figura 5. Fuerza cortante admisible "Va" (San Bartolomé, A. 1994)	22
Figura 6. Espesor Efectivo de un muro: "t" (San Bartolomé, A. 1994).	22
Figura 7. Muro con refuerzo Horizontal y vertical. (NTC para Diseño y construcción de Estructuras de mampostería.	23
Figura 8. Sección transversal Muro Laminar o Sandwich (San Bartolomé, A. 1994)	25
Figura 9. Requisitos mínimos en muros confinados (San Bartolomé, A. 1994)	29
Figura 10. Ladrillo sólido o macizo (Saberyhacer.com).....	32
Figura 11. Ladrillo Hueco (Saberyhacer.com).....	33
Figura 12. Ladrillo Tubular (Saberyhacer.com)	33
Figura 13. Extracción de la materia prima, CPM Santa Bárbara- Cajamarca, 2016.	36
Figura 14. Fase de moldeado, CPM Santa Bárbara- Cajamarca, 2016. .	37
Figura 15. Tipo de hornos en los cuales se realiza la etapa del quemado, CPM Santa Bárbara- Cajamarca, 2016.....	37
Figura 16. Diagrama de fabricación de unidades de arcilla de manera artesanal en Santa Bárbara – Cajamarca (Fernández, K. 2010).....	38
Figura 17. Ensayos a compresión de pilas	50

Figura 18. Esfuerzo en el ladrillo y mortero por efecto de carga unitaria axial	51
Figura 19. Similitud de la falla entre ensayo de corte y un sismo (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)	53
Figura 20. Esquema de deformación del espécimen (murete) (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)	55
Figura 21. Análisis Granulométrico.....	62
Figura 22. Medida de ladrillo con vernier	63
Figura 23. Ladrillos refrentados con yeso para prueba de resistencia a compresión.	65
Figura 24. Prismas de Albañilería.....	68
Figura 25. Murete confinado lateralmente.....	69
Figura 26. Murete confinado.....	69
Figura 27. Elaboración de Pilas	70
Figura 28. Elaboración de Muretes.....	74
Figura 29. Máquina universal para ensayo de muretes.....	75
Figura 30. Ensayo a compresión del mortero.	76
Figura 31. Especímenes para el ensayo al corte de mortero	77
Figura 32. Almacenamiento y proceso de fabricación de los ladrillos artesanales en el CPM Santa Bárbara.....	131
Figura 33. Hornos en CPM Santa Bárbara	131
Figura 34. Toma de medidas para el Ensayo de variación dimensional	132
Figura 35. Colocación de capping para el ensayo de compresión de las unidades de albañilería.....	132
Figura 36. Ensayo de resistencia a compresión de prismas	133
Figura 37. Falla de carga a compresión de prismas	133
Figura 38. Elaboración y curado de muretes	134
Figura 39. Colocación de capping en muretes para prueba de Resistencia a compresión diagonal	134
Figura 40. Ensayo de Resistencia a compresión diagonal.....	135
Figura 41. Falla de muretes	135
Figura 42. Ensayo de tripletes para adherencia del mortero	136
Figura 43. Ensayos de agregados para mortero	136

Figura 44.	Ensayos de Resistencia a compresión de mortero	137
Figura 45.	Construcción de muros confinados	137
Figura 46.	Curado de muros confinados	138
Figura 47.	Ensayo de compresión axial en murete confinado	138
Figura 48.	Falla de murete confinado sometido a carga de compresión diagonal	139
Figura 49.	Ensayo a compresión diagonal de murete confinado lateralmente	140
Figura 50.	Falla de murete con confinamiento lateral, luego de ser sometido a carga de compresión diagonal.....	140

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Limitaciones de aplicación estructural de los tipos de ladrillo	34
Tabla 2.	Características del ladrillo para fines estructurales.....	42
Tabla 3.	Limitaciones en el uso del ladrillo para fines estructurales	42
Tabla 4.	Granulometría de la arena para mortero	44
Tabla 5.	Tipos de Mortero, NTP E-070.....	46
Tabla 6.	Tipos de Mortero, ASTM C-270.....	46
Tabla 7.	Factores de corrección de f'm por esbeltez	52
Tabla 8.	Especificaciones técnicas para el ladrillo artesanal del C.P. Santa Bárbara- Baños del Inca	78
Tabla 9.	Resultados variación dimensional (V%), ladrillos del C.P. Santa Bárbara – Baños del Inca.	79
Tabla 10.	Resultados alabeo, ladrillo del C.P. Santa Bárbara- Baños del Inca	80
Tabla 11.	Resultados compresión simple, ladrillo del C.P. Santa Bárbara– Baños del Inca.....	81
Tabla 12.	Resultados succión, ladrillo del C.P. Santa Bárbara – Baños del Inca	82
Tabla 13.	Resultados absorción, ladrillo del C.P. de Santa Barbara – Baños del Inca.....	82
Tabla 14.	Resultados compresión axial en pilas, ladrillo del C.P. de Santa Bárbara– Baños del Inca - Mortero realizado con agregado fino de cerro..	83

Tabla 15.	Resultados compresión axial en pilas, ladrillo del C.P. de Santa Bárbara– Baños del Inca - Mortero realizado con de agregado fino de rio.	83
Tabla 16.	Resultados módulo de elasticidad en pilas, ladrillo del C.P. de Santa Bárbara– Baños del Inca- Mortero realizado con Agregado de cerro.	84
Tabla 17.	Resultados módulo de elasticidad en pilas, ladrillo del C.P. de Santa Bárbara – Baños del Inca. Mortero realizado con Agregado de rio ..	84
Tabla 18.	Resultados compresión diagonal en muros, ladrillo del C.P. de Santa Bárbara– Baños del Inca –Mortero con agregado fino de cerro.....	86
Tabla 19.	Resultados compresión diagonal en muros, ladrillo del C.P. de Santa Bárbara– Baños del Inca –Mortero con arena de rio	86
Tabla 20.	Resultados compresión diagonal en muros confinados, ladrillo del C.P. de Santa Bárbara– Baños del Inca –Mortero con arena de rio	88
Tabla 21.	Proporciones para la elaboración del mortero con agregado fino de cerro. Cantera “El Gavilán”	89
Tabla 22.	Proporciones para la elaboración del mortero con arena fina del Rio Chonta	89
Tabla 23.	Resistencia característica en probetas de mortero con Agregado fino de cerro.	90
Tabla 24.	Resistencia característica en probetas de mortero con Arena fina de Rio.	90
Tabla 25.	Ensayo de tripletes. Mortero elaborado con agregado fino de cerro.	91
Tabla 26.	Ensayo de tripletes. Mortero elaborado con agregado fino de rio.	91
Tabla 27.	Ensayo de variación dimensional del ladrillo del C. P. de Santa Barbara – Baños del Inca.	99
Tabla 28.	Ensayo de alabeo del ladrillo del C. P. de Santa Barbara – Baños del Inca.	100
Tabla 29.	Ensayo de compresión simple del ladrillo del C. P. de Santa Barbara – Baños del Inca.	100
Tabla 30.	Ensayo de succión del ladrillo del C. P. de Santa Barbara – Baños del Inca.....	101

Tabla 31. Ensayo de absorción del ladrillo del C. P. de Santa Bárbara-Baños del Inca.....	102
Tabla 32. Análisis granulométrico del agregado fino (arena gruesa), de la cantera “El Gavilán”	103
Tabla 33. Análisis granulométrico del agregado fino (arena gruesa), de la cantera “El Gavilán”:	104
Tabla 34. Análisis granulométrico del agregado fino (arena gruesa), de la cantera “El Gavilán”:	105
Tabla 35. Módulo de finura.	106
Tabla 36. Peso específico y absorción.....	106
Tabla 37. Contenido de humedad.	107
Tabla 38. Peso unitario suelto seco.	107
Tabla 39. Peso unitario seco compactado.....	107
Tabla 40. Diseño de mortero con Agregado fino de cerro	108
Tabla 41. Ensayo de compresión axial del mortero usado en la construcción de pilas y muretes.....	110
Tabla 42. Análisis granulométrico del agregado fino, de la cantera “Rio Chonta”	110
Tabla 43. Análisis granulométrico del agregado fino, de la cantera “Rio Chonta”:	111
Tabla 44. Análisis granulométrico del agregado fino, de la cantera “Rio Chonta”	112
Tabla 45. Módulo de finura.	113
Tabla 46. Peso específico y absorción.....	114
Tabla 47. Contenido de humedad.	114
Tabla 48. Peso unitario suelto seco.	114
Tabla 49. Peso unitario seco compactado.....	115
Tabla 50. Diseño de mortero con arena fina de rio.....	115
Tabla 51. Ensayo de compresión axial del mortero usado en la construcción de pilas y muretes.....	116
Tabla 52. Ensayo a la resistencia de compresión axial en pilas de ladrillo del C. P. de Santa Babara – Baños del Inca ligados con mortero a base de agregado fino de cerro.....	117

Tabla 53. Ensayo a la resistencia de compresión axial en pilas de ladrillo del C. P. de Santa Barbara – Baños del Inca Inca ligados con mortero a base de arena fina de rio,.....	117
Tabla 54. Cálculo del módulo de elasticidad del ensayo de pilas de ladrillo del C. P. de Santa Bárbara – Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro.....	118
Tabla 55. Datos procesados para la obtención del grafico Esfuerzo Vs Deformación unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro.- Ensayo 1	118
Tabla 56. Datos procesados para la obtención del grafico Esfuerzo Vs Deformación unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro.- Ensayo 2	120
Tabla 57. Datos procesados para la obtención del grafico Esfuerzo Vs Deformación unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro.- Ensayo 3	121
Tabla 58. Cálculo del módulo de elasticidad del ensayo de pilas de ladrillo del C. P. Santa Barbara – Baños del Inc, ligados con mortero a base de arena fina de rio.	123
Tabla 59. Datos procesados para la obtención del grafico Esfuerzo Vs Deformación unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de rio.- Ensayo 1	123
Tabla 60. Datos procesados para la obtención del grafico Esfuerzo Vs Deformación unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de rio.- Ensayo 2	125
Tabla 61. Datos procesados para la obtención del grafico Esfuerzo Vs Deformación unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de rio.- Ensayo 3	127
Tabla 62. Ensayo a la resistencia de corte en muretes de ladrillo del C. P. Santa Barbara – Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de rio.	128

Tabla 63. Ensayo a la resistencia de corte en muretes de ladrillo del C. P. Santa Barbara – Baños del Inca. Ligados con mortero a base de arena fina de rio.	129
Tabla 64. Ensayo a la resistencia de corte en murete confinado de ladrillo del C. P. Santa Bárbara – Baños del Inca.....	129
Tabla 65. Ensayo de resistencia a la compresión. Mortero realizado con agregado fino de cerro.....	129
Tabla 66. Ensayo de resistencia a la compresión. Mortero realizado con agregado fino de rio.....	130
Tabla 67. Ensayo de tripletes. Mortero realizado con agregado fino de cerro.	130
Tabla 68. Ensayo de tripletes. Mortero realizado con agregado fino de rio.	130

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Parámetros granulométricos, Ensayo N° 01	103
Grafico 2. Parámetros granulométricos, Ensayo N° 02	104
Grafico 3. Parámetros granulométricos, Ensayo N° 03	105
Grafico 4. Parámetros granulométricos, Ensayo N° 01	111
Grafico 5. Parámetros granulométricos, Ensayo N° 02	112
Grafico 6. Parámetros granulométricos, Ensayo N° 03	113
Grafico 7. Esfuerzo Vs Deformación Unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro.- Ensayo 1	119
Grafico 8. Esfuerzo Vs Deformación Unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro- Ensayo 2	121
Grafico 9. Esfuerzo Vs Deformación Unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro- Ensayo 3	122
Grafico 10. Esfuerzo Vs Deformación Unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de rio- Ensayo 1	124

Grafico 11. Esfuerzo Vs Deformación Unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de rio- Ensayo 2	126
Grafico 12. Esfuerzo Vs Deformación Unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de rio- Ensayo 3	128

RESUMEN

La presente tesis tuvo como finalidad realizar el estudio de las características físicas y mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas artesanalmente en el CPM Santa Bárbara del distrito Baños del Inca-Cajamarca. La metodología utilizada es la que se da en las normas técnicas nacionales NTP 331.019, NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 399.604, NTP 399.613; además la norma técnica E-070, que aplica los requisitos mínimos para el diseño y análisis de las construcciones de albañilería confinada.

De la evaluación de las características de las propiedades físico – mecánicas se obtuvo en los ensayos clasificatorios: a) Variación dimensional a lo largo = -0.515%, a lo ancho = 2.47%, a lo alto = 3.47%, b) Alabeo en el sentido cóncavo = 0.38 mm, en el sentido convexo = 1.27 mm; c) Compresión simple $f'b=6.49$ Mpa (66.17 kg/cm²). Y en los ensayos no clasificatorios: a) Succión = 86.26 g/200cm²-min y b) Absorción = 18.88%. La resistencia característica a la compresión y módulos de elasticidad en pilas realizadas con mortero elaborado con arena de río y de cerro son: $f'm=39.75$ kg/cm², $E_m=2.23 \times 10^4$ Tn/m² y $f'm=32.21$ kg/cm², $E_m=2.12 \times 10^4$ Tn/m², respectivamente. La resistencia al corte de los muretes, construidos con mortero elaborado con arena fina de cerro y río es $V'm = 3.47$ kg/cm² y $V'm = 4.22$ kg/cm², respectivamente.

En cuanto a los muretes confinados se obtuvieron 7.07 Kg/cm² para el murete de confinado total y 5.35 Kg/cm² para el murete confinado en sus dos lados, estos se elaboraron con mortero a base de agregado fino de cerro, con un concreto $f'c= 175$ kg/cm².

De acuerdo con los ensayos realizados, se verifica que el ladrillo cocido elaborado artesanalmente en el C.P.M Santa Bárbara del distrito de los Baños del Inca, se clasifican como ladrillos **Tipo II** según la resistencia a la compresión axial de las unidades y según su variación dimensional y alabeo se clasifican como **tipo IV y V** respectivamente, pudiendo clasificar los ladrillos del C.P.M Santa Bárbara en general como **Tipo II**, (según la **Norma Técnica Peruana E-070** vigente actualmente.) por tratarse de un ladrillo artesanal y por ser la resistencia a la compresión el parámetro más característico de las unidades de albañilería.

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to study the physical and mechanical characteristics of the handcrafted masonry units at the CPM Santa Bárbara in the Baños del Inca-Cajamarca district. The methodology used is that given in the national technical standards NTP 331.019, NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 399.604, NTP 399.613; In addition, the technical standard E-070, which applies the minimum requirements for the design and analysis of confined masonry constructions.

From the evaluation of the characteristics of the physical - mechanical properties was obtained in the qualifying tests: a) Dimensional variation along = -0.515%, width = 2.47%, at the high = 3.47%, b) Warping at the Concave direction = 0.38 mm, in the convex direction = 1.27 mm; c) Simple compression $f'b = 6.49 \text{ MPa}$ (66.17 kg / cm^2). And in the non-qualifying trials: a) Suction = $86.26 \text{ g / 200cm}^2\text{-min}$ and b) Absorption = 18.88%. The characteristic resistance to compression and modulus of elasticity in piles made with mortar made with river sand and hill are: $f'm = 39.75 \text{ kg / cm}^2$, $E_m = 2.23 \times 10^4 \text{ Tn / m}^2$ and $f'm = 32.21 \text{ kg / cm}^2$, $E_m = 2.12 \times 10^4 \text{ Tn / m}^2$, respectively. The resistance to the cut of the walls, built with mortar made with fine sand of hill and river is $V'm = 3.47 \text{ kg / cm}^2$ and $V'm = 4.22 \text{ kg / cm}^2$, respectively.

As for the confined walls, 7.07 kg / cm^2 were obtained for the total confinement wall and 5.35 kg / cm^2 for the wall confined on both sides, these were made with mortar based on fine aggregate of hill, with a concrete $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$.

According to the tests carried out, it is verified that the brick made by hand in the CPM Santa Barbara of the district of Baños del Inca, are classified as Type II bricks according to the axial compressive strength of the units and according to their dimensional variation and are classed as type IV and V respectively, being able to classify the bricks of the Santa Barbara CPM in general as Type II, (according to the Peruvian Technical Standard E-070 currently in force.) because it is an artisan brick and because it is the resistance to compression the most characteristic parameter of the masonry units.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

A. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las viviendas de albañilería son económicas y están al alcance de las clases sociales populares, dado de que la albañilería confinada es el material de construcción de viviendas predominante en el Perú, y que soluciona el problema habitacional de la clase media a baja. (Aguirre. 2004)

En esa perspectiva se plantea la ejecución del presente estudio de investigación buscando ampliar el conocimiento del comportamiento mecánico de las unidades de albañilería producidas artesanalmente, en el CPM de Santa Bárbara del distrito de Baños Del Inca – Cajamarca, para tender a lograr construcciones más seguras, ya que las unidades provenientes de dicho lugar tienen una gran demanda en el mercado.

En la región de Cajamarca, al igual que el resto del País, los muros de albañilería confinada son construidos con unidades fabricadas en la propia región que son elaboradas por medios tradicionales y de forma artesanal. A pesar de este uso masivo, es escasa la información básica sobre las características físicas de estas unidades de albañilería y el comportamiento estructural de este sistema constructivo, lo que conduce en la mayoría de los casos a un diseño adecuado y por el contrario se tiene una alta incertidumbre en las soluciones adoptadas.

La calidad estructural de la albañilería simple se puede medir en función de la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad, la resistencia al corte y el módulo de corte de la albañilería , que a su vez es dependiente de la calidad de la unidad, del mortero y de la mano de obra empleada.

B. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1) Objetivo general

- Determinar el comportamiento mecánico, de las unidades de albañilería producidas artesanalmente en el CPM de Santa Bárbara, distrito de Baños del Inca – Cajamarca.

2) Objetivo específico

- Determinar los parámetros clasificatorios y no clasificatorios de las unidades de albañilería producidas artesanalmente en el CPM. de Santa Bárbara del distrito de Baños del Inca – Cajamarca. Según la norma NTP 331.018.
- Determinar las características mecánicas de la albañilería producidas artesanalmente en el CPM. Santa Bárbara del distrito de Baños del Inca – Cajamarca. Según norma E-070.
- Determinar las características del agregado fino de la cantera del río Chonta para determinar el diseño de mortero para la unión de las unidades de albañilería.
- Determinar las características del agregado fino de cerro de la cantera “El Gavilán” para determinar el diseño de mortero para la unión de las unidades de albañilería.
- Determinar el comportamiento estructural en cuanto a muretes confinados con las unidades de albañilería producidas en el CPM de Santa Bárbara del distrito de Baños del Inca- Cajamarca.

C. HIPÓTESIS

El comportamiento mecánico de las unidades de albañilería producidas artesanalmente en el CPM. Santa Bárbara, cumple con los requisitos que

exige la Norma Técnica E-070, clasificando como ladrillos Tipo II destinados a la albañilería estructural.

D. ALCANCES Y LIMITACIONES

La investigación se limitó a estudiar las características físicas, resistentes y elásticas del ladrillo del centro poblado Santa Bárbara del distrito de Baños del Inca y se aportó la evaluación del comportamiento de un muro confinado. El desarrollo de la investigación (selección de muestras y ensayos) se realizó según la normatividad PERUANA vigente.

E. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

La presente investigación contribuirá a lograr una mejor performance en el comportamiento estructural de las construcciones que se ejecuten en la ciudad de Cajamarca, utilizando este tipo de ladrillo.

F. VARIABLES

- ✓ **Características físicas:** variación dimensional, alabeo, absorción y succión.
- ✓ **Características resistentes:** resistencia a compresión
- ✓ **Características Elásticas:** módulo de elasticidad.

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.

El texto nos indica el proceso artesanal de los ladrillos el cual comienza con la extracción y meteorización de los materiales arcillosos, de los cual se encarga la misma naturaleza dejando reposar el material extraído para que así se disuelva. A este procedimiento se le adiciona ligantes naturales como: aserrín, carbonilla, cascaras de arroz o cascarilla de algodón para que durante la cocción del ladrillo, éste no se vea afectado por las altas temperaturas, estos ligantes 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).

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

En este texto se describen los resultados de la evaluación de las propiedades mecánicas de los ladrillos macizos cerámicos fabricados a mano en el municipio de Ocaña, realizando ensayos de caracterización física de la arcilla usada como materia prima, para posteriormente realizar pruebas de control de calidad no destructivas y destructivas de los ladrillos de mampostería que se seleccionaron entre las diferentes 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". Los ladrillos producidos en Ocaña, no cumplen las resistencias establecidas para Colombia; la tasa inicial de absorción (TIA) promedio es de 0.387 g/cm²/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%.

II.1.2 Nacionales

- a) Sánchez, N., Zapata M. Y Granados, H. (1992). "Análisis de las unidades de albañilería producidas en Huancayo"

Concluyeron que las unidades clasificaban como tipo I, según los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción, densidad. Los ensayos de resistencia a la compresión de las unidades f' b, cuyos resultados fueron

37.78Kg/cm² (Cajas) y 43.04kg/cm² (Palian), resultaron menores a lo especificado en la norma de albañilería ININVI 1982 vigente, para unidades del Tipo I, cuya resistencia mínima debe ser de 60 kg/cm². Por tanto, se determinó que en esta parte del país no se podía ni se cumplía las normas. De la investigación se concluyó que el proceso de elaboración de las unidades en la región Central Junín es totalmente artesanal, además la variabilidad dimensional, indica que las unidades tienen características muy aceptables, clasificando como tipo IV y V. En cuanto al alabeo, las unidades de la misma forma clasifican como unidades del tipo IV y V, por lo que se asume que las juntas serán las recomendadas (10 mm @ 15 mm); así mismo, se asume que con estas juntas la resistencia en compresión y corte podrían ser adecuadas.

Los resultados finales a ser considerados para el diseño de muros de albañilería son: Resistencia a la compresión $f'_m=27.9$ kg/cm², Módulo de elasticidad $E_m = 11570$ kg/cm², Resistencia al corte $v'_m = 5.7$ kg/cm², Módulo de corte $G_m = 6640$ kg/cm².

- b) 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.

- c) 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.

Además se hace mención que en la zona afectada, es necesario que se adiestre a los profesionales de la construcción sobre la forma de cómo deben construirse los 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. En los pisos altos de las edificaciones existentes, es necesario integrar la unión entre la albañilería y las columnas, por ejemplo, con mallas electro - soldadas.

II.1.3 Locales

- a) 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 inferior a los 80Kg/Cm², 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.

- b) Bernal, 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, a la vez se ejecutaron ensayos de pilas y bloques; 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 clase II para fines estructurales de acuerdo a la Norma E- 070.

II.2 MARCO NORMATIVO PERUANO

II.2.1 Norma Técnica Peruana

Las normas NTP 331.019, 331.017 y 331.018, establecen los métodos y procedimientos de muestreo, los requisitos y condiciones que debe cumplir el ladrillo para ser usado en albañilería y los ensayos que deben realizarse para calcular propiedades físicas y mecánicas como variabilidad dimensional, alabeo y compresión simple, respectivamente.

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 albañilería

confinada y por albañilería armada. Además también establece criterios mínimos para el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería confinada y muros armados.

II.3 BASES TEÓRICAS

Moreno (1981). Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo.

Gallegos (2005); Hendry, Sinha y Davies (1997) definen al ladrillo como el componente básico para la construcción de la albañilería y la construcción.

Schneider y Dickey (1980), Marotta (2005) y Somayaji (2001) lo definen como una pequeña unidad de arcilla quemada para albañilería, de forma rectangular.

La Norma Técnica Peruana 331.017 (2003) denomina al ladrillo como la unidad de albañilería elaborada con arcilla, esquisto arcilloso, o sustancias terrosas similares de ocurrencia natural, conformada mediante moldeo, prensado o extrusión y sometida a un tratamiento con calor a temperaturas elevadas.

II.3.1 El Ladrillo

El Ladrillo es el material de construcción más antiguo fabricado por el hombre. En los primeros tiempos se comenzó elaborándolo en su forma cruda, que es el adobe. Su difusión se debió a que el hombre le dio tamaño que se acomodaba a su mano y para hacerlo recurrió a materias primas accesibles, que se pueden encontrar casi en cualquier parte.

No puede menos que llamarnos la atención que con elementos tan comunes como la tierra, el agua, el aire (para el secado) y el fuego (para la cocción) el hombre logró fabricar un material de construcción que, con muy pocas variantes tecnológicas, siguen manteniendo plena vigencia y demanda hasta nuestros días.



Figura 1. Construcciones de albañilería, Cajamarca 2016.

El ladrillo se originó en las antiguas civilizaciones del Medio Oriente que tenían sus centros en territorios que hoy corresponden a Irak e Irán. Como el adobe es atacado por el agua, en las regiones con grandes precipitaciones, se comenzaron a desarrollar las técnicas de cocción, lo que le da una definitiva estabilidad como material de construcción. (Bianucci, A. 2009) Dan cuenta de su lejano pasado los restos de mastabas y zigurats que aún se encuentran, casi siempre sepultados por la arena de los desiertos, destruidos no solo por el abandono sino, principalmente y desde muy antiguo, por la acción del clima sobre el adobe (es decir el ladrillo crudo) tan débil a la erosión. La mítica torre de Babel es el modelo emblemático de esos zigurats cuya memoria perdura con un pie en la historia y otra en la leyenda

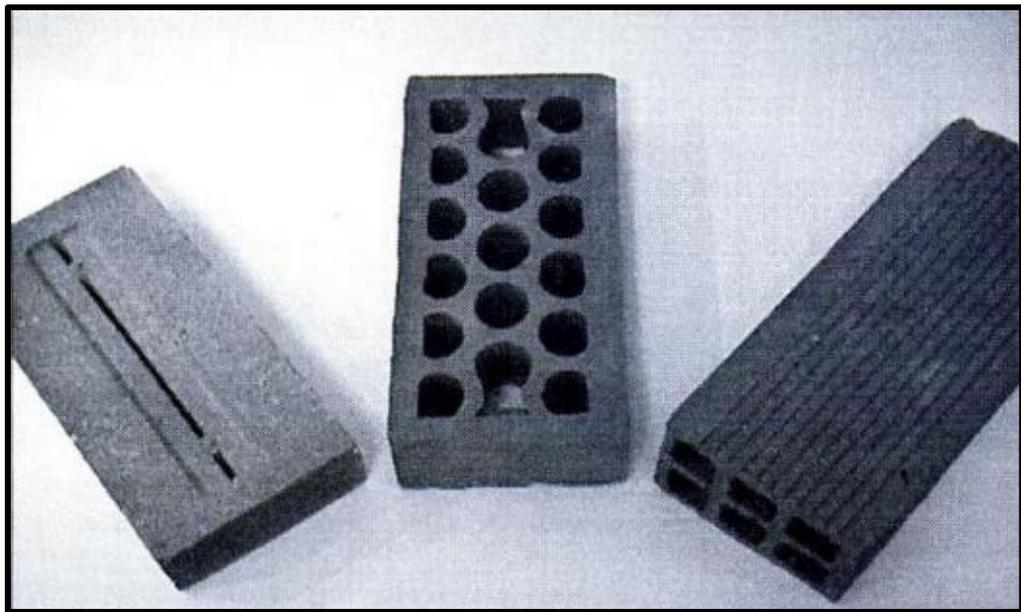


Figura 2. Tipos de ladrillos. (JIMENEZ. L,2002)

Los pueblos que habían utilizado la piedra empezaban a reemplazarla por el ladrillo, al resultar mucho más sencillas y asequibles las técnicas de producción y de colocación de éste último, además de la facilidad que otorga la regularidad de la forma.

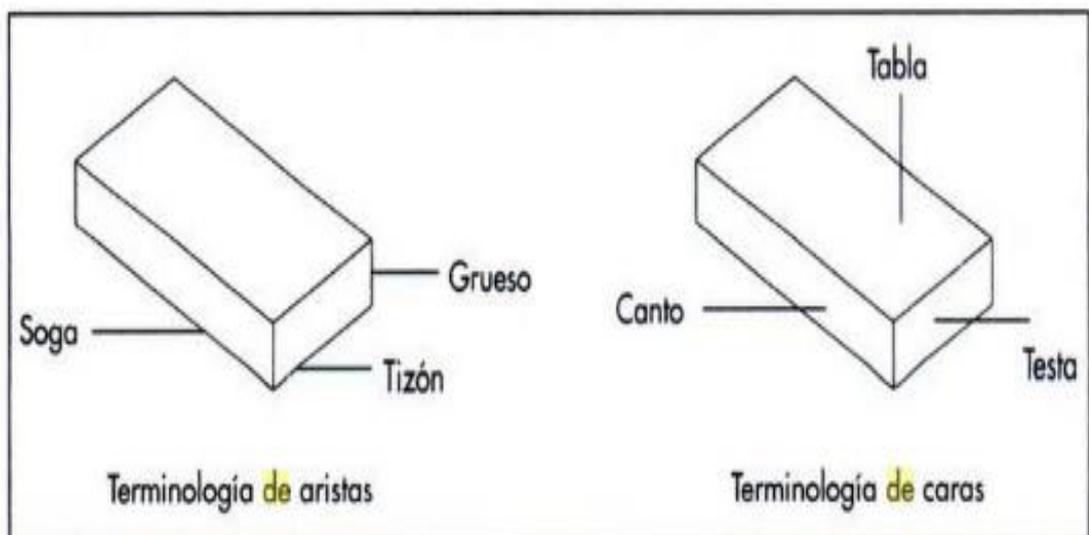


Figura 3. Lados de la unidad de albañilería. (JIMENEZ. L,2002)

II.3.2 Propiedades y características de la albañilería

El ladrillo está propuesto esencialmente para la construcción de muros, tabiques, etc., por lo que debe ser resistente a los efectos del intemperismo, y además tener una suficiente resistencia a las fuerzas que se le apliquen.

Moreno (1981), Somayaji (2001) y Gallegos (2005), coinciden en que un ladrillo considerado como bueno, para muros de albañilería, debe poseer las características generales siguientes: estar bien moldeado, lo que da lugar a caras planas, lados paralelos y los bordes y ángulos agudos. Ser poroso, sin exceso, para poder tomar bien el mortero, no contener sales solubles para no propiciar la eflorescencia, poseer un sonido metálico al ser golpeado con un martillo u otro objeto similar, puesto que cuando se da este sonido es una muestra que el ladrillo está bien cocido y no tiene defectos como fisuras.

Así mismo debe contar con una geometría homogénea, compacta, luciente y exenta de caliches, no debe estar demasiado cocido ya que produciría una unidad de color violáceo o negruzco, con una estructura vitrificada y brillante, con deformaciones y grietas. Un ladrillo demasiado cocido es muy duro pero la resistencia queda anulada por las fisuras. Tampoco debe estar poco cocido o blando, pues podría desmoronarse fácilmente y daría un sonido sordo. En resumen, las características físicas del ladrillo son que debe tener una buena cocción, un color uniforme, un sonido claro y seco al ser golpeado.

El Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.070 Albañilería) manifiesta que el ladrillo no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea. Además el ladrillo estará bien cocido, tendrá un color uniforme y

no presentará vitrificaciones. No tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia. No tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

Según la NTP 331.017, los ladrillos estarán libres de defectos, deficiencias y tratamientos superficiales, incluyendo recubrimientos, que pudieran interferir con la adecuada colocación del ladrillo o perjudicar significativamente la resistencia o el desempeño de la construcción.

Según estas características, se pueden definir las siguientes propiedades:
siguientes propiedades:

A. PROPIEDADES FÍSICAS

- a) Color:** Depende de su composición química de la materia prima y de la intensidad del quemado. De todos los óxidos comúnmente encontrados en las arcillas, el hierro tiene el mayor efecto sobre el color.
- b) Textura:** Es el aspecto de rugosidad superficial que presenta la unidad como resultado de la forma de elaboración.
- c) 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.

San Bartolomé, A. 1994. Dijo que la prueba de Variación Dimensional es necesaria para determinar el espesor de las juntas de la albañilería. Tomando en cuenta 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.

d) 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).

e) Succión

De acuerdo a lo indicado en la Norma E-070, consiste en medir un volumen (V1, en cm³) 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 (V2, en cm³) de agua; la succión normalizada a un área de 200 cm², se obtiene como:

$$SUCCIÓN = 200 * \frac{V1 - V2}{A}, \text{ expresada en gr/200 cm}^2 - \text{min.}$$

Dónde:

A: es el área bruta (cm²) de la superficie de asiento de la unidad.

B. PROPIEDADES MECÁNICAS.

a) Resistencia a la compresión

El ensayo de compresión de la unidad, se desarrolló en base a las especificaciones de la norma ITINTEC 331.018 y 331.019

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)**.

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.

II.3.3 Clasificación de las unidades de albañilería

Según las propiedades antes mencionadas y el Reglamento Nacional de edificaciones, tenemos la siguiente clasificación:

La Norma E- 070, los clasifica de la siguiente manera.

- Tipo I: Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.
- Tipo II: Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicios moderadas.
- Tipo III: Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

- Tipo IV: Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

- Tipo V: Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

II.3.4 Tipos de albañilería y especificaciones reglamentarias.

La albañilería es un conjunto de unidades de ladrillos ensambladas entre sí con mortero (mezcla de cemento, agregado fino y agua), cuando esta albañilería se encuentra rodeada por elementos de confinamiento (vigas, columnas, etc.), se le denomina, albañilería estructural, la cual garantiza una distribución uniforme de las cargas verticales y horizontales. Según el modo de confinamiento, el tipo de unidades usadas y a las demandas de cargas a las que están expuestas, podemos clasificar la albañilería según:

A. Por la función estructural

- ❖ Muros portantes
- ❖ Muros no portantes

B. Por la distribución del refuerzo

- ❖ Muros no reforzados de albañilería simple
- ❖ Muros reforzados:
 - muros armados
 - Muros laminares
 - muros confinados

A. Por la función estructural

Se dividen en muros portantes y muros no portantes.

a) 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.

b) Muros no portantes

Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su piano. Son, por ejemplo, los parapetos, los tabiques y los cercos (NTP E- 070). 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.

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 aporticadas, 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 debido a que disminuye los efectos sísmicos en él.

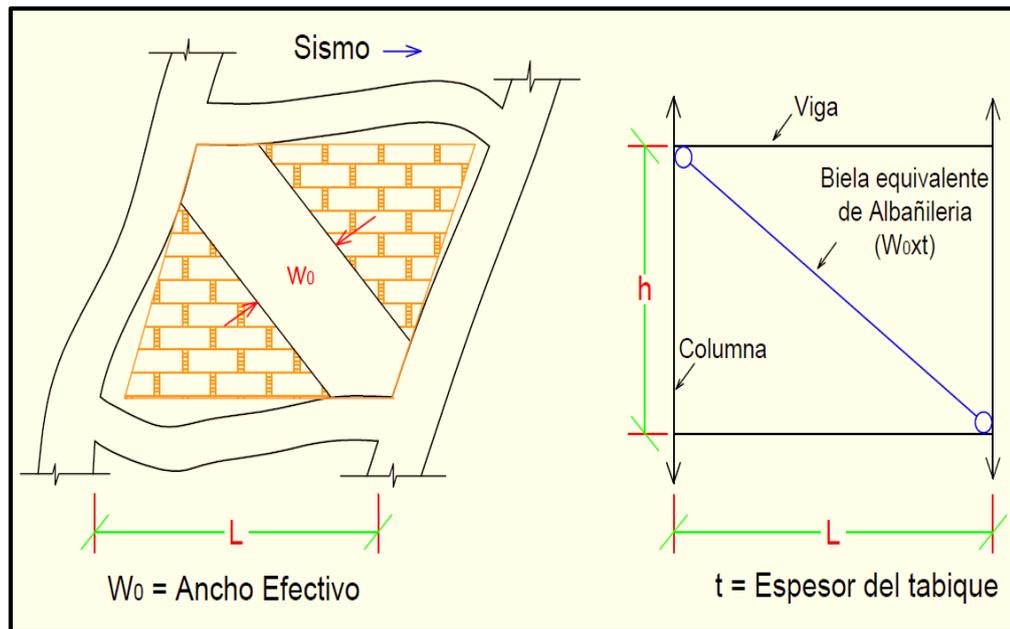


Figura 4. Modelaje de Tabiques de Albañilería (SAN BARTOLOMÉ, 1994)

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; 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.

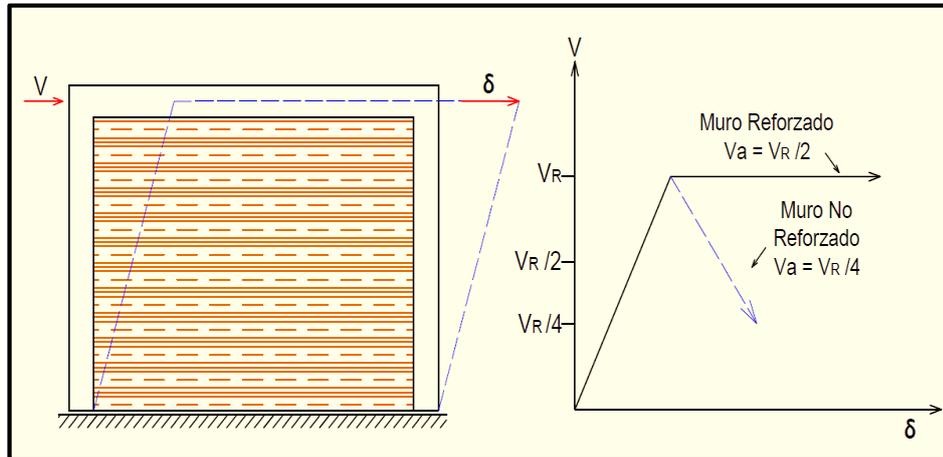


Figura 5. Fuerza cortante admisible "Va" (San Bartolomé, A. 1994)

El espesor efectivo del muro se define como su espesor bruto descontando los acabados (por el posible desprendimiento del tarrajeo producto de las vibraciones sísmicas), las bruñas u otras indentaciones. De acuerdo a la Norma E-070, el espesor efectivo mínimo a emplear en los muros no reforzados debe ser $t = h/20$ para zonas sísmicas 2 y 3, y $t = h/25$ para zonas sísmicas 1, 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.

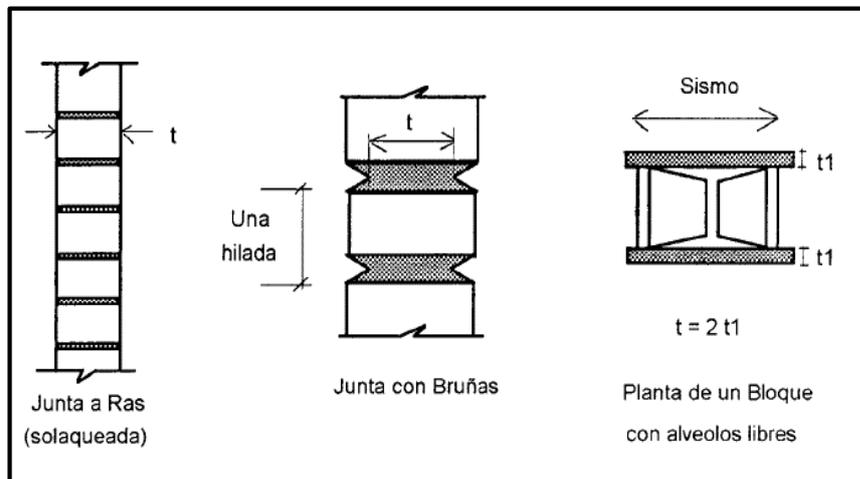


Figura 6. Espesor Efectivo de un muro: "t" (San Bartolomé, A. 1994).

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 Laminares** (Tipo Sándwich) y **Muros Confinados**; que son lo de mayor uso en las construcciones actuales.

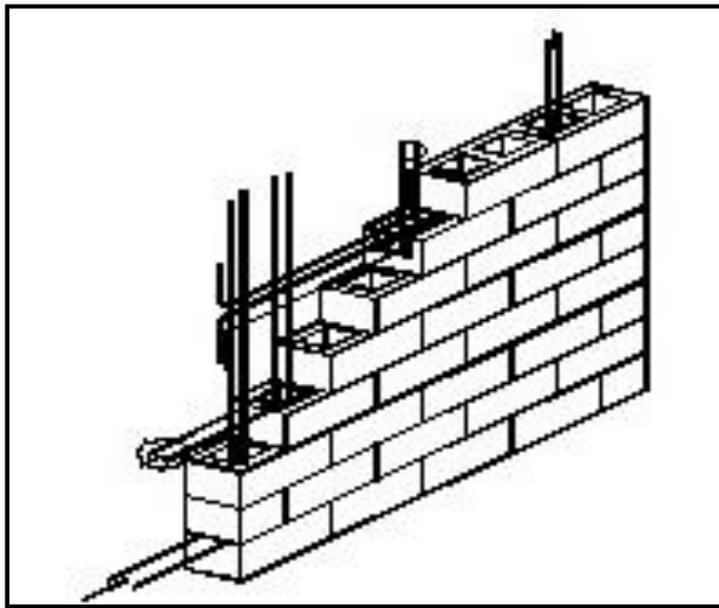


Figura 7. Muro con refuerzo Horizontal y vertical. (NTC para Diseño y construcción de Estructuras de mampostería.

❖ 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.

❖ Muros laminares

Este muro está constituido por una placa delgada de concreto de espesor de 1 a 4 pulgadas, se usa 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".

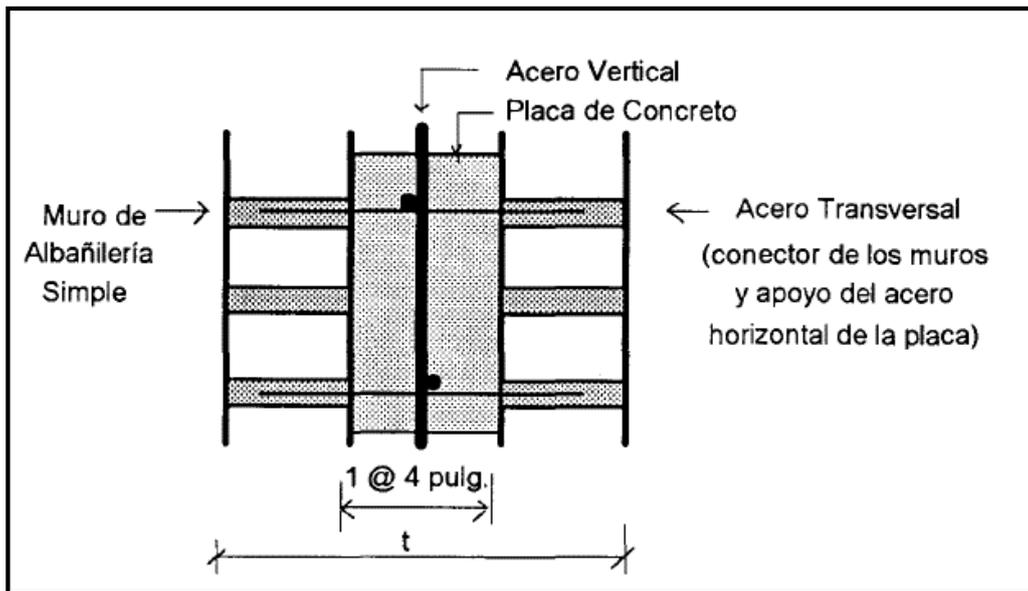


Figura 8. Sección trasversal Muro Laminar o Sandwich (San Bartolomé, A. 1994)

❖ Albañilería confinada

Este es el sistema que tradicionalmente se emplea en casi todo el Perú para la construcción de viviendas de hasta 4 pisos

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.

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.

Los elementos **de concreto armado**, que rodean al muro, sirven 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. Adicionalmente, el pórtico funciona como elemento de arriostre cuando la albañilería se ve sujeta a acciones perpendiculares a su plano.

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 señalan 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.
- 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.
- Las unidades de albañilería a utilizar serán de acuerdo a lo estipulado 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 dobléz 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 estribos a emplear en las columnas de confinamiento deberán ser cerrados a 135°, pudiéndose emplear estribos con $\frac{3}{4}$ 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.
- 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.
- El concreto deberá tener una resistencia a compresión ($f'c$) mayor o igual a 17.15 MPa (175 Kg/cm²). 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 ($\frac{1}{2}$ 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.

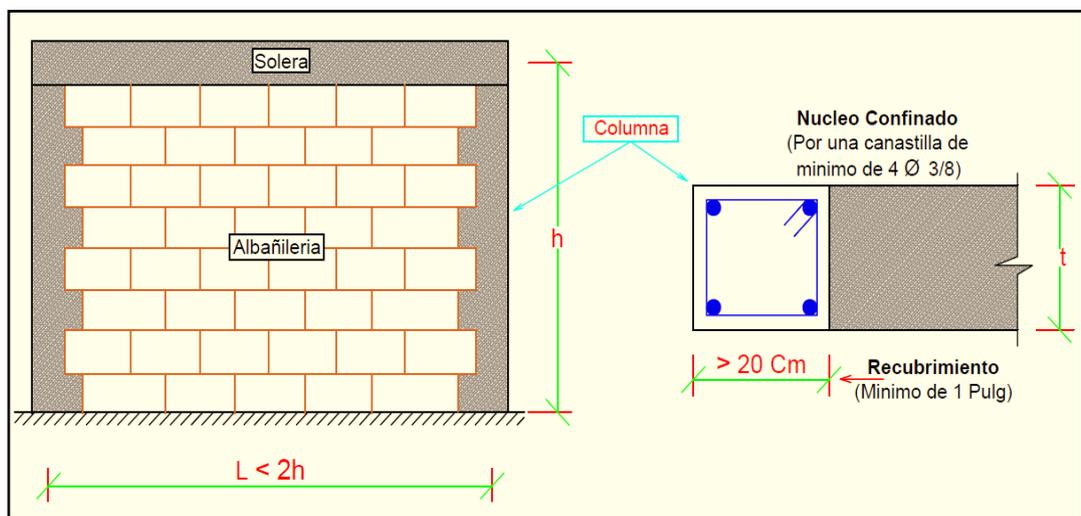


Figura 9. Requisitos mínimos en muros confinados (San Bartolomé, A. 1994)

II.3.5 Las unidades de albañilería (los ladrillos)

En este apartado describiremos algunas consideraciones generales, ubicación de canteras de extracción de materias primas en el centro poblado Santa Babara, distrito de Baños de Inca- Cajamarca, descripción de la

materia prima extraída, y la toma de muestras para la clasificación de los ladrillos producidos en esta zona.

A. Materia prima para la elaboración del ladrillo

El material principal usado para la elaboración de las unidades de albañilería, es la **arcilla**, y es muy fácil de encontrar, ya que está presente en la mayoría de suelos orgánicos.

a) Información técnica sobre arcillas

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.
- **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) 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 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 NTP 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.

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.

Cuando se construyan conjuntos habitacionales, la resistencia de la albañilería $f'm$ y $v'm$ deberán comprobarse mediante ensayos de laboratorio::

- 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 500m² de área techada y $v'm$ con tres muretes por cada 1000 m² 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 500 m² de área techada y v'm con tres muretes por cada 500m² 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.

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.



Figura 10. Ladrillo sólido o macizo (Saberyhacer.com)

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 y también, las unidades con muchas perforaciones como los ladrillos para techo.

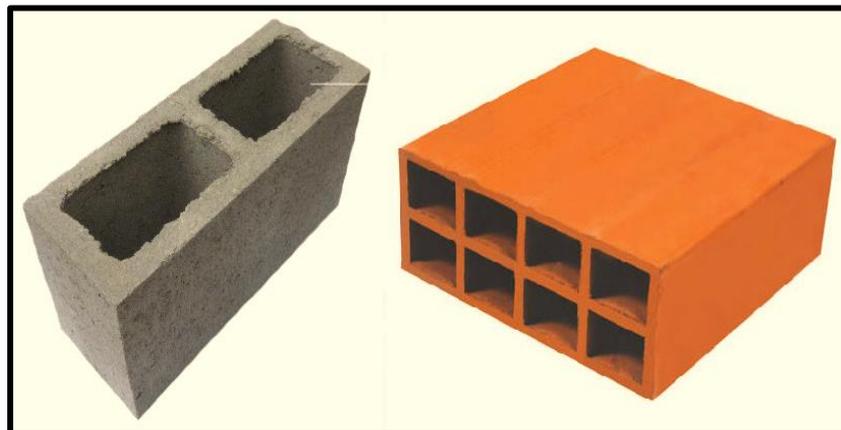


Figura 11. Ladrillo Hueco (Saberyhacer.com)

c) Unidades tubulares o pandereta.

Son llamadas las unidades de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.



Figura 12. Ladrillo Tubular (Saberyhacer.com)

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 *siguiente*, se señala las limitaciones de aplicación estructural de los diferentes tipos de unidades de albañilería.

Tabla 1. 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 si se llenan los alvéolos con concreto líquido	Óptima	No aplicable	Óptima
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).

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, 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. Luego se tamiza el material empleando mallas metálicas, para de este modo eliminar piedras y otras materias extrañas.



Figura 13. Extracción de la materia prima, CPM Santa Bárbara-Cajamarca, 2016.

- **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.



Figura 14. Fase de moldeado, CPM Santa Bárbara- Cajamarca, 2016.

- **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).

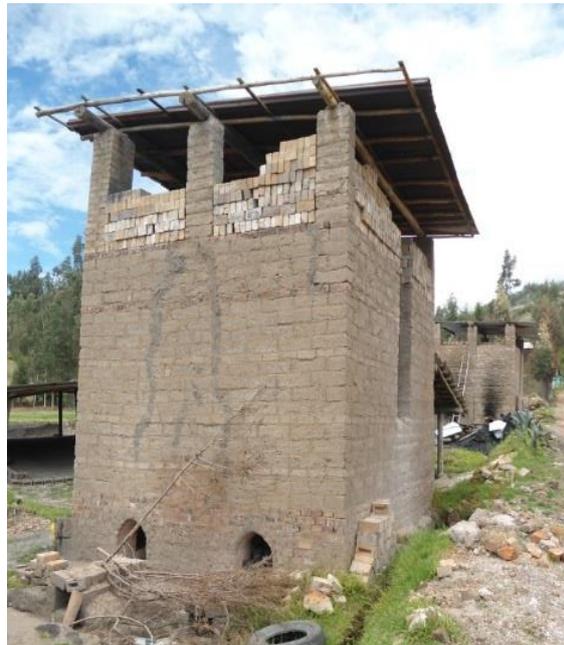


Figura 15. Tipo de hornos en los cuales se realiza la etapa del quemado, CPM Santa Bárbara- Cajamarca, 2016.

-El quemado se efectúa en hornos abiertos con quemadores de leña o petróleo, esto da lugar a diferencias de más del 100 % entre la resistencia de las unidades ubicadas en la parte baja y alta del horno. Este proceso dura entre 2 y 5 días.

Fernández, K. 2010, sintetiza el proceso de elaboración artesanal del ladrillo en el Centro Poblado Santa Barbará, distrito de Baños del Inca, precisando que estas unidades son usadas para la construcción de la mayoría de viviendas en la ciudad de Cajamarca y localidades cercanas.

PROCESO PRODUCTIVO CON UNA DURACION APROXIMADA DE 46 DIAS.

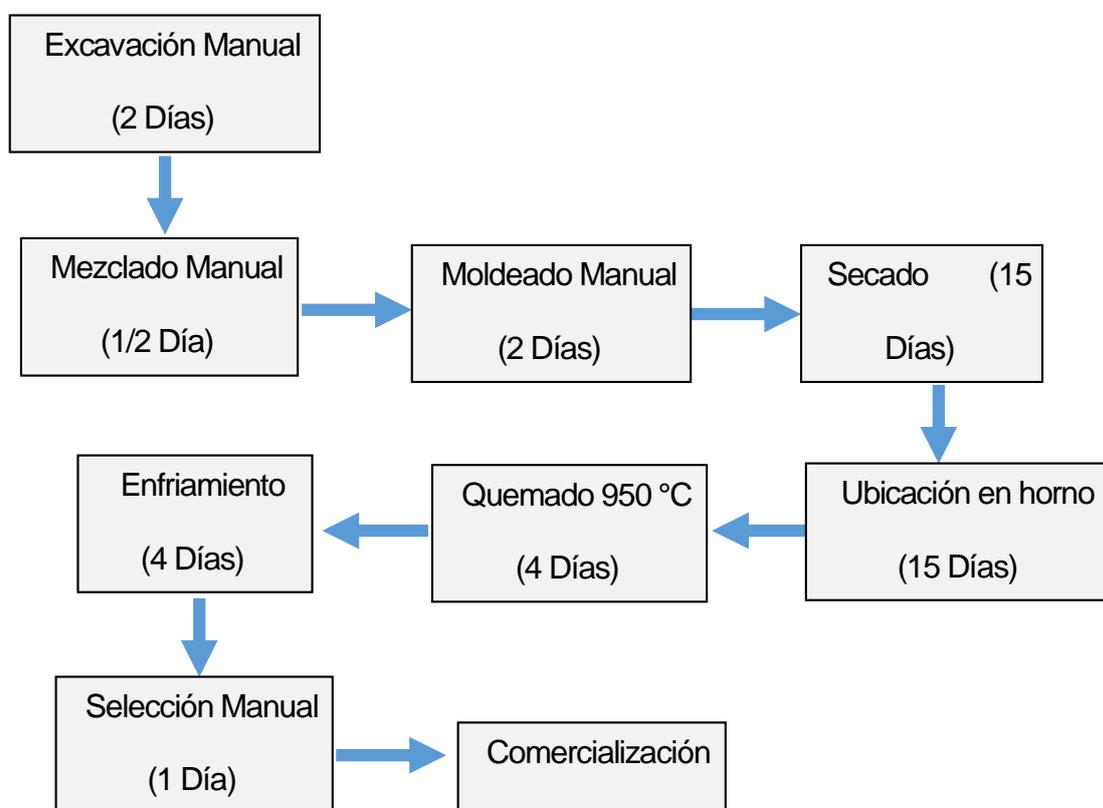


Figura 16. Diagrama de fabricación de unidades de arcilla de manera artesanal en Santa Bárbara – Cajamarca (Fernández, K. 2010)

Tabla 1. Diferencias entre el proceso de fabricación manual y mecánico de las unidades de albañilería

ETAPAS	MANUAL	MECANICO
EXTRACCION	Construcciones rudimentarias, con gran influencia climática, poca herramienta. Pala.	✓ Construcciones permanentes, continuidad laboral, equipamiento mecánico. ✓ Tractor.
PREPARACION METEORIZACION	Agentes atmosféricos: lluvia, sol, heladas = lavado de sales.	✓ Agentes atmosféricos: lluvia, sol, heladas = lavado de sales.
Maduración: 48hs.		✓ Humectación uniforme.
Pudrición: 15 días (elimina mat. orgánica, fermentación)	En el suelo.	✓ En piletas con desengrasantes.
Levigación Sólo para procesos industriales.		✓ Lavado y decantación (barro colado).
AMASADO	Pisadero c/ desengrasante (paja, cuero). 40% de agua. Con animales.	✓ Molino de rulos (tritura, tamizado, humectación, mezclado, amasado). 20% de agua.
MOLDEADO	En suelo. Gradilla (molde para 2 ladrillos). Producto: adobe. 2000 a 2500 u/día con 1 operario.	✓ Galletera (ladrillo, ticholo, bovedilla). ✓ Prensado (azulejo, teja, baldosa). ✓ Colada (aparatos sanitarios).
COCCION	Hormiguero (horno natural). Combustible = leña. Resultado disperso: carbonilla, exteriores crudos (claros), centro (frágiles, violetas), medio (los mejores, rojos).	✓ Hornos especiales: ✓ Hoffmann (fuego móvil), ✓ Túnel (fuego fijo).]

FUENTE: Coursehero.com. 2013

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)

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.

G. Clasificación de los ladrillos para fines estructurales

De acuerdo a la Norma NTP 331.017, 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.
- **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 2**. Según la Norma Técnica Peruana E-070.

Tabla 2. Características del ladrillo para fines estructurales

CLASE	VARIACION DE LA DIMENSION (Máxima en porcentaje)			ALABEO (Máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'b mínimo en Mpa (Kg/Cm ²) 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 3**. Las zonas sísmicas son las indicadas en la Norma 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 sustentada por un ingeniero civil.

Tabla 3. 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
Sólido Artesanal	No	Si, Hasta dos pisos	Si
Sólido Industrial	Si	Si	Si
Hueco	No	No	Si
Tubular	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 básicamente el 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 4**. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes, proporcionen resistencias según lo especificado en la Norma E- 070.

Tabla 4. 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; a 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/m³. 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 5**.

Tabla 5. 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 7** (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 8**.

Tabla 6. 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/cm²) y deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica de Edificación E-060 Concreto Armado.

II.3.6 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 **compresión** 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° , 45° y 90° . 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 (**Figura 17.**) Los prismas se llenan con concreto líquido (unidades

huecas), asentadas o apiladas (unidades sólidas), (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)

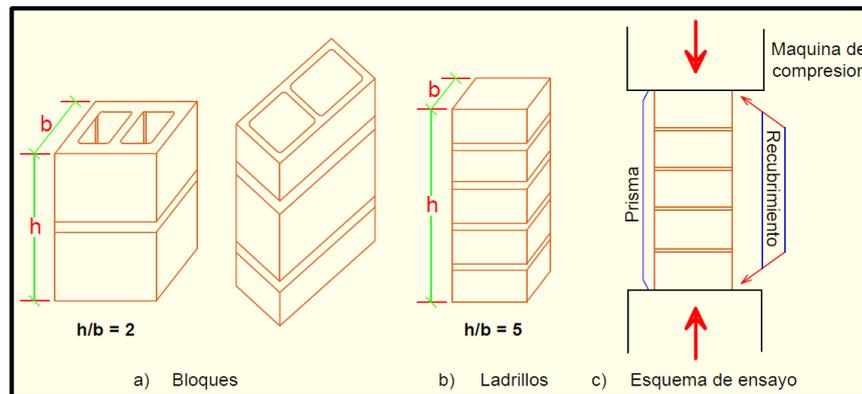


Figura 17. Ensayos a compresión de pilas

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 él prima, 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 prima cargado, está sometido a compresión triaxial, y el ladrillo a una combinación de compresión axial y tracción biaxial.

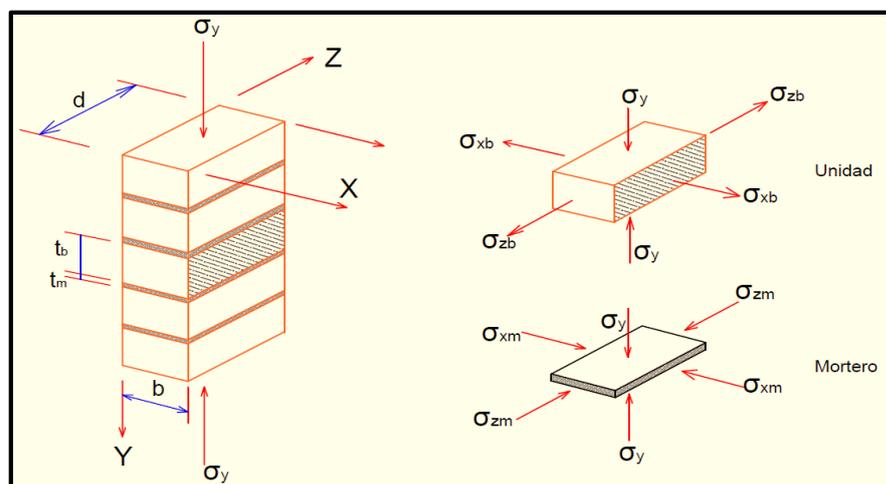


Figura 18. Esfuerzo en el ladrillo y mortero por efecto de carga unitaria axial

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.

El valor f_m se calcula contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la **Tabla 7**.

Tabla 7. 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.

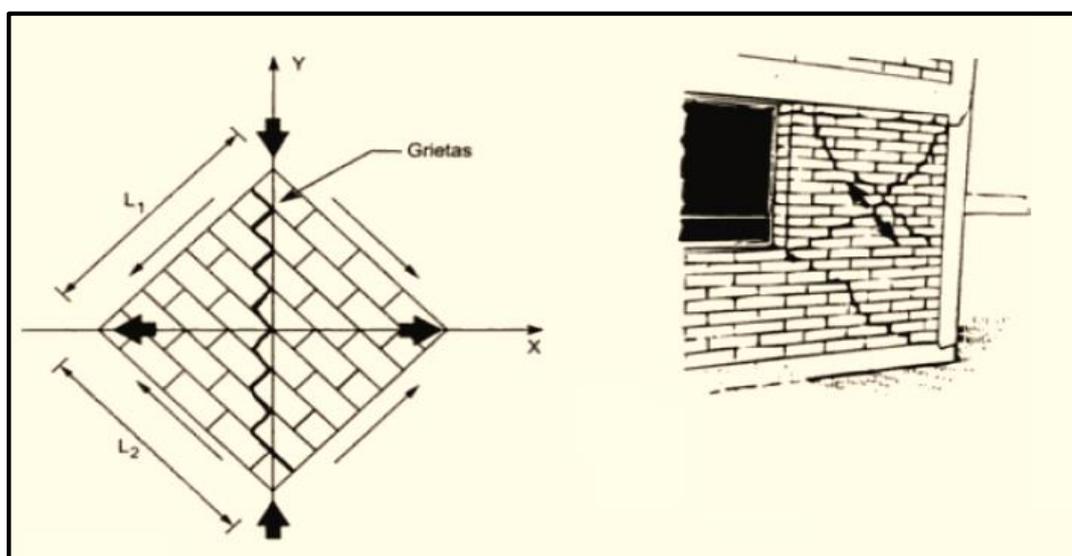


Figura 19. Similitud de la falla entre ensayo de corte y un sismo (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)

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

γ : Proporción del área con relación al área bruta de la unidad

La deformación por corte mostrada en el esquema (**Figura 19.**), se calcula:

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

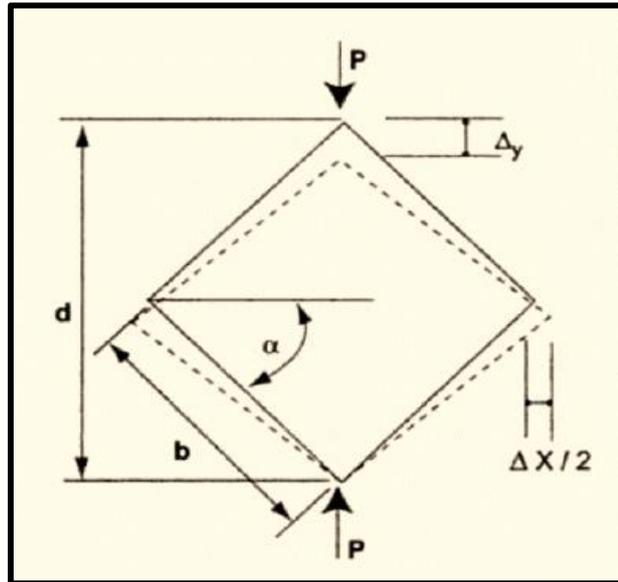


Figura 20. Esquema de deformación del espécimen (murete) (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)

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° 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.

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 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 o 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 artesanal King Kong del Centro Poblado Santa Bárbara
- ✓ Arena fina de río de la cantera del río Chonta.
- ✓ Agregado fino de la cantera “El Gavilán”.
- ✓ Cemento Portland Tipo I.
- ✓ Agua Potable.
- ✓ Materiales de escritorio.

III.1.2 Equipos.

- ✓ Mallas ASTM N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200.
- ✓ Balanza con capacidad de 5000 g y una aproximación de 0.1 g.
- ✓ Balanza con capacidad de 200 kg y una aproximación de 0.01 g.
- ✓ Probetas 3000 ml.
- ✓ Vernier de laboratorio.
- ✓ Escuadra metálica graduada al 1 mm.
- ✓ Regla metálica graduada al 1 mm.
- ✓ Bandejas de 30*50 cm.
- ✓ Nivel topográfico y trípode.
- ✓ Cámara fotográfica.
- ✓ Deformímetro

- ✓ Horno ventilado de 110 °C a 115 °C.
- ✓ Maquina Universal para ensayos de compresión uniaxial.

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 julio 2016- abril 2017.

C. Variables

- ✓ **Características físicas:** variación dimensional, alabeo, absorción y succión.
- ✓ **Características resistentes:** resistencia a compresión
- ✓ **Características Elásticas:** módulo de elasticidad.

D. Tipo de investigación

- ✓ No experimental descriptiva: Se observaron y analizaron los resultados obtenidos sin modificar ninguna propiedad de las unidades de albañilería, mostrando resultados y una clasificación reales.

E. Diseño de la investigación

- ✓ Diseño no experimental: porque no se manipularon variables durante el desarrollo del trabajo de investigación.

F. Población

- ✓ Se considera como población las ladrilleras artesanales del CPM. Santa Bárbara- Distrito de Baño el inca- Cajamarca.

G. Muestra.

En la elección de la muestra para la realización de la investigación se tomó la siguiente cantidad de ladrillos, del horno del Sr. Orlando Quiroz.

Tipo de ensayo	Cantidad de unidades utilizadas
<i>Variabilidad Dimensional</i>	15
<i>Alabeo</i>	15
<i>Compresión simple</i>	15
<i>Succión</i>	15
<i>Absorción</i>	15
<i>Muretes (10)</i>	279
<i>Pilas (6)</i>	24
<i>Ensayo de corte del mortero (6)</i>	18
Total	396

H. Técnica del muestreo

- ✓ Se tomaron los criterios que brinda la Norma Técnica Peruana **NTP 331.017 e NTP 331.019.**

I. Instrumentos de recolección de datos

- ✓ Se realizó mediante hojas de datos, en las cuales se anotaron, todas las observaciones y los resultados obtenidos.

J. Análisis de datos.

- ✓ Procesamiento de datos y gráficos, usando métodos estadísticos, para lo cual se utilizó el software Microsoft Excel.

III.2.2 Procedimientos De La Investigación

A. Ensayo de la granulometría de la arena

➤ **Ensayo de granulometría del agregado fino de cerro y fina de río.**

❖ **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- Ciudad de Dios. Tiene una extensión aproximada de 37 Has.

❖ **Cantera: Rio Chonta**

Esta cantera está constituida por grandes acumulaciones de material fluvial, acumulado en ambas márgenes del río Chonta, formando terrazas discontinuas de aproximadamente 0.90 m. de potencia. El material se caracteriza por su litología consistente en cantos rodados de formas ovoides demostrando haber recorrido una gran distancia y haberse sujetado al fenómeno de fricción que generalmente favorece la forma redondeada de los fragmentos rocosos.

- ✓ 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.
- ✓ 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



Figura 21. Análisis Granulométrico.

- ✓ Se determinó el contenido de humedad, según la Norma NTP 400.010, ASTM C-728.
- ✓ Se calculó del peso unitario del agregado fino, según la Norma NTP 400.017, ASTM C-29.

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

- ✓ 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 500 ladrillos de la fábrica artesanal lote del cual, se han tomado **15 muestras para cada ensayo**.

a) Variabilidad dimensional.

Se usaron 15 unidades, el ensayo se realizó según la Norma NTP 399.613.

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



Figura 22. Medida de ladrillo con vernier

- ✓ 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 fórmula³, con una aproximación de 0.001 mm.

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

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:

- ✓ 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.

c) Comprensión simple

Se usaron 15 unidades de ladrillo, el ensayo se realizó de la siguiente manera:

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



Figura 23. Ladrillos refrentados con yeso para prueba de resistencia a compresión.

- ✓ 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:

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

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

○ **Cálculo del módulo de elasticidad (Eb) en ladrillos de arcilla.**

Los módulos de elasticidad se calculó en el límite proporcional elástico dada con la gráfica esfuerzo vs deformación unitaria

Se Calculó con la fórmula que se indica en el artículo 24.7 para unidades de arcilla que indica:

- ✓ Unidades de arcilla: $E_m = 500f'_m$
- ✓ Unidades Sílico-calcareas: $E_m = 600f'_m$
- ✓ Unidades de concreto vibrado: $E_m = 700f'_m$
- ✓ Para todo tipo de unidad de albañilería: $G_m = 0.4E_m$

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.
- ✓ 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 cm², 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_{suc}: Peso (g) de la unidad luego de ser sumergido en agua durante 1 minuto.

P_{sec}: Peso seco (g) de la unidad luego de permanecer en el horno.

ÁreaBruta = Ancho x Largo (cm²)

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.
- ✓ 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.

El ensayo a compresión se realizó a los 28 días de edad.



Figura 24. Prismas de Albañilería



Figura 25. Murete confinado lateralmente



Figura 26. Murete confinado.

a) Pilas.

➤ Procedimiento de construcción

- ✓ Se construyeron 6 pilas de 4 hiladas cada una, 3 pilas de ladrillo unidos con mortero realizado con agregado fino de río y 3 pilas de ladrillos con mortero hecho con agregado fino de cerro, con un espesor de mortero de 15mm.
- ✓ El diseño del mortero se realizó analíticamente, con las proporciones indicadas en la Norma E-070, para muros portantes.

Mortero tipo P2 = 1:4 (cemento: arena).

- ✓ Se controló la verticalidad con un nivel y plomada.
- ✓ 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.



Figura 27.Elaboración de Pilas

➤ **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 deformímetro se registra las deformaciones, para obtener las gráficas P vs Δ

➤ **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_m : Resistencia a compresión axial (kg/cm²)

$P_{m\grave{a}x}$: Fuerza máxima que resiste la pila (kg)

Área : Área bruta transversal a la fuerza (cm²)

- ✓ Luego se corrigió **f_m** según el factor de corrección por esbeltez de la pila, expresados en la Tabla 12.
- ✓ 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/cm²)

f'_m : Resistencia característica a compresión (kg/cm²)

σ : 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.

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

Donde:

σ' : Esfuerzo en el punto máximo de la curva

ε' : 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:

σ' : Esfuerzo axial en el tramo elástico (ton/m²).

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

Área Bruta = Largo x Ancho (m²).

ϵ' : Deformación unitaria asociado a σ' .

D: Deformación en el rango elástico (mm).

H: Altura del prisma (mm).

Em: Módulo de elasticidad.

b) Muretes.

➤ **Procedimiento de construcción**

Para el estudio de investigación se realizaron 12 muretes:

- 5 con mortero de agregado fino de cerro (fig. 24)
 - 5 con mortero de arena fina de río (fig. 24)
 - 1 con mortero de arena fina de río confinado en sus cuatro costados. (fig. 26)
 - 1 con mortero de arena fina de río confinada lateralmente, en dos de sus costados. (fig.25)
- ✓ 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).

- ✓ Se controló la verticalidad con un nivel y plomada.
- ✓ Se realizó el curado según lo indicado en la Norma E-070.
- ✓ Luego de construir los muretes se colocó 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.

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



Figura 28. Elaboración de Muretes

➤ **Instrumentación y montaje.**

- ✓ Los muretes se transportaron manualmente y con cuidado hasta la maquina universal con péndulo.
- ✓ Luego se colocó el murete con los ángulos de acero en los extremos, debidamente plomado con el péndulo de la maquina universal.
- ✓ Se empezó 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 registró las deformaciones verticales.



Figura 29. Máquina universal para ensayo de muretes

➤ **Calculo de la resistencia al corte**

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

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

Donde:

V_m : Resistencia al corte (kg/cm²)

$P_{máx.}$: Máxima Fuerza que resiste en murete (kg)

A_d : Área diagonal (diagonal del murete x espesor) (cm²)

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/cm²).

$V'm$: Resistencia característica al corte (kg/cm²).

S : Desviación estándar.

E. Diseño analítico del mortero

El diseño del mortero se realizó analíticamente, con los datos obtenidos de la granulometría del agregado fino de la cantera el Gavilán, cemento portland tipo I y agua.

De acuerdo a la Norma E-070, se diseñó 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 realizaron ensayos a compresión para determinar su resistencia característica a la compresión.



Figura 30. Ensayo a compresión del mortero.

a) Ensayo a corte de mortero (tripletes)

Se usaron tripletes de albañilería se aplicó la carga en la parte superior del triplete, hasta la falla, anotando la carga última.

La resistencia al corte se calculó mediante la fórmula:

$$R_c = \frac{\text{Carga Máx}}{\text{Area de corte}}$$



Figura 31. Especímenes para el ensayo al corte de mortero

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

IV.1 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA UTILIZADAS

Los ladrillos fabricados artesanalmente en el Centro Poblado Santa Bárbara distrito de los Baños del Inca distrito de Cajamarca, no cumplen con las características indicadas al momento de adquirirlos en cuanto a dimensiones y resistencia. A continuación se presenta un cuadro con las características dadas por el fabricante, y posteriormente se presentan los resultados de las características en estudio.

Tabla 8. Especificaciones técnicas dadas por el fabricante, para el ladrillo artesanal del C.P. Santa Bárbara- Baños del Inca.

C9 características	Ladrillo Artesanal C.P. Santa Bárbara
Tipo	King Kong Sólido
Dimensiones (cm.)	20x12x8
Peso promedio (Kg.)	3.350
Resistencia característica a la compresión (f_b)	80 kg/cm ²

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 9. Resultados variación dimensional (V%), ladrillos del C.P. Santa Bárbara – Baños del Inca.

Característica	Largo	Ancho	Alto
Dimensiones de fabricante	220 mm	130 mm	80mm
Dimensiones promedio	221.1mm	126.79 mm	77.2 mm
Desviación estándar (σ)	2.52	1.77	1.15
Variación dimensional (%)	-0.515 %	2.4701 %	3.47 %
Coefficiente de variación (%)	1.15 %	1.36 %	1.43 %

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.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

- (1) Bloque usado en la construcción de muros portantes
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Según este parámetro

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

- A lo largo de ± 1.1 mm
- A lo ancho de ± 3.21 mm
- A lo alto de ± 2.8 mm

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

✓ 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 10. Resultados alabeo, ladrillo del C.P. Santa Bárbara- Baños del Inca

Alabeo	Cóncavo :	0.38 mm
	Convexo :	1.27 mm

Considerando el mayor de los datos, **Alabeo = 1.27 mm**

Según la normas **NTP y E – 070** consideramos dentro de la clasificación un ladrillo **TIPO V**.

B. Propiedades mecánicas

✓ Compresión simple

De este indicador depende el tipo de albañilería, es decir, al grupo de clasificación según la Norma Técnica E-070; el procedimiento y cálculo se

realizó según la **Norma Técnica 331.613** y los resultados son mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 11. Resultados compresión simple, ladrillo del C.P. Santa Bárbara– Baños del Inca

Característica	Mpa	Kg/cm ²
Resistencia a la compresión promedio (<i>f_b</i>):	7.55 Mpa	77.02 kg/cm ²
Desviación estándar (σ) :	1.06 Mpa	10.85 kg/cm ²
Resistencia a la compresión (<i>f'_b</i>) :	6.49 Mpa	66.17 kg/cm²
Coefficiente de variación (Cv) :	14.09%	14.09%

En concordancia con la norma técnica E-070 y/o normas predecesoras, los ladrillos producidas en el C.P. de Santa Bárbara– Baños del Inca alcanzan una resistencia a la compresión simple de 6.56 Mpa (66.86 kg/cm²), están clasificando como ladrillos **Tipo II**, que admite un mínimo de 6.9 Mpa (70.00 kg/cm²).

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**

La norma técnica E-070, menciona que si la succión de los ladrillos es superior a 20 g/200cm² - min, estos deberán ser regados por media hora el día anterior entre 10 a 15 horas antes del asentado.

Tabla 12. Resultados succión, ladrillo del C.P. Santa Bárbara – Baños del Inca

CARACTERÍSTICA	g/200cm² - min
Succión Promedio :	98.44 g/200cm ² - min
Desviación Estándar (Σ) :	12.17g/200cm ² - min
Succión :	86.26 g/200cm ² - min
Coefficiente De Variación (Cv) :	12.37%

En concordancia con la Norma Técnica E-070, al haber obtenido un valor de succión superior a 20 g/200cm² - min (98.4 g/200cm² – min) estos deberán ser regados un mínimo de media entre 10 a 15 horas antes del asentado, según las condiciones climatológicas de obra.

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 13. Resultados absorción, ladrillo del C.P. de Santa Barbara – Baños del Inca

Característica	%
Absorción :	18.88%
Desviación estándar (σ) :	1.57%
Coefficiente de variación (Cv) :	8.30%

Según la **Norma Técnica E-070** y normas predecesoras, la absorción de las unidades de arcilla debe ser menor a 22%, obteniendo para los ladrillos producidos en el C.P de Santa Bárbara un 18.88%, lo cual es un resultado aceptable e influirá en las condiciones de curado de la albañilería.

IV.4 NATURALEZA DE LA ALBAÑILERIA Y CRITERIOS DE FALLA

Estos ensayos se realizan según la Norma Técnica 339.613

A. Ensayo en pilas

✓ Compresión axial

Tabla 14. Resultados compresión axial en pilas, ladrillo del C.P. de Santa Bárbara– Baños del Inca - Mortero realizado con agregado fino de cerro.

Espécimen	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
Prisma-01 :	34.19 kg/cm ²
Prisma-02 :	32.62 kg/cm ²
Prisma-03 :	32.58 kg/cm ²
Promedio (<i>fm</i>) :	33.13 kg/cm ²
Desviación estándar (σ) :	0.92 kg/cm ²
Resistencia a la compresión (<i>f'm</i>) :	32.21 kg/cm²
Coeficiente de variación (Cv) :	2.77%

Tabla 15. Resultados compresión axial en pilas, ladrillo del C.P. de Santa Bárbara– Baños del Inca - Mortero realizado con de agregado fino de rio

Espécimen	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
Prisma-01 :	39.61 kg/cm ²
Prisma-02 :	41.34 kg/cm ²
Prisma-03 :	41.180 kg/cm ²
Promedio (<i>fm</i>) :	40.71 kg/cm ²
Desviación estándar (σ) :	0.96 kg/cm ²
Resistencia a la compresión (<i>f'm</i>) :	39.75 kg/cm²
Coeficiente de variación (Cv) :	2.35%

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/cm²), con lo que afirmamos que para las pilas cuya junta se realizó con agregado de cerro la resistencia es menor a la especificada (32.21 kg/cm²), mientras que la que se realizó con agregado de río, si alcanzo la resistencia que indica la norma (39.75 kg/cm²).

✓ **Calculo del módulo de elasticidad**

Tabla 16. *Resultados módulo de elasticidad en pilas, ladrillo del C.P. de Santa Bárbara– Baños del Inca- Mortero realizado con Agregado de cerro.*

Espécimen	Módulo de elasticidad Em (Tn/m²)
Prisma- 01:	2.19625E+04 Tn/m ²
Prisma- 02 :	1.95502E+04 Tn/m ²
Prisma- 03 :	2.20843E+04 Tn/m ²
Promedio (Em) :	2.1199E+04 Tn/m²
Desviación estándar (σ) :	1.4292E+03 Tn/m ²
Coeficiente de variación (Cv) :	6.742%

Tabla 17. *Resultados módulo de elasticidad en pilas, ladrillo del C.P. de Santa Bárbara – Baños del Inca. Mortero realizado con Agregado de río*

Espécimen	Módulo de elasticidad Em (Tn/m²)
Prisma-01 :	2.22914E+04 Tn/m ²
Prisma-02 :	2.21493E+04 Tn/m ²
Prisma-03 :	2.21493E+04 Tn/m ²
Promedio (Em) :	2.2324E+04 Tn/m ²
Desviación estándar (σ) :	1.9326E+03 Tn/m ²
Coeficiente de variación (Cv) :	0.866%

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 cuyo mortero se realizó con agregado de cerro el módulo de elasticidad es de 207.77 MPa y este valores excede al valor obtenido del ensayo de compresión axial de pilas, que es de 157.84 MPa.

De igual manera para las pilas con mortero realizado con agregado de rio el módulo de elasticidad es de 218.80 MPa y este valor está cercano al valor obtenido de las mediciones de deformaciones en el ensayo de compresión axial que es de 194.79 MPa.

Comentario:

Al obtener resultados de módulo de elasticidad observamos que los valores no se encuentran muy distantes del módulo de elasticidad teórico, 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 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

✓ 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/cm², 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 18. *Resultados compresión diagonal en muros, ladrillo del C.P. de Santa Bárbara– Baños del Inca –Mortero con agregado fino de cerro.*

Espécimen	Resistencia al corte (kg/cm²)
M-AC-01 :	3.7187 kg/cm ²
M-AC-02 :	4.3538 kg/cm ²
M-AC-03 :	3.4296 kg/cm ²
M-AC-04 :	4.2871 kg/cm ²
M-AC-05 :	3.6355 kg/cm ²
Promedio (<i>V_m</i>) :	3.88 kg/cm ²
Desviación estándar (σ) :	0.41 kg/cm ²
Resistencia al corte (<i>V_m</i>) :	3.47 kg/cm²
Coefficiente de variación (Cv) :	10.60 %

Tabla 19. *Resultados compresión diagonal en muros, ladrillo del C.P. de Santa Bárbara– Baños del Inca –Mortero con arena de río*

Espécimen	Resistencia al corte (kg/cm²)
M-AC-01 :	4.5436 kg/cm ²
M-AC-02 :	4.0558 kg/cm ²
M-AC-03 :	4.8849 kg/cm ²
M-AC-04 :	4.4730 kg/cm ²
M-AC-05 :	4.7352 kg/cm ²

Promedio (V_m) :	4.54 kg/cm ²
Desviación estándar (σ) :	0.31 kg/cm ²
Resistencia al corte ($V'm$) :	4.22 kg/cm²
Coefficiente de variación (C_v) :	6.93 %

Comentario:

Las Tablas 19 y 20; muestran resultados de resistencia al corte mediante compresión diagonal de muretes; 3.47 kg/cm² para muretes elaborados con arena de cerro y 4.22 kg/cm² para muretes con mortero elaborados con arena de rio, según la norma la resistencia al corte debe ser 5.10 kg/cm², observamos que las resistencias de los muretes ensayadas son menores que la especificada, esto se debe a muchos factores, uno de los principales es el proceso de fabricación y construcción de muros, en esta actividad se puede tener en cuenta las características del mortero, el agregado con el que este se realiza, en este caso hemos utilizado dos tipos de agregado: de cerro y de rio, lo cual también cuenta 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.

Para el presente estudio se ha podido comprobar que los muros realizados con mortero a base de arena de cerro son menos resistentes que los realizados con arena de rio, a pesar de que ambos se realizaron con las

mismas condiciones: misma mano de obra, mismas dosificaciones, y el mismo tiempo de curado.

Además del ensayo para muretes, la investigación también quiso dar un alcance de la resistencia de muros confinados, de los cuales solo se mostraran resultados, ya que no existe una norma establecida para poder comparar sus resultados.

Tabla 20. *Resultados compresión diagonal en muros confinados, ladrillo del C.P. de Santa Bárbara– Baños del Inca –Mortero con arena de rio*

Espécimen	Resistencia al corte (kg/cm ²)
Muro confinado:	7.0708 kg/cm ²
Muro confinado lateralmente :	5.3484 kg/cm ²

Ambos especímenes se realizaron con agregado de rio y se ha observado una resistencia considerable, y podemos decir que los ladrillos del centro poblado Santa Bárbara, a pesar de ser artesanales pueden ser usados en la construcción.

C. Mortero

✓ Ensayo a compresión axial de las probetas de 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/cm² 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/cm² 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 21. *Proporciones para la elaboración del mortero con agregado fino de cerro. Cantera “El Gavilán”*

	Cemento	Arena	Agua
PROPORCION EN PESO SECO :	1.00	5.59	52.95 lts/bolsa
Proporción en peso húmedo :	1.00	5.70	53.87 lts/bolsa
Proporción en volumen :	1	5	1.246

Tabla 22. *Proporciones para la elaboración del mortero con arena fina del Rio Chonta.*

	Cemento	Arena	Agua
PROPORCION EN PESO SECO :	1.00	5.16	54.38 lts/bolsa
Proporción en peso húmedo :	1.00	5.20	56.42 lts/bolsa
Proporción en volumen :	1	5	1.280

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 80.31 kg/cm² (7.88 Mpa) para el mortero de Agregado grueso de cerro y 87.61 Kg/cm² (8.59 Mpa) para el mortero hecho con Arena fina de rio, tal como lo muestra las Tablas 23 y 24.

Tabla 23. Resistencia característica en probetas de mortero con Agregado fino de cerro.

Característica	kg/Cm2	Mpa
Promedio (f_m) :	97.22 Kg/Cm2	9.53 Mpa
Desviación estándar (σ) :	16.91 Kg/Cm2	1.66 Mpa
Resistencia a la compresión ($f'm$) :	80.31 Kg/Cm2	7.88 Mpa
Coefficiente de variación (Cv) :	17.40%	17.40%

Tabla 24. Resistencia característica en probetas de mortero con Arena fina de Rio.

Característica	kg/Cm2	Mpa
Promedio (f_m) :	101.96 Kg/Cm2	10.00 Mpa
Desviación estándar (σ) :	14.35 Kg/Cm2	1.41 Mpa
Resistencia a la compresión ($f'm$) :	87.61 Kg/Cm2	8.59 Mpa
Coefficiente de variación (Cv) :	14.08%	14.08%

- ✓ En ambos casos 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.

✓ **Ensayo a corte de mortero (tripletes)**

Los ensayos de los tripletes se realizaron en la máquina de compresión, cuyos resultados se expresan en la siguiente tabla

Tabla 25. *Ensayo de tripletes. Mortero elaborado con agregado fino de cerro.*

Espécimen	Alto (cm)	Ancho (cm)	Espesor de junta (mm)	Carga aplicada (Kg)	Resistencia al corte (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
T-SB-AC-01	7.78	12.53	12	500	5.12907839	
T-SB-AC-02	7.65	12.87	12.3	450	4.57059281	5.206
T-SB-AC-03	7.67	12.78	12.4	580	5.91700281	

Tabla 26. *Ensayo de tripletes. Mortero elaborado con agregado fino de río.*

Espécimen	Alto (cm)	Ancho (cm)	Espesor de junta (mm)	Carga aplicada (Kg)	Resistencia al corte (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
T-SB-AR-01	7.81	12.74	12.1	500	5.02515593	
T-SB-AR-02	7.55	12.81	12.15	450	4.65282194	5.233
T-SB-AR-03	7.61	12.66	12.3	580	6.02018214	

En ambos ensayos los tripletes fallaron en el mortero y también en los apoyos

IV.5 CONTRASTE DE HIPÓTESIS.

La hipótesis planteada conceptualmente contemplaba que las características mecánicas de las unidades de albañilería producida artesanalmente en el C.P.M Santa Bárbara, 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 el

C.P.M Santa Bárbara del distrito de los Baños del Inca, se clasifican como ladrillos **Tipo II** según la resistencia a la compresión axial de las unidades y según su alabeo y variación dimensional clasifican como **tipo V y IV** respectivamente.

En el estudio realizado por *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.*, también menciona que los ladrillos del C.P.M Santa Bárbara clasifican como **ladrillos tipo II**, esto se afirma por los ensayos que se realizaron a 6 hornos de dicha zona, de los cuales se concluyó que el tipo de arcilla de la zona influye considerablemente en las características mecánicas, así como también la temperatura de cocción, las cuales limitan la resistencia a compresión de estos ladrillos a menos de 80 Kg/cm².

Tenemos otras zonas de Cajamarca en las que también se elaboran ladrillos artesanales, como en el C.P.M El Cerrillo, (*Bernal, 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 la cual los ladrillos fabricados pertenecen a la clasificación Tipo II, con una resistencia a compresión similar a la de las unidades de albañilería de C.P.M Santa Bárbara.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES 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 Santa Bárbara se obtuvo en los ensayos clasificatorios: a) Variación dimensional a lo **largo = -0.515%**, a lo **ancho = 2.47%**, a lo **alto = 3.47%**; b) Alabeo en el sentido **cóncavo = 0.38 mm**, en el sentido **convexo = 1.27 mm**; c) Compresión simple **$f'b=6.49$ Mpa (66.17 kg/cm²)**. Y en los ensayos no clasificatorios: a) Succión = **86.26g/200cm²-min**; b) Absorción = **18.88%**.
2. La resistencia característica a la compresión en pilas es mayor en pilas realizadas con mortero elaborado con arena de río (**$f'm=39.75$ kg/cm²**) que las que se realizaron con arena de cerro (**$f'm=32.21$ kg/cm²**), del mismo modo el módulo de elasticidad en pilas elaboradas con arena de río fue de **$Em=2.23 \times 10^4$ Tn/m²** mayor al módulo de las pilas elaboradas con material de cerro **$Em=2.12 \times 10^4$ Tn/m²**, ambos resultados superiores a sus módulos de elasticidad teóricos que son de **1.6x10⁴ Tn/m²** y **1.99 x10⁴ Tn/m²** respectivamente. La resistencia al corte de los muretes (**$V'm$**), construidos con mortero hecho a base de agregado fino de cerro es (**$V'm = 3.47$ kg/cm²**) cuyo valor es menor a la resistencia al corte de los muros construidos con mortero a base de arena de río (**$V'm = 4.22$ kg/cm²**).
3. Los muretes construidos con ambos tipos de mortero 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.

4. El diseño del mortero para el asentado de ladrillos de muretes y pilas se realizó en la proporción en pesos secos de **1:5: 53.87** para mortero de agregado fino de cerro y **1:5:56.42 lts/bolsa** para mortero realizado con agregado fino de río, alcanzando una resistencia promedio de **$f'c=80.31 \text{ kg/cm}^2$** y **$87.61 \text{ kg/cm}^2$** para mortero elaborado con agregado fino de cerro y río respectivamente.
5. En cuanto a los muretes confinados ambos se realizaron con mortero a base de agregado fino de cerro, la resistencia a la compresión diagonal fue de **7.071 kg/cm^2** y **5.348 kg/cm^2** para el murete confinado en sus cuatro lados y el lateral respectivamente. El murete que tenía los 4 lados de confinamiento falló en el mortero y en los nudos, sin embargo el murete no se rompió en su totalidad, en cambio el que tenía solo dos lados confinados falló de manera violenta, ya que el mortero y las unidades se separaron de las partes que simulaban las viguetas.

V.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que las juntas en la construcción de las pilas se realicen con el mismo espesor, para tener un mejor comportamiento.
2. Del mismo modo la construcción de muretes debe realizarse con el mínimo espesor de junta normado.
3. Para la realización del ensayo de corte en muretes, se debe nivelar adecuadamente los ángulos sobre los cuales se aplicará la carga, para lograr la falla típica.
4. Incentivar al empleo de arena de río, ya que como se ha observado en la investigación, el mortero hecho con este material, alcanzó resistencias más altas y así mismo los prismas en los cuales se utilizó este mortero también presentaron una mayor resistencia y mejor módulo de elasticidad.
5. Se recomienda continuar con investigaciones similares, usando ladrillos artesanales de otras comunidades.

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. Aguirre Gaspar, D. Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín. Lima, PUCP
3. 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
4. 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.
5. 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>.
6. Coursehero.com. (2018). Tipos de hornos a EL HORMIGUERO artesanal El horno no existe sino que es. [online] Available at:

<https://www.coursehero.com/file/p58gd1q/Tipos-de-hornos-a-EL-HORMIGUERO-artesanal-El-horno-no-existe-sino-que-es/> [Accessed 15 May 2018].

7. 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.
8. Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. Albañilería Estructural. Tercera Ed. Lima, Perú. Fondo Edit. PUCP. 444 p. (Serie Ingeniería Civil).
9. Hendry, A.W., Sinha, B.P. and Davies, S.R, 1997. Design of Masonry Structures. 3rd Edition, E & FN Spon, London.
10. Jiménez López, L. (2002). Técnicas De La Construcción Con Ladrillo. Barcelona, p.18.
11. Moreno, G. 1981. El ladrillo en la construcción. España
12. Mosqueira, J. y Díaz, M. 1984. Ensayos de albañilería utilizando ladrillos de arcilla cocida. Tesis Ing. Civil. Cajamarca, UNC. 194 p.4
13. NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.070 – ALBAÑILERÍA, Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima 2006.
14. NORMA TÉCNICA PERUANA 331.017. Ladrillos usados en albañilería, 2003, Lima
15. Pastorutti, A. y San Bartolomé, A. 1985. Ensayo de carga lateral en muros de albañilería confinados – efectos del refuerzo. Lima, PUCP.

16. San Bartolomé, A. 1980. Comportamiento de elementos de albañilería en ensayos de compresión diagonal y corte directo. Lima, PUCP.
17. San Bartolomé, A. 1994. Construcciones de Albañilería. Comportamiento sísmico y diseño estructural. Primera Ed. Lima, Perú. Fondo Edit. PUCP. 246p. (Serie Ingeniería Civil).
18. 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.
19. San Bartolomé, A; Angles, P. 2008. Comparación del comportamiento sísmico de muros confinados construidos con ladrillos de concreto y de arcilla. Lima, PUCP.
20. Sánchez. E. 1982. Estudio de la variabilidad en la calidad de los ladrillos producidos en la ciudad de Lima. PUCP.
21. Schneider, R., Dickey, L. 1880. Reinforced Masonry Design (Prentice-Hall civil engineering and engineering mechanics series), Mishawaka, IN, U.S.A
22. Quiun, D; San Bartolomé, A; Mendoza, G. 2005. Corrección por esbeltez en pilas de albañilería ensayadas a compresión axial. Lima, PUCP.

ANEXOS

ANEXO 1.0. ENSAYOS CLASIFICATORIOS

A. Propiedades físicas

- Variación dimensional

Tabla 27. Ensayo de variación dimensional del ladrillo del C. P. de Santa Barbara – Baños del Inca.

E1. Ensayo de variación dimensional del ladrillo del C. P. de Santa Bárbara-Baños del Inca																				
Especímen	Largo(mm)				Ancho(mm)				Alto(mm)											
	L1	L2	L3	Lp	A1	A2	A3	Ap	H1	H2	H3	Hp								
VD-01	218	217.5	218	217.83	124	123.5	124	123.8	76	81	76.5	77.8								
VD-02	216.5	219.5	218	218	125	125	125	125.0	77	77	75.5	76.5								
VD-03	216	218	219	217.67	124	126	125	125.0	75	78	77	76.7								
VD-04	220	221	220	220.33	123	127	126	125.3	76	80	80	78.7								
VD-05	222	221.5	223	222.17	127	130	129	128.7	77	78	77	77.3								
VD-06	223	223	222	222.67	125	130	128.5	127.8	78	76	75	76.3								
VD-07	210	220	221	217	127	130	130	129.0	77	76	76	76.3								
VD-08	223	223	223	223	128.5	129	129	128.8	75	79	76	76.7								
VD-09	223	223	220	222	128	129	128	128.3	77	77	75	76.3								
VD-10	223	223	222	222.67	127	129	126	127.3	78.5	76	75	76.5								
VD-11	223	223	223	223	127.5	128.5	127	127.7	78	78	76	77.3								
VD-12	223	224	224	223.67	127	129	128	128.0	81	80	80	80.3								
VD-13	220	220	219	219.67	126	127	127	126.7	76.5	76	80	77.5								
VD-14	219	220	228	222.33	124	124	124	124.0	77	80	77	78.0								
VD-15	224	225	226	225	128	125	126	126.3	74	77	77	76.0								
Dimensiones de fabricante	220.00				Dimensiones de fabricante				130.00				Dimensiones de fabricante				80.00			
Dimensiones promedio	221.13				Dimensiones promedio				126.79				Dimensiones promedio				77.22			
Desviación estándar (σ)	2.52				Desviación estándar (σ)				1.77				Desviación estándar (σ)				1.15			
Variación dimensional (%)	-0.52				Variación dimensional (%)				2.47				Variación dimensional (%)				3.47			
Coficiente de variación (%)	1.15				Coficiente de variación (%)				1.36				Coficiente de variación (%)				1.43			

- Alabeo

Tabla 28. *Ensayo de alabeo del ladrillo del C. P. de Santa Barbara – Baños del Inca.*

2. Ensayo de alabeo del ladrillo del C. P. de Santa Bárbara – Baños del Inca.				
Especimen	CARA A		CARA B	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
	(mm)		(mm)	
ASB-01	1	0	0	1
ASB-02	0	2	1	0
ASB-03	0	2	0	1
ASB-04	0	2	0	2
ASB-05	0	1	1	0
ASB-06	0	2	0	1
ASB-07	1	0	0	2
ASB-08	0	2	0	1
ASB-09	3	0	0	1
ASB-10	2	0	0	2
ASB-11	1	0	0	1
ASB-12	0	3	1	0
ASB-13	0	3	0	3
ASB-14	0	2	0	2
ASB-15	0	2	1	0

Alabeo	Cóncavo	0.3793103
	Convexo	1.2666667

B. Propiedades mecánicas

- Compresión simple

Tabla 29. *Ensayo de compresión simple del ladrillo del C. P. de Santa Barbara – Baños del Inca.*

3. Ensayo de compresión simple del ladrillo del C. P. de Santa Bárbara– Baños del Inca.							
Especimen	Largo(mm)	Ancho(mm)	Alto(mm)	Carga Máxima (Tn)	Área	fb	fb
	L	A	H		(m2)	Kg/Cm2	Mpa
CSB-01	217.83	123.83	77.83	20.3	0.026975	75.25	7.38
CSB-02	218.00	125.00	76.50	22.9	0.02725	84.04	8.24

CSB-03	259.72	125.00	76.67	19.1	0.032465	58.83	5.77
CSB-04	231.25	125.33	78.67	20.3	0.028983	70.04	6.87
CSB-05	191.07	128.67	77.33	25.2	0.024584	102.50	10.05
CSB-06	230.65	127.83	76.33	23.4	0.029485	79.36	7.78
CSB-07	198.55	129.00	76.33	21.8	0.025613	85.11	8.35
CSB-08	223.00	128.83	76.67	23.6	0.02873	82.14	8.06
CSB-09	222.00	128.33	76.33	18.7	0.028489	65.64	6.44
CSB-10	222.67	127.33	76.50	17.7	0.028353	62.43	6.12
CSB-11	223.00	127.67	77.33	24.3	0.02847	85.35	8.37
CSB-12	223.67	128.00	80.33	18.9	0.028629	66.02	6.47
CSB-13	219.67	126.67	77.50	18.7	0.027824	67.21	6.59
CSB-14	222.33	124.00	78.00	22.8	0.027569	82.70	8.11
CSB-15	225.00	126.33	76.00	21.7	0.028425	76.34	7.49
Resistencia a compresión promedio						76.20	7.47
Desviación estándar						11.43	1.12
Resistencia a compresión						64.76	6.35
Coficiente de variación						15.01	15.01

ANEXO 2.0. ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS

A. Propiedades físicas

- Succión

Tabla 30. *Ensayo de succión del ladrillo del C. P. de Santa Barbara – Baños del Inca.*

4. Ensayo de succión del ladrillo del C. P. de Santa Bárbara – Baños del Inca.							
Especimen	Peso Ambi.	Peso Seco	Peso Suc.	A	L	Área	S
	(gr)	(gr)	(gr)	(mm)	(mm)	(Cm2)	(gr/min)
SSB-01	3539	3532	3667	125.8	219.3	275.994444	97.828
SSB-02	3461	3450	3605	130.0	220.3	286.39	108.244
SSB-03	3295	3291	3448	132.0	260.9	344.388	91.176
SSB-04	3345	3333	3441	127.8	232.8	297.532083	72.597
SSB-05	3535	3529	3673	132.7	193.4	256.537533	112.264
SSB-06	3561	3552	3686	129.8	232.2	301.408083	88.916
SSB-07	3335	3328	3473	131.0	200.9	263.1135	110.219
SSB-08	3451	3440	3575	131.3	224.2	294.423067	91.705
SSB-09	3525	3521	3686	129.3	223.5	289.05255	114.166
SSB-10	3189	3174	3301	132.3	225.0	297.705889	85.319
SSB-11	3390	3384	3522	129.7	224.5	291.101667	94.812

SSB-12	3278	3269	3413	130.5	226.0	294.8865	97.665
SSB-13	3442	3435	3599	127.7	220.8	281.947578	116.334
SSB-14	3287	3276	3421	127.0	223.8	284.268333	102.016
SSB-15	3350	3346	3481	127.3	227.3	289.428667	93.287
Succión Promedio							98.437
Desviación Estándar							12.177
Coficiente de variación							12.370
Succión							86.260

B. Propiedades mecánicas

- Absorción

Tabla 31. *Ensayo de absorción del ladrillo del C. P. de Santa Bárbara- Baños del Inca.*

5. Ensayo de absorción del ladrillo del C. P. de Santa Bárbara – Baños del Inca.			
Espécimen	Peso Seco	Peso Sat.	Absorción
	(gr)	(gr)	
AbSB-01	3540	4115	16.24%
AbSB-02	3455	4065	17.66%
AbSB-03	3195	3870	21.13%
AbSB-04	3335	3955	18.59%
AbSBB-05	3520	4155	18.04%
AbSB-06	3560	4195	17.84%
AbSB-07	3244	3879	19.57%
AbSB-08	3536	4171	17.96%
AbSB-09	3542	4177	17.93%
AbSB-10	3224	3859	19.70%
AbSB-11	3440	4075	18.46%
AbSB-12	3278	3913	19.37%
AbSB-13	3360	3995	18.90%
AbSB-14	3356	3991	18.92%
AbSBB-15	2780	3415	22.84%
Absorción			18.88%
Desviación Estándar			1.57%
Coficiente de variación			8.30%

ANEXO 3.0. DISEÑO ANALITICO DEL MORTERO

A. Propiedades del agregado utilizado para asentar las pilas y muros.

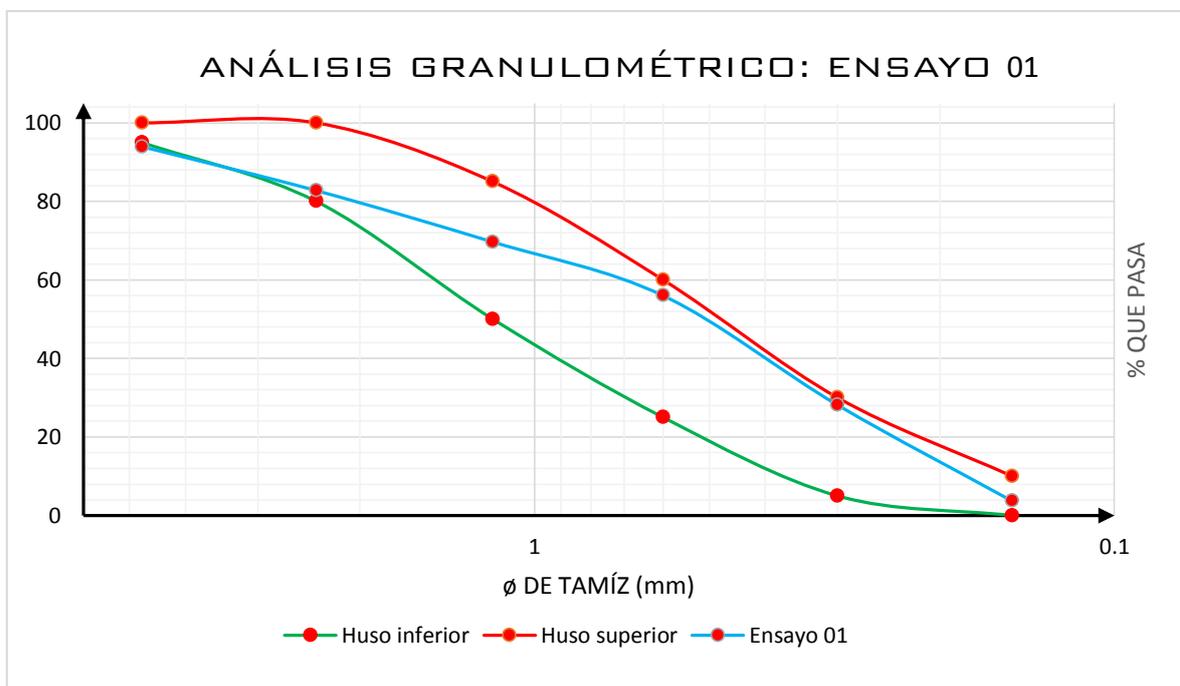
AGREGADO FINO DE LA CANTERA “EL GAVILAN”

- Análisis granulométrico cantera “El Gavilán”

Tabla 32. Análisis granulométrico del agregado fino (arena gruesa), de la cantera “El Gavilán”

Ensayo 1.					
Peso de muestra:		780.00	Gramos		
Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
4	4.75 mm	47.40	6.08	6.08	93.92
8	2.38 mm	87.10	11.17	17.24	82.76
16	1.18 mm	102.20	13.10	30.35	69.65
30	0.60 mm	106.60	13.67	44.01	55.99
50	0.30 mm	217.40	27.87	71.88	28.12
100	0.15 mm	190.70	24.45	96.33	3.67
200	0.07 mm	24.00	3.08	99.41	0.59
Cazoleta		4.60	0.59	100.00	0.00
Peso de muestra:				780.00	gramos
Módulo de finura:				2.66	

Grafico 1. Parámetros granulométricos, *Ensayo N° 01*

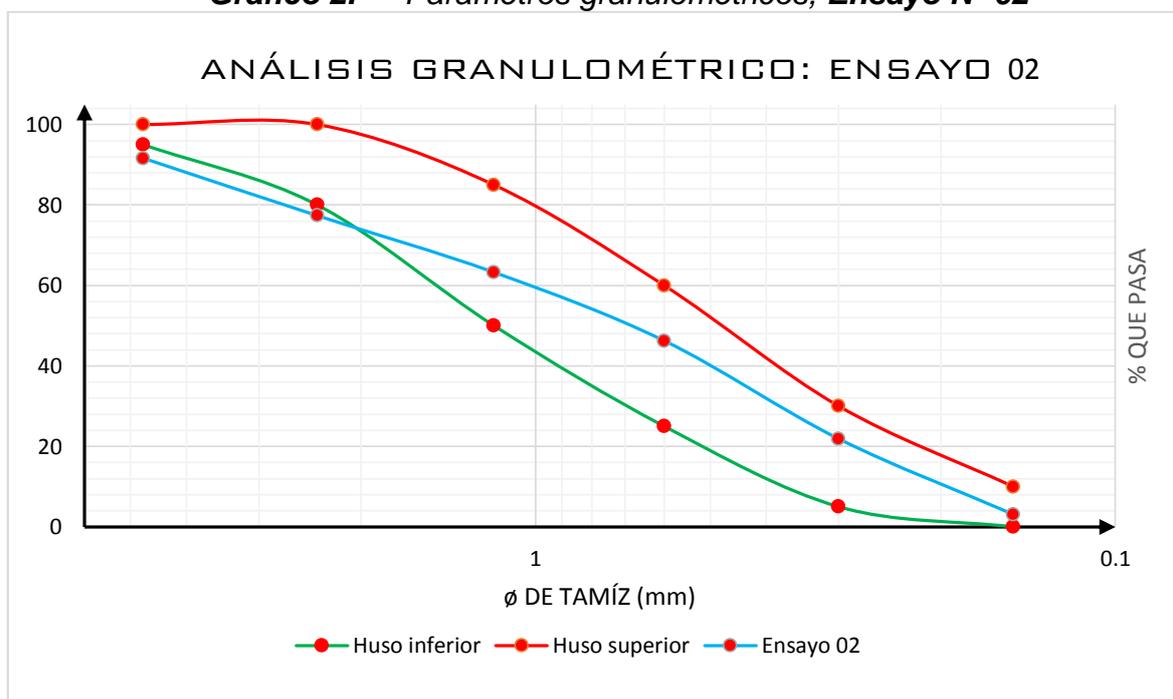


Se observa en el Gráfico 01. (%Que pasa Vs ϕ Tamiz) que el agregado de la cantera el “Gavilán” si se ajusta a los parámetros granulométricos que otorga la norma técnica E-070 Ítem 6.2 apartado b), en el ensayo N°01.

Tabla 33. Análisis granulométrico del agregado fino (arena gruesa), de la cantera “El Gavilán”:

Ensayo 2.					
Peso de muestra:		2000.00	Gramos		
Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
4	4.75 mm	167.40	8.37	8.37	91.63
8	2.38 mm	285.50	14.28	22.65	77.36
16	1.18 mm	281.70	14.09	36.73	63.27
30	0.60 mm	340.30	17.02	53.75	46.26
50	0.30 mm	487.70	24.39	78.13	21.87
100	0.15 mm	375.40	18.77	96.90	3.10
200	0.07 mm	51.00	2.55	99.45	0.55
Cazoleta		11.00	0.55	100.00	0.00
Peso de muestra:				2000.00	gramos
Módulo de finura:				2.97	

Gráfico 2. Parámetros granulométricos, Ensayo N° 02

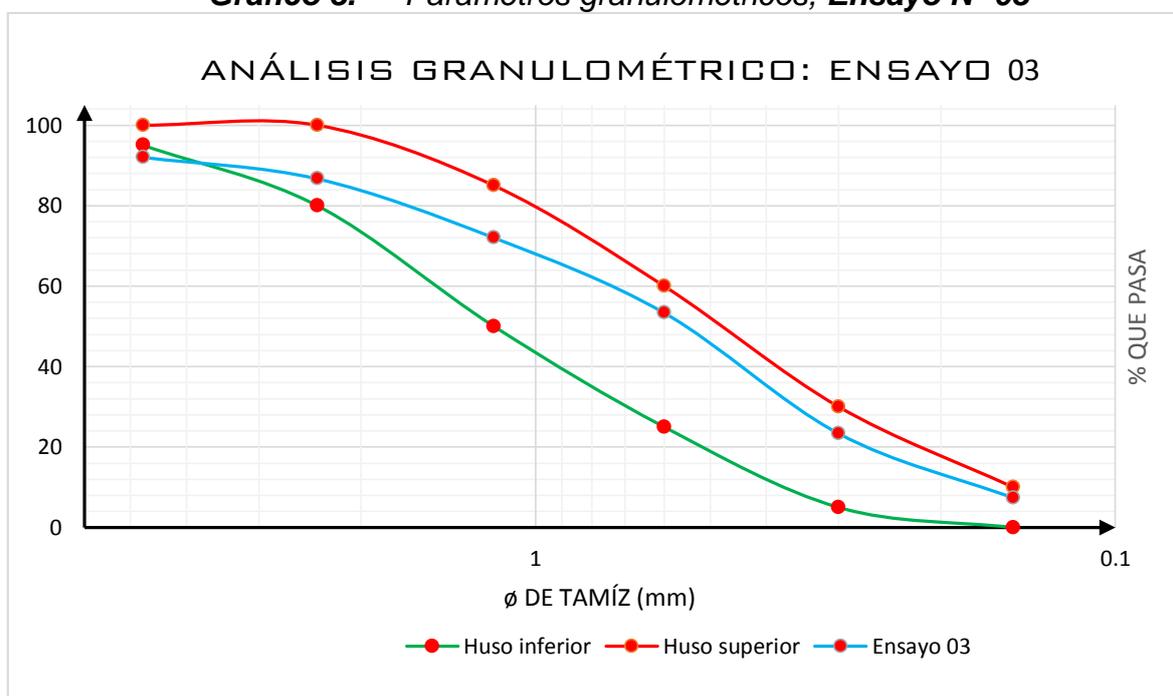


Se observa en el Gráfico 02. (%Que pasa Vs ϕ Tamiz) que el agregado de la cantera el “Gavilán” si se ajusta a los parámetros granulométricos que otorga la norma técnica E-070 Ítem 6.2 apartado b), en el ensayo N°02.

Tabla 34. Análisis granulométrico del agregado fino (arena gruesa), de la cantera “El Gavilán”:

Ensayo 3.					
Peso de muestra:		750.00	Gramos		
Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
4	4.75 mm	60.00	8.00	8.00	92.00
8	2.38 mm	40.00	5.33	13.33	86.67
16	1.18 mm	110.00	14.67	28.00	72.00
30	0.60 mm	140.00	18.67	46.67	53.33
50	0.30 mm	225.00	30.00	76.67	23.33
100	0.15 mm	120.00	16.00	92.67	7.33
200	0.07 mm	50.00	6.67	99.33	0.67
Cazoleta		5.00	0.67	100.00	0.00
Peso de muestra:				750.00	gramos
Módulo de finura:				2.65	

Grafico 3. Parámetros granulométricos, **Ensayo N° 03**



Se observa en el Gráfico 03. (%Que pasa Vs ϕ 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 35. Módulo de finura.

Ensayo 1.	
Módulo de finura:	2.66
Ensayo 2.	
Módulo de finura:	2.97
Ensayo 3.	
Módulo de finura:	2.65
PROMEDIO :	2.76

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

Tabla 36. Peso específico y absorción.

Peso específico y absorción				
Descripción	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03	Promedios
Peso de la fiola :	160.00 gr	160.00 gr	160.00 gr	11.7
Peso de la muestra saturada con superficie seca :	500.00 gr	500.00 gr	500.00 gr	
Pero de la muestra SSS + peso de fiola :	660.00 gr	660.00 gr	660.00 gr	
Pero de la muestra SSS + peso de fiola + peso de agua :	960.00 gr	960.60 gr	960.40 gr	
Volumen de agua añadida (Va) :	300.00 cm ³	300.60 cm ³	300.40 cm ³	
Peso de Arena Seca (Wo) :	488.10 gr	488.15 gr	488.30 gr	
Volumen de fiola (V) :	500.00 cm ³	500.00 cm ³	500.00 cm ³	
Pe_{masa} = Wo/(V-Va)	2.441 gr/cm³	2.448 gr/cm³	2.446 gr/cm³	2.445 gr/cm³
Pe_{sss} = 500/(V-Va)	2.500 gr/cm³	2.508 gr/cm³	2.505 gr/cm³	2.504 gr/cm³
Pe_a = Wo/[(V-Va)-(500-Wo)]	2.595 gr/cm³	2.603 gr/cm³	2.599 gr/cm³	2.599 gr/cm³
Abs = [(500-Wo)*100]/Wo	2.438%	2.428%	2.396%	2.421%

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

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

Tabla 37. Contenido de humedad.

Contenido de humedad			
Descripción	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso de tara:	80.00 gr	75.00 gr	160.00 gr
Peso de muestra humedad + tara:	280.00 gr	275.00 gr	860.00 gr
Peso de muestra seca + tara :	274.00 gr	268.00 gr	849.00 gr
Contenido de humedad :	2.190%	2.612%	1.296%
Promedio	2.032%		

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

Tabla 38. Peso unitario suelto seco.

Peso unitario suelto seco			
Peso del molde (gr) :	3880.00 gr		
Volumen de agua en molde :	6826.02 cm ³		
Peso de agua en molde :	2.96 Kg		
Factor :	337.80		
Descripción	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso del molde (gr) :	3880.00 gr	3880.00 gr	3880.00 gr
Peso de molde + material (gr) :	8840.00 gr	8843.00 gr	8856.00 gr
Peso de material (gr) :	4960.00 gr	4963.00 gr	4976.00 gr
Factor (F) :	337.8011	337.8011	337.8011
Peso unitario suelto seco (Kg/m ³) :	1675.49	1676.51	1680.90
Promedio :	1677.63 kg/m³		

Tabla 39. Peso unitario seco compactado.

Peso unitario compactado seco			
Peso del molde (gr) :	3880.00 gr		
Volumen de agua en molde :	6826.02 cm ³		
Peso de agua en molde :	2.96 Kg		
Factor :	337.80		
Descripción	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso del molde (gr) :	3880.00 gr	3880.00 gr	3880.00 gr
Peso de molde + material (gr) :	9207.00 gr	9196.00 gr	9202.00 gr

Peso de material (gr) :	5327.00 gr	5316.00 gr	5322.00 gr
Factor (F) :	337.8011	337.8011	337.8011
Peso unitario suelto seco (Kg/m ³) :	1799.47	1795.75	1797.78
Promedio :	1797.66 kg/m³		

B. Diseño del mortero

Tabla 40. *Diseño de mortero con Agregado fino de cerro*

<u>PARAMETROS A CONOCER</u>	
<u>Cemento</u>	
Marca y tipo :	Pacasmayo Tipo I
Procedencia :	Pacasmayo Perú
Densidad relativa :	3.12 gr/cm ³
Peso bolsa :	42.50 Kg
<u>Agua</u>	
Agua potable de la red pública	de la ciudad universitaria
Peso específico :	1000.00 gr/cm ³
<u>Agregados</u>	
<u>Agregado fino</u>	
Cantera :	"El Gavilán"
Perfil :	-----
Peso unitario suelto (kg/m ³) :	1677.633 kg/m ³
Peso unitario compactado (kg/m ³) :	1797.665 kg/m ³
Peso específico seco (gr/cm ³) :	2.445 gr/cm ³
Módulo de fineza :	2.759
Tamaño máximo nominal :	-----
Porcentaje de absorción :	2.421%
Contenido de humedad :	2.032%
<u>Características del concreto</u>	
Resistencia a compresión del proyecto (kg/Cm ²) :	140.000 kg/cm ²
Proporción base de la Norma Técnica :	1 : 5 : 1
Asentamiento :	Motero (5" - 8")
<u>Condiciones ambientales y exposición</u>	
Normales	

DISEÑO DE MORTERO

MORTERO TIPO 2	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGUA Aprox.
Dosificación Volumen :	1	5	0.85
Volumen aparente :	1.000 pie ³	5.000 pie ³	0.850 pie ³
Peso de muestra seca :	42.500 Kg	237.526 Kg	36.125 lts/bolsa
Volumen absoluto :	0.0136218 m ³	0.0971480 m ³	0.0361250 m ³
Aire de diseño :	1.000%	0.010000 m ³	
Aire de real :	-----		
SUMATORIA :	0.156895 m³		
Número de bolas por m ³ :	6.37 bolsas/m ³		
Material por m ³ :	270.88 Kg	1513.92 Kg	230.25 lts
Peso de materiales húmedos :	270.88 Kg	1544.69 Kg	236.13 lts
PROPORCION EN PESO SECO :	1.00	5.59	36.13 lts/bolsa
PROPORCION EN PESO HUMEDO :	1.00	5.70	37.05 lts/bolsa
PROPORCION EN VOLUMEN :	1	5	0.85

AJUSTE DE DISEÑO DEL CONCRETO PARA MORTERO

MORTERO TIPO 2	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGUA Aprox.
Dosificación Volumen :	1	5	1.246 pie³
Volumen aparente :	1.000 pie ³	5.000 pie ³	1.246 pie ³
Peso de muestra seca :	42.500 Kg	237.526 Kg	52.947 lts/bolsa
Volumen absoluto :	0.0136218 m ³	0.0971480 m ³	0.0540963 m ³
Aire de diseño :	-----		
Aire de real :	4.800%	0.048000 m ³	
SUMATORIA :	0.212866 m³		
Número de bolas por m ³ :	4.70 bolsas/m ³		
Material por m ³ :	199.66 Kg	1115.85 Kg	248.73 Kg
Peso de materiales húmedos :	199.66 Kg	1138.53 Kg	253.07 lts
PROPORCION EN PESO SECO :	1.00	5.59	52.95 lts/bolsa
PROPORCION EN PESO HUMEDO :	1.00	5.70	53.87 lts/bolsa
PROPORCION EN VOLUMEN :	1	5	1.246

Tabla 41. Ensayo de compresión axial del mortero usado en la construcción de pilas y muretes

Especimen	Peso Ambi.	Carga Máxima (Tn)	Área	fb	fb
	(gr)		(m2)	Kg/Cm2	Mpa
MO-01	289.40	1.62	0.0019635	82.51	8.09
MO-02	293.20	2.24	0.0019635	114.08	11.19
MO-03	293.50	1.40	0.0019635	71.30	6.99
MO-04	291.30	2.15	0.0019635	109.50	10.74
MO-05	303.20	2.15	0.0019635	109.50	10.74
MO-06	291.80	1.46	0.0019635	74.36	7.29
MO-07	297.60	1.75	0.0019635	89.13	8.74
MO-08	292.40	2.30	0.0019635	117.14	11.49
MO-09	297.50	1.90	0.0019635	96.77	9.49
MO-10	293.50	2.12	0.0019635	107.97	10.59
<i>f_m :</i>		97.22	Kg/Cm2	9.53	Mpa
<i>σ :</i>		16.91	Kg/Cm2	1.66	Mpa
<i>f'_m :</i>		80.31	Kg/Cm2	7.88	Mpa
<i>C_v :</i>		17.3972%			

C. Propiedades del agregado utilizado para asentar las pilas y muros.

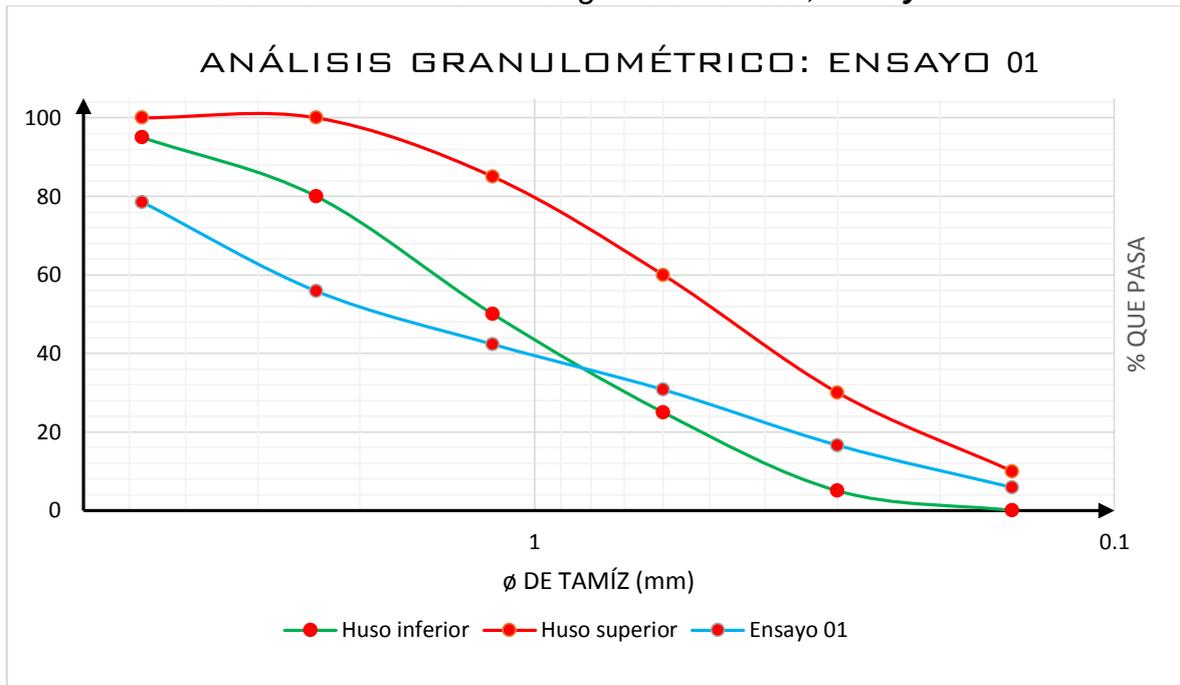
ARENA FINA DEL LA CANTERA DEL “RIO CHONTA”

- Análisis granulométrico cantera del “Rio Chonta”

Tabla 42. Análisis granulométrico del agregado fino, de la cantera “Rio Chonta”

Ensayo 1.					
Peso de muestra:		988.00	Gramos		
Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
4	4.75 mm	212.00	21.46	21.46	78.54
8	2.38 mm	224.00	22.67	44.13	55.87
16	1.18 mm	134.00	13.56	57.69	42.31
30	0.60 mm	114.00	11.54	69.23	30.77
50	0.30 mm	140.00	14.17	83.40	16.60
100	0.15 mm	106.00	10.73	94.13	5.87
200	0.07 mm	34.00	3.44	97.57	2.43
Cazoleta		24.00	2.43	100.00	0.00
Peso de muestra:				988.00	gramos
Módulo de finura:				3.70	

Grafico 4. Parámetros granulométricos, Ensayo N° 01

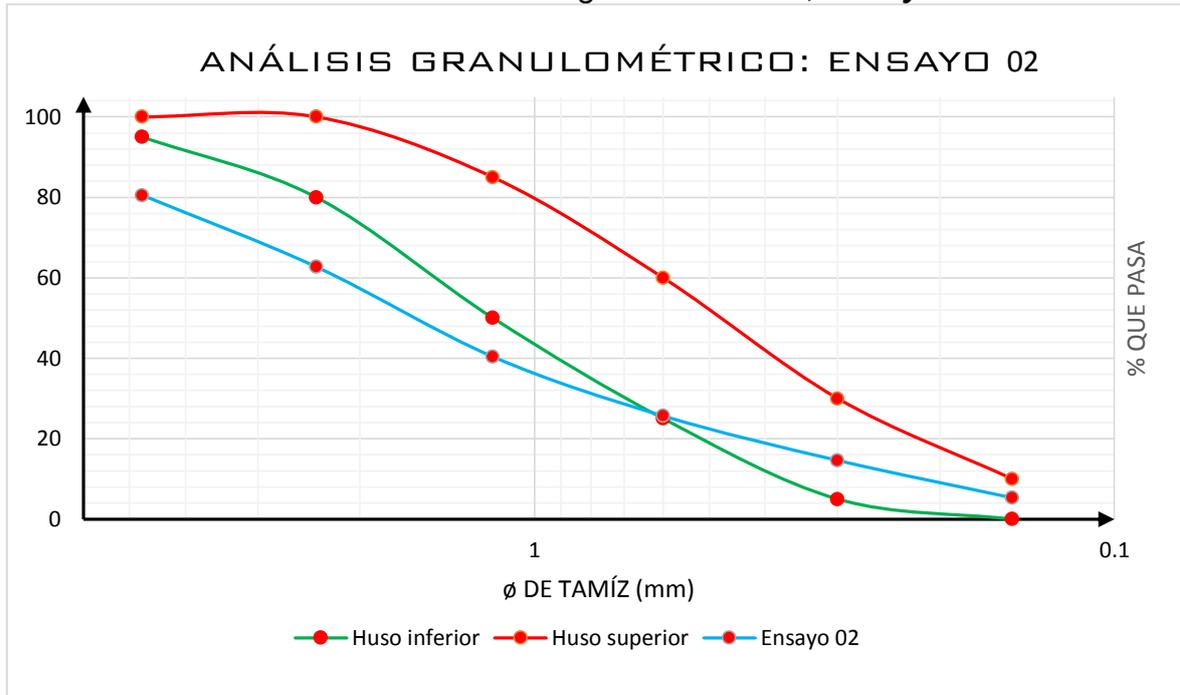


Se observa en el Gráfico 01. (%Que pasa Vs ø Tamiz) que el agregado de la cantera el “Gavilán” si se ajusta a los parámetros granulométricos que otorga la norma técnica E-070 Ítem 6.2 apartado b), en el ensayo N°01.

Tabla 43. Análisis granulométrico del agregado fino, de la cantera “Rio Chonta”:

Ensayo 2.					
Peso de muestra:		904.00	Gramos		
Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
4	4.75 mm	176.00	19.47	19.47	80.53
8	2.38 mm	161.00	17.81	37.28	62.72
16	1.18 mm	202.00	22.35	59.62	40.38
30	0.60 mm	133.00	14.71	74.34	25.66
50	0.30 mm	100.00	11.06	85.40	14.60
100	0.15 mm	84.00	9.29	94.69	5.31
200	0.07 mm	34.00	3.76	98.45	1.55
Cazoleta		14.00	1.55	100.00	0.00
Peso de muestra:				904.00	gramos
Módulo de finura:				3.71	

Grafico 5. Parámetros granulométricos, Ensayo N° 02

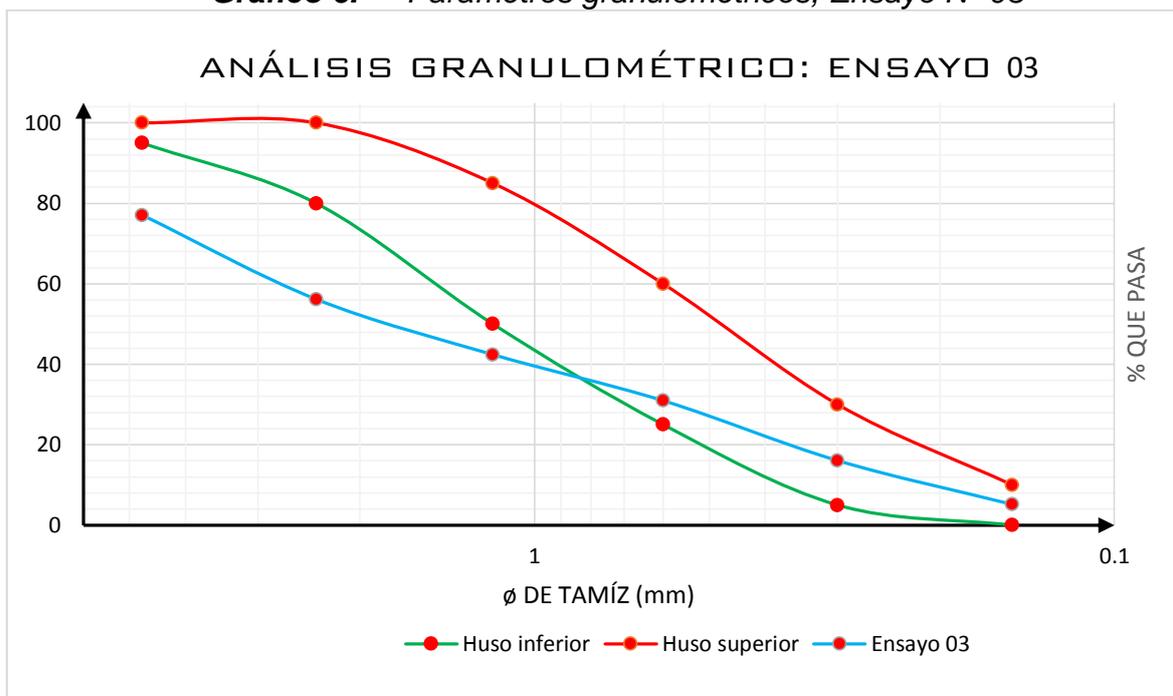


Se observa en el Gráfico 02. (%Que pasa Vs ϕ Tamiz) que el agregado de la cantera el “Gavilán” si se ajusta a los parámetros granulométricos que otorga la norma técnica E-070 Ítem 6.2 apartado b), en el ensayo N°02.

Tabla 44. Análisis granulométrico del agregado fino, de la cantera “Rio Chonta”

Ensayo 3.					
Peso de muestra:		698.00	Gramos		
Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
4	4.75 mm	160.00	22.92	22.92	77.08
8	2.38 mm	146.00	20.92	43.84	56.16
16	1.18 mm	96.00	13.75	57.59	42.41
30	0.60 mm	80.00	11.46	69.05	30.95
50	0.30 mm	104.00	14.90	83.95	16.05
100	0.15 mm	76.00	10.89	94.84	5.16
200	0.07 mm	10.00	1.43	96.28	3.72
Cazoleta		26.00	3.72	100.00	0.00
Peso de muestra:				698.00	gramos
Módulo de finura:				3.72	

Grafico 6. Parámetros granulométricos, Ensayo N° 03



Se observa en el Gráfico 03. (%Que pasa Vs ϕ 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 45. Módulo de finura.

Ensayo 1.	
Módulo de finura:	3.70
Ensayo 2.	
Módulo de finura:	3.71
Ensayo 3.	
Módulo de finura:	3.72
PROMEDIO :	3.71

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

Tabla 46. *Peso específico y absorción.*

Descripción	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03	Promedios
Peso de la fiola :	450.00 gr	451.00 gr	450.00 gr	8.2
Peso de la muestra saturada con superficie seca :	500.00 gr	500.00 gr	500.00 gr	
Peso de la muestra SSS + peso de fiola :	950.00 gr	951.00 gr	950.00 gr	
Peso de la muestra SSS + peso de fiola + peso de agua :	1141.30 gr	1142.30 gr	1141.30 gr	
Volumen de agua añadida (Va) :	191.30 cm ³	191.30 cm ³	191.30 cm ³	
Peso de Arena Seca (Wo) :	492.10 gr	491.30 gr	491.80 gr	
Volumen de fiola (V) :	500.00 cm ³	500.00 cm ³	500.00 cm ³	
Pemasa = Wo/(V-Va)	2.572 gr/cm³	2.568 gr/cm³	2.571 gr/cm³	2.570 gr/cm³
Pesss = 500/(V-Va)	2.614 gr/cm³	2.614 gr/cm³	2.614 gr/cm³	2.614 gr/cm³
Pea = Wo/[(V-Va)-(500-Wo)]	2.683 gr/cm³	2.691 gr/cm³	2.686 gr/cm³	2.687 gr/cm³
Abs = [(500-Wo)*100]/Wo	1.605%	1.771%	1.667%	1.681%

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

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

Tabla 47. *Contenido de humedad.*

Descripción	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso de tara:	80.00 gr	80.00 gr	81.00 gr
Peso de muestra humedad + tara:	280.00 gr	280.00 gr	280.00 gr
Peso de muestra seca + tara :	278.45 gr	277.95 gr	278.40 gr
Contenido de humedad :	0.557%	0.738%	0.575%
Promedio	0.623%		

▪ **Peso unitario NTP 400.017, ASTM C-29**

Tabla 48. *Peso unitario suelto seco.*

Peso del molde (gr) :	3882.00 gr		
Volumen de agua en molde :	3007.39 cm ³		
Peso de agua en molde :	2.95 Kg		
Factor :	338.03		
Descripción	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso del molde (gr) :	3880.00 gr	3880.00 gr	3880.00 gr
Peso de molde + material (gr) :	8536.00 gr	8564.00 gr	8508.00 gr
Peso de material (gr) :	4656.00 gr	4684.00 gr	4628.00 gr
Factor (F) :	338.0298	338.0298	338.0298
Peso unitario suelto seco (Kg/m ³) :	1548.19	1557.50	1538.88
Promedio :	1548.19 kg/m³		

Tabla 49. Peso unitario seco compactado.

Peso del molde (gr) :	3882.00 gr		
Volumen de agua en molde :	3007.39 cm ³		
Peso de agua en molde :	2.95 Kg		
Factor :	338.03		
Descripción	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso del molde (gr) :	3882.00 gr	3882.00 gr	3882.00 gr
Peso de molde + material (gr) :	9160.00 gr	9168.00 gr	9226.00 gr
Peso de material (gr) :	5278.00 gr	5286.00 gr	5344.00 gr
Factor (F) :	338.0298	338.0298	338.0298
Peso unitario suelto seco (Kg/m ³) :	1755.01	1757.67	1776.96
Promedio :	1763.21 kg/m³		

D. Diseño del mortero

Tabla 50. Diseño de mortero con arena fina de río.

<u>PARAMETROS A CONOCER</u>	
<u>Cemento</u>	
Marca y tipo :	Pacasmayo Tipo I
Procedencia :	Pacasmayo Perú
Densidad relativa :	3.12 gr/cm ³
Peso bolsa :	42.50 Kg
<u>Agua</u>	
Agua potable de la red pública :	de la ciudad universitaria
Peso específico :	1000.00 gr/cm ³
<u>Agregado fino</u>	
Cantera :	"Rio Chonta"
Perfil :	-----
Peso unitario suelto (kg/m ³) :	1548.186 kg/m ³
Peso unitario compactado (kg/m ³) :	1763.212 kg/m ³
Peso específico seco (gr/cm ³) :	2.614 gr/cm ³
Módulo de fineza :	3.710
Tamaño máximo nominal :	-----
Porcentaje de absorción :	1.681%
Contenido de humedad :	0.623%
<u>Características del concreto</u>	
Resistencia a compresión del proyecto (kg/Cm ²) :	140.000 kg/cm ²
Proporción base de la Norma Técnica :	1 : 5 : 1
Asentamiento :	Motero (5" - 8")
<u>Condiciones ambientales y exposición</u>	
Normales	
MORTERO TIPO 2	CEMENTO AGREGADO FINO AGUA Aprox.

Dosificación Volumen :	1	5	0.85
Volumen aparente :	1.000 pie3	5.000 pie3	0.850 pie3
Peso de muestra seca :	42.500 Kg	219.199 Kg	36.125 lts/bolsa
Volumen absoluto :	0.0136218 m3	0.0838654 m3	0.0361250 m3
Aire de diseño :	1.000%	0.010000 m3	
Aire de real :	-----		
SUMATORIA :	0.143612 m3		
Número de bolas por m3 :	6.96 bolsas/m3		
Material por m3 :	295.94 Kg	1526.32 Kg	251.55 lts
Peso de materiales húmedos :	295.94 Kg	1535.83 Kg	267.70 lts
PROPORCION EN PESO SECO :	1.00	5.16	36.13 lts/bolsa
PROPORCION EN PESO HUMEDO :	1.00	5.19	38.44 lts/bolsa
PROPORCION EN VOLUMEN :	1	5	0.85

AJUSTE DE DISEÑO DEL CONCRETO PARA MORTERO

MORTERO TIPO 2	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGUA Aprox.
Dosificación Volumen :	1	5	1.282 pie3
Volumen aparente :	1.000 pie3	5.000 pie3	1.282 pie3
Peso de muestra seca :	42.500 Kg	219.199 Kg	54.489 lts/bolsa
Volumen absoluto :	0.0136218 m3	0.0838654 m3	0.0540963 m3
Aire de diseño :	-----	-----	
Aire de real :	4.800%	0.048000 m3	
SUMATORIA :	0.199584 m3		
Número de bolas por m3 :	5.01 bolsas/m3		
Material por m3 :	212.94 Kg	1098.28 Kg	273.01 Kg
Peso de materiales húmedos :	212.94 Kg	1105.12 Kg	284.64 lts
PROPORCION EN PESO SECO :	1.00	5.16	54.49 lts/bolsa
PROPORCION EN PESO HUMEDO :	1.00	5.19	56.81 lts/bolsa
PROPORCION EN VOLUMEN :	1	5	1.282

Tabla 51. Ensayo de compresión axial del mortero usado en la construcción de pilas y muretes

Especimen	Peso Ambi.	Carga Máxima (Tn)	Área (m2)	fb	fb
	(gr)			Kg/Cm2	Mpa
MO-01	289.40	2.19	0.0019635	111.54	10.94
MO-02	293.20	2.17	0.0019635	110.52	10.84
MO-03	293.50	1.95	0.0019635	99.31	9.74
MO-04	291.30	2.10	0.0019635	106.95	10.49
MO-05	303.20	2.14	0.0019635	108.99	10.69
MO-06	291.80	1.86	0.0019635	94.73	9.29
MO-07	297.60	2.35	0.0019635	119.68	11.74

MO-08	292.40	2.16	0.0019635	110.01	10.79
MO-09	297.50	1.40	0.0019635	71.30	6.99
MO-10	293.50	1.70	0.0019635	86.58	8.49
	<i>f_m</i> :	101.96	Kg/Cm2	10.00	Mpa
	σ :	14.35	Kg/Cm2	1.41	Mpa
	<i>f'm</i> :	87.61	Kg/Cm2	8.59	Mpa
	<i>C_v</i> :	14.0765%			

ANEXO 4.0. NATURALEZA DE LA ALBAÑILERIA Y CRITERIOS DE FALLA

A. Ensayo en pilas

▪ Compresión axial

Tabla 52. Ensayo a la resistencia de compresión axial en pilas de ladrillo del C. P. de Santa Babara – Baños del Inca ligados con mortero a base de agregado fino de cerro.

Especimen	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P(Max) ton	Área Cm	f _m Kg/Cm2	Factor de Corrección	f _m Kg/Cm2
	L(mm)	t(mm)	H(mm)						Corregido
RC-P-01-AC	221	128	368	2.875	11345	282.88	40.105	0.85250	34.190
RC-P-02-AC	223	126	370	2.937	10642	280.98	37.875	0.86118	32.617
RC-P-03-AC	220	127	365	2.874	10684	279.4	38.239	0.85200	32.580
Promedio (f_m)									33.129
Desviación estándar (σ)									0.919
Resistencia a la compresión (f'm)									32.210
Coefficiente de variación (C_v)									2.774

Tabla 53. Ensayo a la resistencia de compresión axial en pilas de ladrillo del C. P. de Santa Barbara – Baños del Inca Inca ligados con mortero a base de arena fina de rio,

Especimen	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P(Max) ton	Área Cm	f _m Kg/Cm2	Factor de Corrección	f _m Kg/Cm2
	L (mm)	t(mm)	H(mm)						Corregido
RC-P-01-AR	222	127	365	2.874	13100	281.94	46.464	0.85250	39.610
RC-P-02-AR	221	128	368	2.875	13580	282.88	48.006	0.86118	41.342
RC-P-03-AR	224	127	361	2.843	13750	284.48	48.334	0.85200	41.180
Promedio (f_m)									40.711
Desviación estándar (σ)									0.957
Resistencia a la compresión (f'm)									39.754
Coefficiente de variación (C_v)									2.350

▪ **Calculo del módulo de elasticidad**

Tabla 54. *Cálculo del módulo de elasticidad del ensayo de pilas de ladrillo del C. P. de Santa Bárbara – Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro*

Especimen	Dimensiones			Área m2	P(Max) Kg	σ' Ton/m2	ϵ'	Em	
	L (mm)	t(mm)	H(mm)						
RC-P-01-AC	221	128	368	0.02829	11345	401.053	0.022826	2.19625E+04	
RC-P-02-AC	223	126	370	0.02810	10642	378.746	0.024216	1.95502E+04	
RC-P-03-AC	220	127	365	0.02794	10684	382.391	0.021644	2.20843E+04	
Em:								2.1199E+04	Tn/m2
s:								1.4292E+03	Tn/m2
Cv:								6.742%	

Tabla 55. *Datos procesados para la obtención del grafico Esfuerzo Vs Deformación unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro.- Ensayo 1*

Código: RC-P-01-AC		H =, A =	368.00 mm	282.88 Cm2
CARGA	DEFORMACIÓN	DEF. UNITARIA	ESFUERZO	
(Kg)	(mm)	(mm)	Kg/Cm2	
0	0.000	0.00000000	0.00000000	
400	0.240	0.00065217	1.41402715	
800	0.500	0.00135870	2.82805430	
1200	0.900	0.00244565	4.24208145	
1600	1.010	0.00274457	5.65610860	
2000	1.280	0.00347826	7.07013575	
2400	1.520	0.00413043	8.48416290	
2800	1.730	0.00470109	9.89819005	
3200	1.950	0.00529891	11.31221719	
3600	2.270	0.00616848	12.72624434	
4000	2.550	0.00692935	14.14027149	
4400	2.870	0.00779891	15.55429864	
4800	3.020	0.00820652	16.96832579	
5200	3.330	0.00904891	18.38235294	
5600	3.640	0.00989130	19.79638009	
6000	3.880	0.01054348	21.21040724	
6400	4.260	0.01157609	22.62443439	
6800	4.490	0.01220109	24.03846154	
7200	4.710	0.01279891	25.45248869	
7600	4.980	0.01353261	26.86651584	
8000	5.260	0.01429348	28.28054299	

8400	5.600	0.01521739	29.69457014
8800	5.850	0.01589674	31.10859729
9200	6.100	0.01657609	32.52262443
9600	6.310	0.01714674	33.93665158
10000	6.780	0.01842391	35.35067873
10400	7.510	0.02040761	36.76470588
10800	7.990	0.02171196	38.17873303
11200	8.400	0.02282609	39.59276018
Carga de rotura P = 11.345 Tn			

Grafico 7. *Esfuerzo Vs Deformación Unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro.- **Ensayo 1***

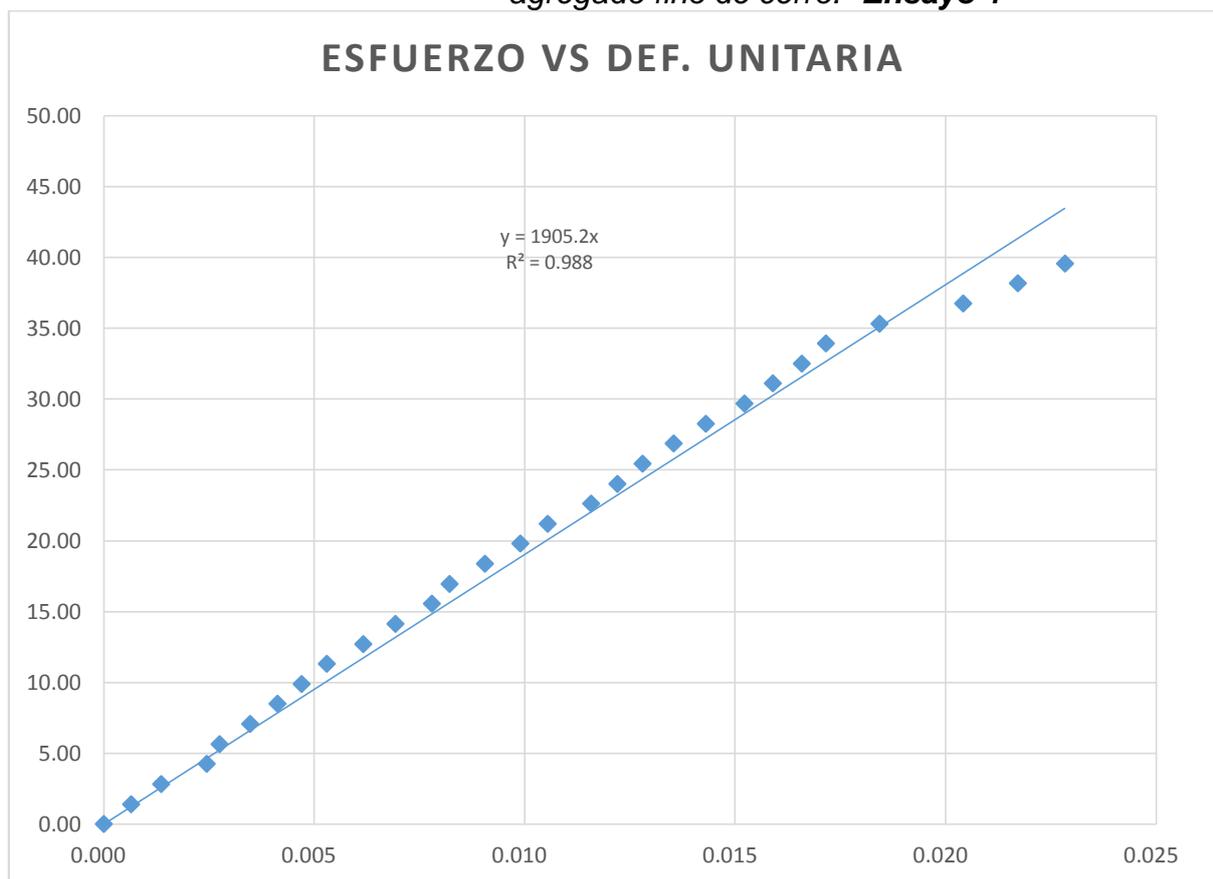


Tabla 56. Datos procesados para la obtención del gráfico Esfuerzo Vs Deformación unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara-Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro.- **Ensayo 2**

Código: RC-P-02-AC		H =, A =	370.00 mm	280.98 Cm ²
CARGA	DEFORMACIÓN	DEF. UNITARIA	ESFUERZO	
(Kg)	(mm)	(mm)	Kg/Cm ²	
0	0.000	0.00000000	0.00000000	
300	0.220	0.00059459	1.06769165	
600	0.550	0.00148649	2.13538330	
900	0.790	0.00213514	3.20307495	
1200	0.960	0.00259459	4.27076660	
1500	1.160	0.00313514	5.33845825	
1800	1.350	0.00364865	6.40614990	
2100	1.590	0.00429730	7.47384155	
2400	1.840	0.00497297	8.54153321	
2700	2.010	0.00543243	9.60922486	
3000	2.290	0.00618919	10.67691651	
3300	2.450	0.00662162	11.74460816	
3600	2.660	0.00718919	12.81229981	
3900	2.890	0.00781081	13.87999146	
4200	3.100	0.00837838	14.94768311	
4500	3.250	0.00878378	16.01537476	
4800	3.450	0.00932432	17.08306641	
5100	3.690	0.00997297	18.15075806	
5400	3.990	0.01078378	19.21844971	
5700	4.380	0.01183784	20.28614136	
6000	4.810	0.01300000	21.35383301	
6300	5.190	0.01402703	22.42152466	
6600	5.570	0.01505405	23.48921631	
6900	5.820	0.01572973	24.55690796	
7200	6.010	0.01624324	25.62459962	
7500	6.320	0.01708108	26.69229127	
7800	6.810	0.01840541	27.75998292	
8100	7.020	0.01897297	28.82767457	
8400	7.300	0.01972973	29.89536622	
8700	7.650	0.02067568	30.96305787	
9000	7.870	0.02127027	32.03074952	
9300	8.140	0.02200000	33.09844117	
9600	8.350	0.02256757	34.16613282	
9900	8.540	0.02308108	35.23382447	
10200	8.790	0.02375676	36.30151612	
10500	8.960	0.02421622	37.36920777	
10642	9.030	0.02440541	37.87458182	
Carga de rotura P = 10.642 Tn				

Grafico 8. Esfuerzo Vs Deformación Unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro- **Ensayo 2**

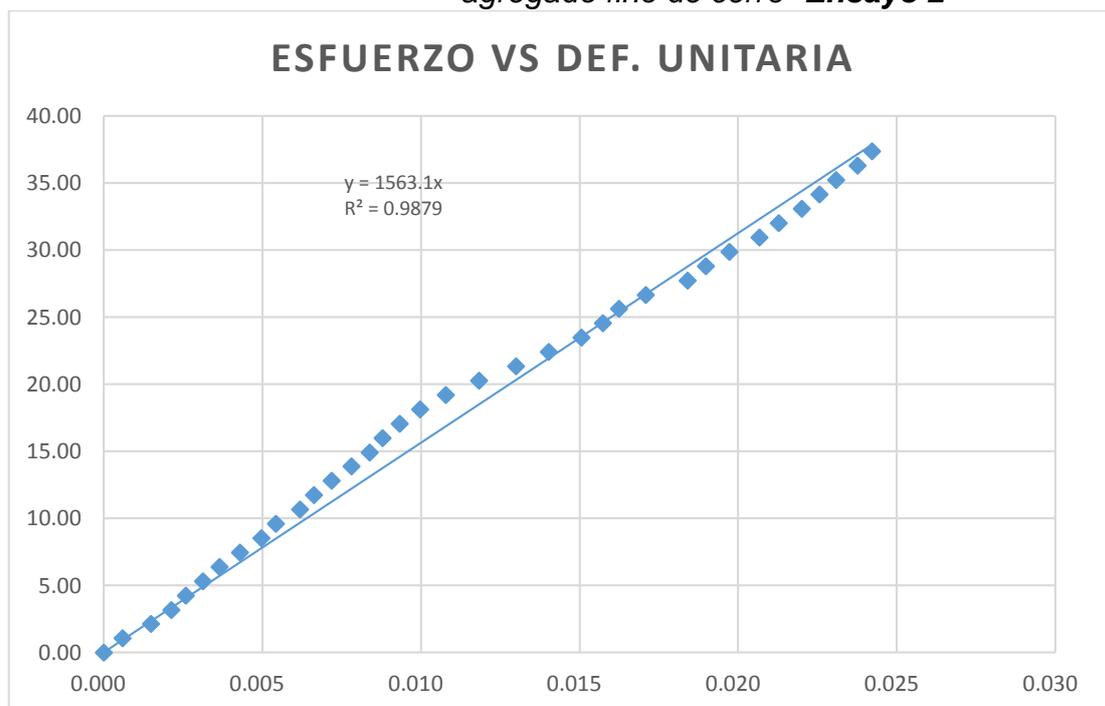


Tabla 57. Datos procesados para la obtención del gráfico Esfuerzo Vs Deformación unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro.- **Ensayo 3**

Código: RC-P-03-AC		H =, A =	365.00 mm	279.40 Cm2
CARGA	DEFORMACIÓN	DEF. UNITARIA	ESFUERZO	
(Kg)	(mm)	(mm)	Kg/Cm2	
0	0.000	0.00000000	0.00000000	
300	0.180	0.00049315	1.07372942	
600	0.390	0.00106849	2.14745884	
900	0.540	0.00147945	3.22118826	
1200	0.790	0.00216438	4.29491768	
1500	1.020	0.00279452	5.36864710	
1800	1.190	0.00326027	6.44237652	
2100	1.340	0.00367123	7.51610594	
2400	1.560	0.00427397	8.58983536	
2700	1.790	0.00490411	9.66356478	
3000	2.010	0.00550685	10.73729420	
3300	2.260	0.00619178	11.81102362	
3600	2.480	0.00679452	12.88475304	
3900	2.660	0.00728767	13.95848246	

4200	2.890	0.00791781	15.03221188
4500	3.070	0.00841096	16.10594130
4800	3.310	0.00906849	17.17967072
5100	3.600	0.00986301	18.25340014
5400	3.840	0.01052055	19.32712956
5700	4.040	0.01106849	20.40085898
6000	4.410	0.01208219	21.47458840
6300	4.710	0.01290411	22.54831782
6600	4.970	0.01361644	23.62204724
6900	5.110	0.01400000	24.69577666
7200	5.290	0.01449315	25.76950608
7500	5.480	0.01501370	26.84323550
7800	5.830	0.01597260	27.91696492
8100	6.000	0.01643836	28.99069435
8400	6.230	0.01706849	30.06442377
8700	6.560	0.01797260	31.13815319
9000	6.740	0.01846575	32.21188261
9300	6.920	0.01895890	33.28561203
9600	7.180	0.01967123	34.35934145
9900	7.340	0.02010959	35.43307087
10200	7.690	0.02106849	36.50680029
10500	7.900	0.02164384	37.58052971
10684	8.280	0.02268493	38.23908375
Carga de rotura P = 10.684 Tn			

Grafico 9. Esfuerzo Vs Deformación Unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro- **Ensayo 3**

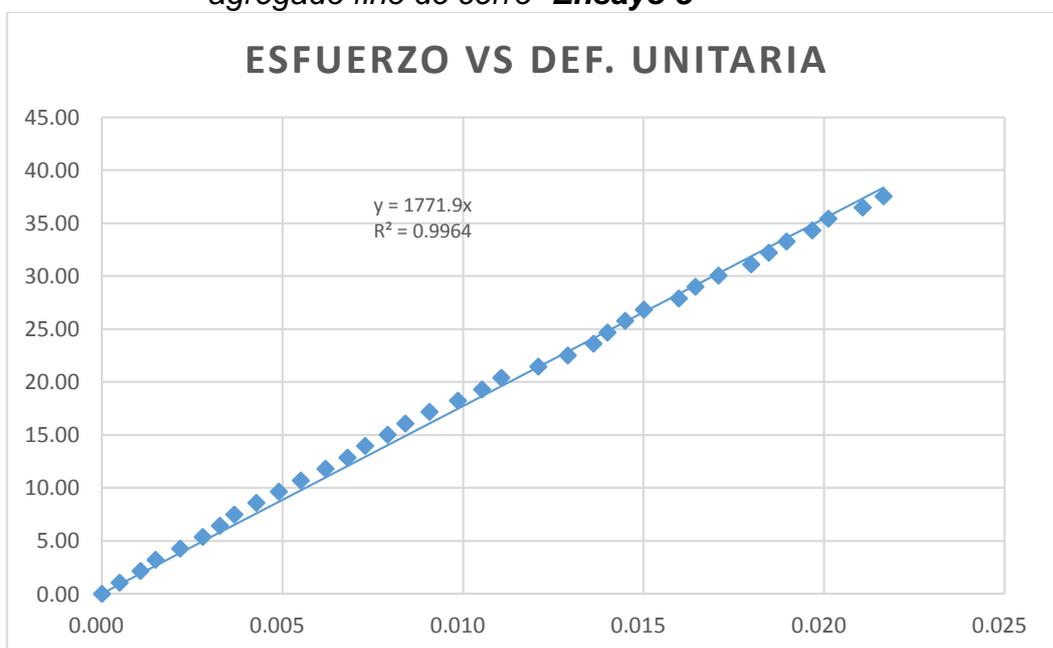


Tabla 58. Cálculo del módulo de elasticidad del ensayo de pilas de ladrillo del C. P. Santa Barbara – Baños del Inc, ligados con mortero a base de arena fina de rio.

Especimen	Dimensiones			Área m2	P(Max) Kg	σ' Ton/m2	ϵ'	Em	
	L (mm)	t(mm)	H(mm)						
RC-P-01-AR	222	127	365	0.02819	13100	464.638	0.026055	2.22914E+04	
RC-P-02-AR	221	128	368	0.02829	13580	480.062	0.027092	2.21493E+04	
RC-P-03-AR	224	127	361	0.02845	13750	483.338	0.026814	2.25316E+04	
Em:								2.2324E+04	Tn/m2
s:								1.9326E+02	Tn/m2
Cv:								0.866%	

Tabla 59. Datos procesados para la obtención del grafico Esfuerzo Vs Deformación unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de rio.-

Ensayo 1

Código: RC-P-01-AR		H =, A =	365.00 mm	281.94 Cm2
CARGA	DEFORMACIÓN	DEF.	ESFUERZO	
(Kg)	(mm)	UNITARIA		
		(mm)	Kg/Cm2	
0	0.000	0.00000000	0.00000000	
300	0.160	0.00043836	1.06405618	
600	0.260	0.00071233	2.12811236	
900	0.490	0.00134247	3.19216855	
1200	0.790	0.00216438	4.25622473	
1500	0.890	0.00243836	5.32028091	
1800	0.970	0.00265753	6.38433709	
2100	1.080	0.00295890	7.44839328	
2400	1.270	0.00347945	8.51244946	
2700	1.480	0.00405479	9.57650564	
3000	1.590	0.00435616	10.64056182	
3300	1.720	0.00471233	11.70461800	
3600	1.850	0.00506849	12.76867419	
3900	1.910	0.00523288	13.83273037	
4200	2.260	0.00619178	14.89678655	
4500	2.540	0.00695890	15.96084273	
4800	2.840	0.00778082	17.02489891	
5100	2.920	0.00800000	18.08895510	
5400	3.180	0.00871233	19.15301128	
5700	3.260	0.00893151	20.21706746	
6000	3.400	0.00931507	21.28112364	
6300	3.820	0.01046575	22.34517983	
6600	4.020	0.01101370	23.40923601	
6900	4.290	0.01175342	24.47329219	

7200	4.590	0.01257534	25.53734837
7500	4.770	0.01306849	26.60140455
7800	5.060	0.01386301	27.66546074
8100	5.390	0.01476712	28.72951692
8400	5.600	0.01534247	29.79357310
8700	5.990	0.01641096	30.85762928
9000	6.340	0.01736986	31.92168546
9300	6.590	0.01805479	32.98574165
9600	6.810	0.01865753	34.04979783
9900	7.020	0.01923288	35.11385401
10200	7.360	0.02016438	36.17791019
10500	7.550	0.02068493	37.24196638
10800	7.890	0.02161644	38.30602256
11100	8.020	0.02197260	39.37007874
11400	8.280	0.02268493	40.43413492
11700	8.630	0.02364384	41.49819110
12000	8.890	0.02435616	42.56224729
13100	9.510	0.02605479	46.46378662
Carga de rotura P = 13.1 Tn			

Grafico 10. *Esfuerzo Vs Deformación Unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de rio- **Ensayo 1***

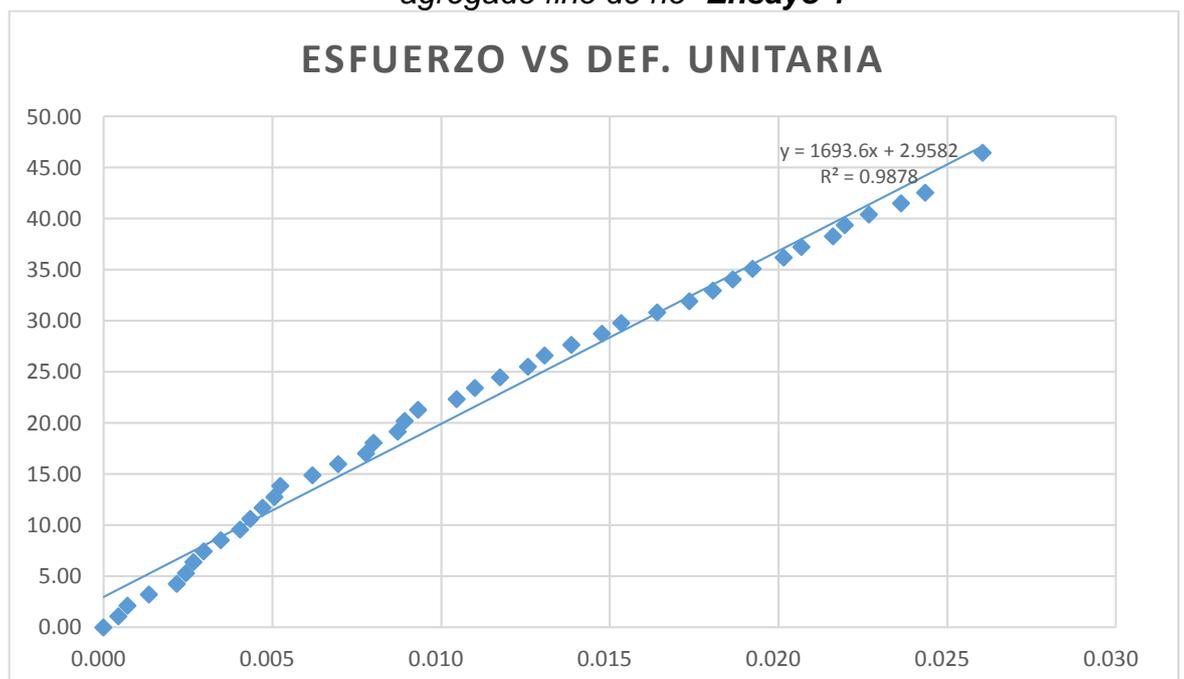


Tabla 60. Datos procesados para la obtención del gráfico Esfuerzo Vs Deformación unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara-Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de río.-
Ensayo 2

Código: RC-P-02-AR		H =, A =	368.00 mm	282.88 Cm2
CARGA	DEFORMACIÓN	DEF. UNITARIA	ESFUERZO	
(Kg)	(mm)	(mm)	Kg/Cm2	
0	0.000	0.00000000	0.00000000	
300	0.170	0.00046196	1.06052036	
600	0.260	0.00070652	2.12104072	
900	0.490	0.00133152	3.18156109	
1200	0.820	0.00222826	4.24208145	
1500	0.920	0.00250000	5.30260181	
1800	1.000	0.00271739	6.36312217	
2100	1.110	0.00301630	7.42364253	
2400	1.300	0.00353261	8.48416290	
2700	1.510	0.00410326	9.54468326	
3000	1.620	0.00440217	10.60520362	
3300	1.750	0.00475543	11.66572398	
3600	1.880	0.00510870	12.72624434	
3900	1.940	0.00527174	13.78676471	
4200	2.290	0.00622283	14.84728507	
4500	2.570	0.00698370	15.90780543	
4800	2.870	0.00779891	16.96832579	
5100	2.950	0.00801630	18.02884615	
5400	3.210	0.00872283	19.08936652	
5700	3.290	0.00894022	20.14988688	
6000	3.430	0.00932065	21.21040724	
6300	3.850	0.01046196	22.27092760	
6600	4.050	0.01100543	23.33144796	
6900	4.320	0.01173913	24.39196833	
7200	4.620	0.01255435	25.45248869	
7500	4.800	0.01304348	26.51300905	
7800	5.090	0.01383152	27.57352941	
8100	5.420	0.01472826	28.63404977	
8400	5.630	0.01529891	29.69457014	
8700	6.020	0.01635870	30.75509050	
9000	6.370	0.01730978	31.81561086	
9300	6.620	0.01798913	32.87613122	
9600	6.840	0.01858696	33.93665158	
9900	7.050	0.01915761	34.99717195	
10200	7.390	0.02008152	36.05769231	
10500	7.580	0.02059783	37.11821267	

10800	7.920	0.02152174	38.17873303
11100	8.050	0.02187500	39.23925339
11400	8.210	0.02230978	40.29977376
11700	8.460	0.02298913	41.36029412
12000	8.720	0.02369565	42.42081448
12300	9.010	0.02448370	43.48133484
12600	9.270	0.02519022	44.54185520
12900	9.430	0.02562500	45.60237557
13200	9.680	0.02630435	46.66289593
13500	9.970	0.02709239	47.72341629
Carga de rotura P = 13.58 Tn			

Grafico 11. *Esfuerzo Vs Deformación Unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de rio- **Ensayo 2***

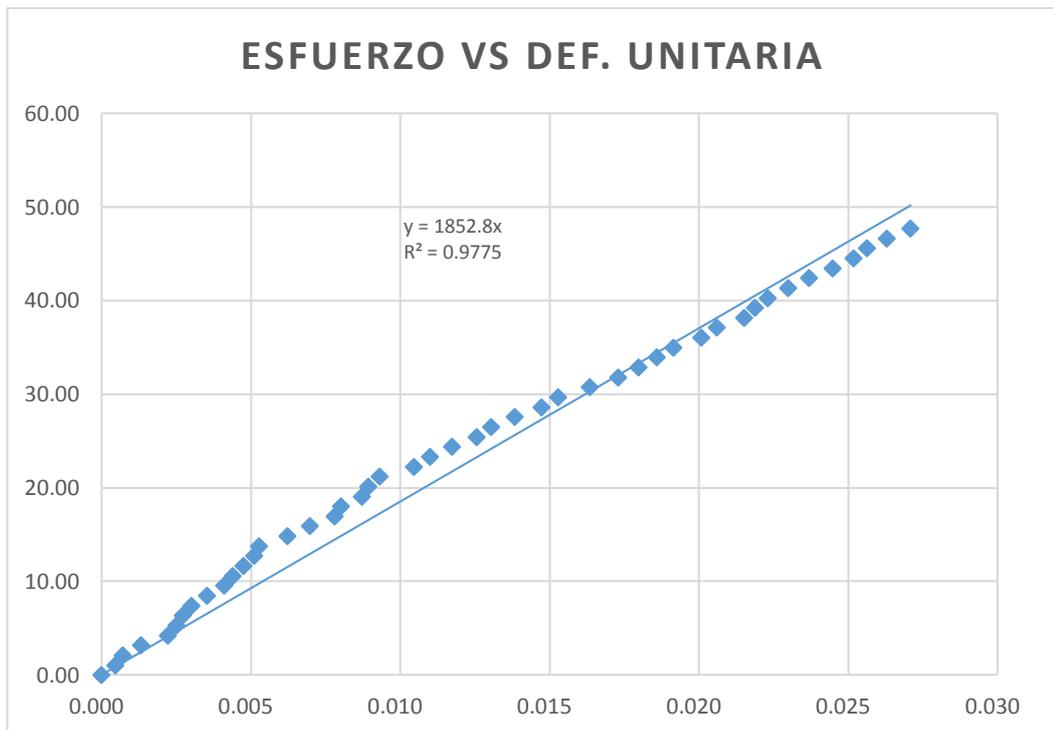
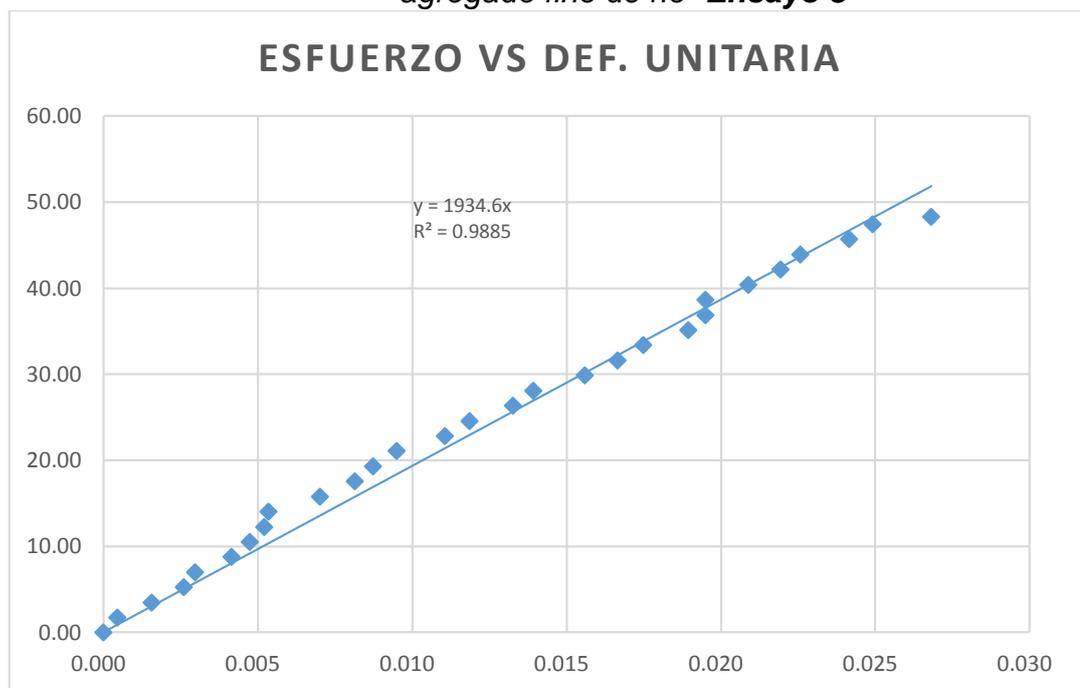


Tabla 61. Datos procesados para la obtención del grafico Esfuerzo Vs Deformación unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara-Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de rio.-

Ensayo 3

Código: RC-P-03-AR		H =, A =	361.00 mm	284.48 Cm2
CARGA	DEFORMACIÓN	DEF. UNITARIA	ESFUERZO	
(Kg)	(mm)	(mm)	Kg/Cm2	
0	0.000	0.00000000	0.00000000	
500	0.160	0.00044321	1.75759280	
1000	0.560	0.00155125	3.51518560	
1500	0.940	0.00260388	5.27277840	
2000	1.070	0.00296399	7.03037120	
2500	1.500	0.00415512	8.78796400	
3000	1.710	0.00473684	10.54555681	
3500	1.880	0.00520776	12.30314961	
4000	1.930	0.00534626	14.06074241	
4500	2.530	0.00700831	15.81833521	
5000	2.940	0.00814404	17.57592801	
5500	3.150	0.00872576	19.33352081	
6000	3.430	0.00950139	21.09111361	
6500	3.990	0.01105263	22.84870641	
7000	4.280	0.01185596	24.60629921	
7500	4.790	0.01326870	26.36389201	
8000	5.030	0.01393352	28.12148481	
8500	5.630	0.01559557	29.87907762	
9000	6.010	0.01664820	31.63667042	
9500	6.310	0.01747922	33.39426322	
10000	6.840	0.01894737	35.15185602	
10500	7.040	0.01950139	36.90944882	
11000	7.040	0.01950139	38.66704162	
11500	7.540	0.02088643	40.42463442	
12000	7.920	0.02193906	42.18222722	
12500	8.150	0.02257618	43.93982002	
13000	8.720	0.02415512	45.69741282	
13500	9.000	0.02493075	47.45500562	
13750	9.680	0.02681440	48.33380202	
Carga de rotura P = 13.75 Tn				

Grafico 12. Esfuerzo Vs Deformación Unitaria de pilas de ladrillo del C.P.M Santa Bárbara- Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de rio- **Ensayo 3**



B. Ensayo en muretes

- Compresión diagonal

Tabla 62. Ensayo a la resistencia de corte en muretes de ladrillo del C. P. Santa Barbara – Baños del Inca, ligados con mortero a base de agregado fino de cerro.

Espécimen	Dimensiones			Dimensiones con Yeso				P máx. (Kg)	Área (Cm2)	Vm (Kg/Cm2)
	L (mm)	t(mm)	H(mm)	L (mm)	t(mm)	H(mm)	D(mm)			
M-AC-01	700	124	731	703	127	734	1016.3	4800	1290.76	3.7187
M-AC-02	700	125	730	703	128	733	1015.6	5660	1300.00	4.3538
M-AC-03	700	124	732	703	127	735	1017.1	4430	1291.68	3.4296
M-AC-04	700	123	731	703	126	734	1016.3	5490	1280.60	4.2871
M-AC-05	700	127	730	703	130	733	1015.6	4800	1320.31	3.6355
Promedio (Vm) :										3.885
Desviación estándar (σ) :										0.412
Resistencia al corte (V'm) :										3.473
Coefficiente de variación (Cv) :										10.603

Tabla 63. Ensayo a la resistencia de corte en muretes de ladrillo del C. P. Santa Barbara – Baños del Inca. Ligados con mortero a base de arena fina de río.

Ensayo a la resistencia de corte en muretes de ladrillo del C. P. Santa Bárbara– Baños del Inca. Mortero con agregado de río										
Especimen	Dimensiones			Dimensiones con Yeso				P máx.	Área	Vm
	L (mm)	t(mm)	H(mm)	L (mm)	t(mm)	H(mm)	D(mm)	(Kg)	(Cm2)	(Kg/Cm2)
M-AR-01	700	129	732	703	132	735	1017.1	6100	1342.53	4.5436
M-AR-02	700	128	731	703	131	734	1016.3	5400	1331.42	4.0558
M-AR-03	700	126	730	703	129	733	1015.6	6400	1310.16	4.8849
M-AR-04	700	127	731	703	130	734	1016.3	5910	1321.25	4.4730
M-AR-05	700	128	730	703	131	733	1015.6	6300	1330.47	4.7352
Promedio (Vm) :										4.539
Desviación estándar (σ) :										0.315
Resistencia al corte (V'm) :										4.224
Coficiente de variación (Cv) :										6.932

Tabla 64. Ensayo a la resistencia de corte en murete confinado de ladrillo del C. P. Santa Bárbara – Baños del Inca.

ESPECIMEN	Relación modular concreto-albañilería	Relación modular acero-albañilería	Área de concreto como albañilería	Área de acero como albañilería	Área total (cm ²)	P Max (kg)	Vm (Kg/cm ²)
MURO01	0.100171684	0.009938601	0.023916991	0.00237294	1456.69932	10300	7.07077973
MURO 02	0.100171684	0.009938601	0.02302346	0.002284288	1402.27748	7500	5.34844217

Tabla 65. Ensayo de resistencia a la compresión. Mortero realizado con agregado fino de cerro.

Especimen	Peso Ambi.	Carga Máxima (Tn)	Área	fb	fb
	(gr)		(m ²)	Kg/Cm ²	Mpa
MO-AC-01	289.40	1.62	0.0019635	82.51	8.09
MO-AC-02	293.20	2.24	0.0019635	114.08	11.19
MO-AC-03	293.50	1.40	0.0019635	71.30	6.99
MO-AC-04	291.30	2.15	0.0019635	109.50	10.74
MO-AC-05	303.20	2.15	0.0019635	109.50	10.74
MO-AC-06	291.80	1.46	0.0019635	74.36	7.29
MO-AC-07	297.60	1.75	0.0019635	89.13	8.74
MO-AC-08	292.40	2.30	0.0019635	117.14	11.49
MO-AC-09	297.50	1.90	0.0019635	96.77	9.49
MO-AC-10	293.50	2.12	0.0019635	107.97	10.59

f_m :	97.22	Kg/Cm2	9.53	Mpa
σ :	16.91	Kg/Cm2	1.66	Mpa
$f'm$:	80.31	Kg/Cm2	7.88	Mpa
C_v :	17.3972%			

Tabla 66. Ensayo de resistencia a la compresión. Mortero realizado con agregado fino de río

Especimen	Peso Ambi.	Carga Máxima (Tn)	Área	fb	fb
	(gr)		(m2)	Kg/Cm2	Mpa
MO-AR-01	289.40	2.19	0.0019635	111.54	10.94
MO-AR-02	293.20	2.17	0.0019635	110.52	10.84
MO-AR-03	293.50	1.95	0.0019635	99.31	9.74
MO-AR-04	291.30	2.10	0.0019635	106.95	10.49
MO-AR-05	303.20	2.14	0.0019635	108.99	10.69
MO-AR-06	291.80	1.86	0.0019635	94.73	9.29
MO-AR-07	297.60	2.35	0.0019635	119.68	11.74
MO-AR-08	292.40	2.16	0.0019635	110.01	10.79
MO-AR-09	297.50	1.40	0.0019635	71.30	6.99
MO-AR-10	293.50	1.70	0.0019635	86.58	8.49
f_m :	101.96	Kg/Cm2	10.00	Mpa	
σ :	14.35	Kg/Cm2	1.41	Mpa	
$f'm$:	87.61	Kg/Cm2	8.59	Mpa	
C_v :	14.0765%				

Tabla 67. Ensayo de Resistencia al corte.
. Mortero realizado con agregado fino de cerro.

Especimen	Alto (cm)	Ancho (cm)	Espesor de junta (mm)	Carga aplicada (Kg)	Resistencia al corte (Kg/cm2)	Promedio (Kg/cm2)
T-SB-AC-01	7.78	12.53	12	500	2.56453919	
T-SB-AC-02	7.65	12.87	12.3	450	2.2852964	2.603
T-SB-AC-03	7.67	12.78	12.4	580	2.95850141	

Tabla 68. Ensayo de Resistencia al corte de mortero
. Mortero realizado con agregado fino de río.

Especimen	Alto (cm)	Ancho (cm)	Espesor de junta (mm)	Carga aplicada (Kg)	Resistencia al corte (Kg/cm2)	Promedio (Kg/cm2)
T-SB-AR-01	7.81	12.74	12.1	500	2.51257797	
T-SB-AR-02	7.55	12.81	12.15	450	2.32641097	2.616
T-SB-AR-03	7.61	12.66	12.3	580	3.01009107	

ANEXO 5.0. PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 32. Almacenamiento y proceso de fabricación de los ladrillos artesanales en el CPM Santa Bárbara



Figura 33. Hornos en CPM Santa Bárbara



Figura 34. Toma de medidas para el Ensayo de variación dimensional



Figura 35. Colocación de capping para el ensayo de compresión de las unidades de albañilería



Figura 36. *Ensayo de resistencia a compresión de prismas*



Figura 37. *Falla de carga a compresión de prismas*



Figura 38. *Elaboración y curado de muretes*



Figura 39. *Colocación de capping en muretes para prueba de Resistencia a compresión diagonal*



Figura 40. *Ensayo de Resistencia a compresión diagonal*



Figura 41. *Falla de muretes*



Figura 42. *Ensayo de tripletes para adherencia del mortero*



Figura 43. *Ensayos de agregados para mortero*



Figura 44. Ensayos de Resistencia a compresión de mortero



Figura 45. Construcción de muros confinados



Figura 46. Curado de muros confinados



Figura 47. Ensayo de compresión axial en murete confinado



Figura 48. Falla de murete confinado sometido a carga de compresión diagonal



Figura 49. Ensayo a compresión diagonal de murete confinado lateralmente



Figura 50. Falla de murete con confinamiento lateral, luego de ser sometido a carga de compresión diagonal