

U  
A  
P

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**UAP**



---

---

**TESIS:**

**“EVALUAR LA INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DE LAS CIZALLADURAS DE ACERO ESTRUCTURAL EN LA ADICIÓN DE LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA MÁS VENDIDAS EN LA CIUDAD DEL CUSCO, ANALIZADAS EN LA LADRILLERA BELLOTA E.I.R.L, DE SAN JERÓNIMO -CUSCO”**

---

---

Presentado por:

**BACH: JUAN CARLOS VARGAS SICLLA.**

Para optar al Título profesional de Ingeniero Civil.

ASESOR TEC.: MG. ING. EIGNER ROMAN VILLEGAS

ASESOR MET.: DR. EDWAR JESUS AGUIRRE ESPINOZA

**CUSCO, JUNIO DEL 2017**

## *DEDICATORIA*

*“A Dios, a mis padres y a mi familia, por su ilimitado amor e  
incansable apoyo”*

*Dedico este trabajo de investigación a mi familia y  
principalmente A mi hija Azumy E. Vargas fuente  
de todas mis alegrías.*

*A mi madre Valentina Siclla Mantilla, A mi esposa  
Alicia Vargas Palomino y demás familiares por el  
apoyo incondicional que me brindan en todo  
momento.*

*A mi padre Juan Vargas Quispe, mi hermana  
Martha Vargas Siclla y mi cuñado Jennifer Trigozo  
Pezo que no están en este mundo gracias por todo el  
apoyo y amor incondicional que me brindaron en  
vida y que desde el cielo guían mi camino y el de toda  
la familia.*

*Juan Carlos Vargas Siclla.*

## *AGRADECIMIENTO*

*A la Universidad Alas Peruanas por la orientación académica recibida.*

*Con profundo agradecimiento a mi asesor, quien me oriento en la realización del presente trabajo de investigación.*

*Mi reconocimiento a los Docentes de esta Universidad, por su invaluable aporte.*

*A mi asesor Ing. Román Villegas y Dictaminantes Ing. Daniel Chavarry, Ing. Giancarlo Fernandez.*

## **RESUMEN**

La presente Tesis para optar el título de Ingeniero civil titula:

**“EVALUAR LA INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DE LAS CIZALLADURAS DE ACERO ESTRUCTURAL EN LA ADICIÓN DE LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA MAS VENDIDA EN LA CIUDAD DEL CUSCO, ANALIZADAS EN LA LADRILLERA BELLOTA E.I.R.L, DE SAN JERONIMO-CUSCO”**

El presente estudio tuvo como objetivo determinar en qué medida la incorporación en porcentaje de los residuos de la cizalladura de acero estructural en la etapa de fabricación, mejora las características físicas y mecánicas de la unidad de albañilería King Kong 18 huecos, que se desarrolló con la metodología experimental en el diseño para la elaboración de ladrillos King Kong de 18 huecos haciendo el uso del acero cizallado adicionando en porcentaje en peso de 0%, 1%, 3% y 6% de la muestra, en la población que constituyen las unidades, pilas y muretes de albañilería hechos con ladrillos King Kong de 18 huecos de la fábrica Bellota del distrito de San Jerónimo de la Ciudad del Cusco.

A partir del cual se arriba a la conclusión que los mejores resultados obtenidos en los diferentes ensayos, el ladrillo con adición de 3% de cizalladura de acero cumplieron con lo requerido por la Norma Técnica Peruana.

## **SUMMARY**

The present thesis to choose the title of civil engineer title:

**"TO EVALUATE THE INFLUENCE OF RESIDUES OF STRUCTURAL STEEL SHEARS IN THE ADDITION OF THE MANUFACTURE OF THE MOST SOLD MASONRY UNITS IN THE CUSCO CITY, ANALYZED IN THE SAN JERONIMO-CUSCO BELLOTA E.I.R.L LADRILLERA"**

The objective of this study was to determine to what extent the incorporation in percentage of the structural steel shear residues in the manufacturing stage improves the physical and mechanical characteristics of the King Kong 18 hollow masonry unit, which was developed with the Experimental methodology in the design for the elaboration of 18-hole King Kong bricks making use of shear steel by adding in percentage by weight of 0%, 1%, 3% and 6% of the sample, in the population that constitute the units, Piles and walls of masonry made with King Kong brick of 18 holes of the factory Bellota of the district of San Jerónimo of the City of the Cusco.

From which it is concluded that the best results obtained in the different tests, the brick with addition of 3% of steel shear complied with the requirements of the Peruvian Technical Standard.

## ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN .....	4
ABSTRACT .....	5
ÍNDICE .....	6
INTRODUCCIÓN .....	12

### CAPÍTULO I: PLANEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1	Descripción de la Realidad Problemática .....	14
1.2	Delimitación de la Investigación .....	14
1.3	Problemas de Investigación.....	15
1.3.1	Problema Principal .....	15
1.3.2	Problemas Secundarios .....	15
1.4	Objetivos de la Investigación .....	15
1.4.1	Objetivo General.....	15
1.4.2	Objetivos Específicos .....	16
1.5	Hipótesis de la Investigación .....	16
1.5.1	Hipótesis General .....	16
1.5.2	Hipótesis Secundarias.....	16
1.5.3	Identificación y Clasificación de Variables e Indicadores .....	17
1.6	Diseño de la Investigación.....	18
1.7	Población y Muestra de la Investigación .....	19
1.8	Técnicas e Instrumentos de la Recolección de Datos .....	20
1.8.1	Técnicas de Tratamiento de los datos .....	20
1.8.2	Instrumentos.....	20
1.9	Justificación e Importancia de la Investigación.....	20

### CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación .....	22
2.1.1	En el mundo .....	22
2.1.2	En el Perú.....	26
2.2	Bases teóricas .....	28
2.2.1	Albañilería.....	28
2.2.2	Unidad de albañilería.....	30
2.2.3	Propiedades .....	51
2.2.4	Fabricación del ladrillo de arcilla.....	68
2.2.5	Unidad de albañilería King Kong 18 huecos - ladrillera bellota .	75
2.2.6	Acero .....	76
2.2.7	El mortero .....	78
2.3	Normas de la unidad de albañilería .....	80
2.3.1	Definiciones de términos necesarios para comprender las normas	80
2.4	Norma técnica peruana E. 070 albañilería .....	82

2.4.1	Definiciones.....	83
2.4.2	Unidad de albañilería.....	83
2.4.3	Clasificación para fines estructurales .....	84
2.4.4	Limitaciones en su aplicación.....	84
2.4.5	Aceptación de la unidad .....	85
2.5	Norma técnica peruana para el ladrillo de arcilla (ntp 331.017) .....	86
2.5.1	Origen.....	86
2.5.2	Objeto.....	86
2.5.3	Definiciones.....	86
2.5.4	Clasificación .....	86
2.5.5	Condiciones generales .....	87
2.5.6	Requisitos.....	87
2.5.7	Absorción y coeficiente de saturación .....	88
2.5.8	Durabilidad .....	88
2.6	Norma técnica peruana de ensayo para el ladrillo (ntp331.018)..	89
2.6.1	Objeto.....	89
2.6.2	Métodos de ensayo .....	89
2.6.2.1	Variación de dimensiones .....	89
2.6.2.2	Alabeo .....	90
2.6.2.3	Resistencia a la compresión.....	92
2.6.2.4	Absorción .....	94
2.6.2.5	Succión.....	95
2.6.2.6	Ensayo de compresión axial.....	97
2.6.2.7	Ensayo de compresión diagonal (ntp 399.621) .....	101
2.7	Norma técnica peruana de muestro para ladrilló (ntp 331.019) .....	103
2.7.1	Objeto .....	103
2.7.2	Definiciones.....	103
2.7.3	Inspección y recepción .....	104

### **CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

3.1	Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.....	106
3.2	Clasificación y resultados de los ensayos .....	116
3.2.1	Propiedades Físicas .....	116
3.2.1.a	Variación dimensional .....	116
3.2.1.a.1	Cuadro comparativo .....	118
3.2.1.a.2	Análisis del ensayo de variación dimensional.....	119
3.2.1.b	Alabeo .....	121
3.2.1.b.1	Diagramas .....	124
3.2.1.b.2	Análisis .....	124
3.2.1.c	Succión.....	126
3.2.1.c.1	Diagramas .....	129
3.2.1.c.2	Interpretación de resultado .....	129
3.2.1.d	Absorción .....	130
3.2.1.d.1	Diagramas .....	132
3.2.1.d.2	Interpretación de resultado.....	132
3.2.1.e	Área de vacíos.....	134

3.2.1.e.1	Interpretación de resultado.....	137
3.2.2	Propiedades Mecánicas.....	138
3.2.2.a	Compresión axial.....	138
3.2.2.a.1	Diagramas.....	142
3.2.2.a.2	Interpretación de resultado.....	142
3.2.2.b	Compresión Axial (pilas).....	144
3.2.2.b.1	Calculo de esbeltez.....	150
3.2.2.b.2	Diagramas.....	151
3.2.2.b.3	Interpretación de resultados.....	151
3.2.2.b.4	Modo de Falla.....	152
3.2.2.b.5	Conclusiones.....	154
3.2.2.b.6	Recomendaciones.....	155
3.2.2.c	Ensayo de corte diagonal.....	156
3.2.2.c.1	Diagramas.....	165
3.2.2.c.2	Interpretación de resultados.....	165
3.2.2.c.3	Modo de falla.....	167
3.2.2.c.4	Recomendaciones.....	169
	Conclusiones Generales.....	170
	Sub conclusiones Generales.....	172
	Anexos.....	173
	Bibliografía.....	173
	Cuadro de costos de fabricación de ladrillos King Kong 18 huecos sin/con adición de cizalladuras de acero.....	174
	Ficha de análisis químico de materia prima.....	175
	Matriz de consistencia.....	176
	Encuesta.....	177
	Panel fotográfico.....	178

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla nº01.	Número de muestras requeridas.....	20
Tabla nº02.	Clase de unidad de albañilería para fines estructural.....	32
Tabla nº03.	Tamices para suelos arenosos con granos finos.....	38
Tabla nº04.	Sistema de clasificación aashto.....	47
Tabla nº05.	Sistema unificado de clasificación.....	49
Tabla nº06.	Parámetros resistencia a la compresión.....	56
Tabla nº07.	Parámetros variación dimensional.....	59
Tabla nº08.	Parámetros alabeo.....	61
Tabla nº09.	Parámetros succión.....	64
Tabla nº10.	Parámetros absorción.....	65
Tabla nº11.	Parámetros medida del área de vacíos en unidades perforadas.....	67
Tabla nº12.	Características del acero a utilizar.....	78
Tabla nº13.	Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....	84
Tabla nº14.	Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería estructural para fines estructurales.....	85
Tabla nº15.	Requisitos obligatorios: variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad.....	87

Tabla n°16. Requisitos complementarios: absorción y coeficiente de saturación ..	88
Tabla n°17. Tipo de ladrillo en función de condiciones de uso e intemperismo. ....	89
Tabla n°18. Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez. sencico 2004 .....	99
Tabla n°19. Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez - norma mexicana .....	101
Tabla n°20. Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez - norma astm c1314.....	101
Tabla n°21. Análisis del ensayo de variación dimensional .....	118
Tabla n°22. Resultado del ensayo de alabeo .....	124
Tabla n°23. Parámetros medida del área de vacíos en unidades perforadas .....	137
Tabla n°24. Resistencias características de la albañilería .....	152
Tabla n°25. Resistencias características de la albañilería .....	166

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto n°01 Descripción: extracción de materia prima .....	34
Foto n°02 Descripción: máquina procesadora y extrusora .....	34
Foto n°03 y 04 Descripción: secado de unidades de albañilería .....	35
Foto n°05 y 06 Descripción: apilamiento de las unidades de albañilería y cargado al horno .....	35
Foto n°07 y 08: Se midió el lado de las unidades de albañilería con la ayuda de una regla y vernier.....	117
Foto n°09 y 10: Se midió el lado de las unidades de albañilería con la ayuda de una regla y vernier.....	117
Foto n°11 y 12: Instrumentos que se utilizaron y toma de mediciones de alabeo con cuña graduada y regla metálica .....	122
Foto n°13: Toma de mediciones de alabeo con cuña graduada y regla metálica ..	122
Foto n°14 y 15: Muestras y equipos necesitaron para realizar el ensayo de succión .....	126
Foto n°16 y 17: toma de datos en 60 segundos y pesado de la muestra ensayada .....	126
Foto n°18 y 19: Muestras después del ensayo de succión .....	127
Foto n°20 y 21: Muestras de unidades de albañilería sumergidas .....	130
Foto n°22 y 23: Pesado de unidades de albañilería sumergidas después de 24 horas de sumergida .....	130
Foto n°24 y 25: Instrumentos y pesado de la arena que se usó para el ensayo ....	134
Foto n°26 y 27: Muestras de albañilería y nivelado con regla metálica.....	134
Foto n°28 y 29: Vaciado de la arena y colocado en recipiente para su respectivo pesado.....	135
Foto n°30, 31 y 32: Colocado del capipng de las unidades de albañilería días antes de realizar el ensayo de compresión axial.....	138
Foto n°33 y 34: Máquina para realizar el ensayo de compresión y colocado de planchas metálicas.....	139
Foto n°35 y 36: Muestra y colocado de muestra en máquina para realizar el ensayo de compresión.....	139
Foto n°37 y 38: Muestras de las unidades de albañilería después del ensayo de compresión axial .....	140
Foto n°39 y 40: Muestras de las unidades de albañilería después del ensayo de compresión axial .....	140
Foto n°41: Se regó con agua las unidades de albañilería 24 horas antes de la construcción de los prismas de albañilería, se procedió a regar los ladrillos de	

arcilla durante media hora .....	144
Foto n°42 y 43: Instrumentos usados y aplomado de verticalidad de las pilas de unidades de albañilería usando plomada .....	145
Foto n°44: Nivel de mano, se utilizó para controlar el nivel la horizontalidad de las pilas .....	145
Foto n°45 y 46: Control de verticalidad y horizontal de la pila .....	146
Foto n°47: Pila lista para el ensayo de compresión axial .....	146
Foto n°48: Vista de la pila de ladrillos durante el ensayo de resistencia a la compresión axial .....	147
Foto n°49: Vista de la pila de ladrillos después del ensayo de resistencia a la compresión axial .....	147
Foto n°50: Falla localizada en la pila después del ensayo de compresión axial .....	148
Foto n°51 y 52 Falla por agrietamiento vertical .....	153
Foto n°53 y 54 Falla por agrietamiento vertical .....	153
Foto n°55 y 56 Falla por aplastamiento y agrietamiento vertical .....	154
Foto n°57: Muestra del murete .....	156
Foto n°58: Corte del ladrillo para la elaboración de muretes .....	156
Foto n°59 y 60: Control de las juntas en elaboración del murete .....	157
Foto n°61: Taponeo de agujeros donde irán los cabezales con mezcla 1:3 .....	158
Foto n°62: Colocado de caping en zonas donde el prisma estará en contacto con los cabezales .....	158
Foto n°63: Traslado de prismas .....	159
Foto n°64: Equipo para realizar la compresión diagonal .....	159
Foto n°65: Prisma antes del ensayo de corte diagonal .....	160
Foto n°66: Prisma durante el ensayo de corte diagonal .....	160
Foto n°67: Prisma después del ensayo de corte diagonal .....	161
Foto n°68 y 69: Falla por tensión diagonal en junta .....	167
Foto n°70 y 71: Falla en juntas y aplastamiento en la base de apoyo del cabezal... ..	168
Foto n°72: Falla por deslizamiento .....	168

## ÍNDICE DE FORMULAS

Fórmula n°01. Ensayo de granulometría .....	38
Fórmula n°02. Límite líquido para n golpes .....	40
Fórmula n°03. Límite líquido, donde: $20 < n \text{ golpes} < 30$ .....	41
Fórmula n°04. Índice de grupo .....	47
Fórmula n°05. Resistencia a la compresión .....	56
Fórmula n°06. Variación dimensional .....	58
Fórmula n°07. Succión .....	62
Fórmula n°08. Volumen de arena que tuvo lugar en la unidad de prueba .....	66
Fórmula n°09. Medida del área de vacíos en unidades perforadas .....	67
Fórmula n°10. Variación de dimensión en porcentaje .....	90
Fórmula n°11. Resistencia a la compresión del ladrillo .....	93
Fórmula n°12 Absorción .....	95
Fórmula n°13 Succión .....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n°01. Tipos de albañilería.....	29
--	----

Figura n°02 .....	39
Figura n°03. Instrumento y equipo: ensayo de límites de atterberg .....	41
Figura n°04. Rangos de límite líquido e índice de plasticidad para los grupos de suelos a-4, a-5, a-6 y a-7.....	48
Figura n°05. Cuadro para obtener el índice de grupo del suelo. ....	48
Figura n°06. Carta de plasticidad de Casagrande (según astm d 2487-93).....	50
Figura n°07. Cuña de alabeo y ensayo de alabeo.....	60
Figura n°08. Cuña para medir el alabeo.....	61
Figura n°09. Proceso de fabricación del ladrillo de arcilla.....	69
Figura n°10. Flujo general del proceso de fabricación .....	70
Figura n°11. Ladrillo macizo .....	81
Figura n°12. Ladrillo perforado .....	81
Figura n°13. Ladrillo tubular .....	82
Figura n°14. Medición de convexidad .....	91
Figura n°15. Aplicación de carga.....	160
Figura n°16. Tipos de falla en muretes sujetos a compresión diagonal .....	164

## **INTRODUCCIÓN**

La Investigación efectuada **“EVALUAR LA INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DE LAS CIZALLADURAS DE ACERO ESTRUCTURAL EN LA ADICIÓN DE LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA MAS VENDIDAS EN LA CIUDAD DEL CUSCO, ANALIZADAS EN LA LADRILLERA BELLOTA E.I.R.L, DE SAN JERONIMO - CUSCO”**, busca evaluar las características de Alabeo, Variación de la Dimensión, Absorción, Succión, Resistencia a la Compresión Axial y Compresión diagonal; de las unidades de albañilería King Kong 18 huecos, elaboradas con adición de acero cizallado y determinar su clasificación para fines estructurales según la NORMA TÉCNICA E.070 DE ALBAÑILERÍA. Y lograr una adecuada utilización de esta unidad en el ámbito de la construcción; de acuerdo a las características físico-mecánicas que presente.

Para cumplir con nuestro objetivo era necesario contar con el respaldo de una ladrillera, por lo que se logró gestionar que, la ladrillera BELLOTA nos brinde enteramente la disposición de sus instalaciones, además de información técnica importante que permitió desarrollar con éxito la presente investigación y usar como unidad patrón, a la unidad de albañilería King Kong 18 huecos que producen, y que es denominada por la ladrillera semi-industrializada BELLOTA como “Súper King Kong”, además de considerarse una de las ladrilleras más recomendadas por producir unidades de albañilería King Kong 18 huecos con buenas propiedades resistentes.

Este trabajo de investigación está compuesto de 3 capítulos, En el Capítulo I: Planeamiento metodológico que describe la Realidad Problemática, la delimitación de la Investigación, así como los problemas y objetivos. Asimismo, las Hipótesis de estudio, las variables, el diseño de investigación, la población y muestra, así como las Técnicas e Instrumentos de la Recolección de Datos.

En el Capítulo II, se desarrolla el Marco Teórico, el cual contiene los Antecedentes de la Investigación, las Bases Teóricas y términos técnicos usados en la investigación.

En el Capítulo III se presentan el análisis e interpretación de resultados. Finalizando el estudio con las Conclusiones y Recomendaciones.

## CAPÍTULO I

### PLANEAMIENTO METODOLÓGICO

#### 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La unidad de albañilería estructural se produce en: fábricas sofisticadas con un estricto control de calidad, también sin control de calidad. Para desarrollar la albañilería estructural es imprescindible, definir los tipos y dimensiones de los ladrillos según la norma E 0.70, en lo que se refiere a dimensiones preferidas o estándar y además hay que clasificarlas según su calidad para su utilización en obra. En estas condiciones muy variadas que tenemos en nuestra localidad, la fabricación de la unidad de albañilería es prácticamente imposible cumplir este objetivo principal, salvo en pequeños sectores donde la actividad es controlada por estándares de calidad.

Debido a que algunas veces no se cuenta con dirección técnica adecuada y/o un control de calidad antes, durante y después de la elaboración de tales unidades, se hace poco confiable el comportamiento físico-mecánico de esta unidad en el ámbito de la construcción; por lo que le adicionamos residuos del cizallaje de acero de construcción, debido a las características que el acero nos brinda, como: resistencia a la abrasión, elasticidad, dureza, tenacidad; esta adición tiene el fin de mejorar las características físico-mecánicas de la unidad de albañilería King Kong 18 huecos, e implementar nuevos conocimientos al área de Tecnología de los Materiales, a través de la presente investigación.

Lo mencionado nos llamó la atención para estudiar las formas de mejorar la calidad y características del ladrillo King Kong 18 huecos en la región.

#### 1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Espacial: ladrilleras de San Jerónimo

Temporal: 2016-2017

Cuantitativa: 400 muestras de ladrillos

## **1.3 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 PROBLEMA PRINCIPAL**

¿Cómo Influye la adición porcentual de los residuos de acero cizallado en el comportamiento físico-mecánico de las unidades de albañilería King Kong 18 huecos, elaboradas en la LADRILLERA BELLOTA del Sector de San Jerónimo – Cusco?

### **1.3.2 PROBLEMAS SECUNDARIOS**

- ¿En qué medida (en porcentaje), la adición de residuos de la cizalladura de acero estructural, mejora las propiedades físicas de la unidad de albañilería más vendida en la ciudad del Cusco (alabeo, variación dimensional, succión, absorción), ensayado en el proceso de fabricación?
- ¿En qué medida (en porcentaje), la adición de residuos de la cizalladura de acero estructural, mejora la resistencia a la compresión axial de la unidad de albañilería más vendida en la ciudad del Cusco?
- ¿En qué medida (en porcentaje), la adición de residuos de la cizalladura de acero estructural, mejora la resistencia a la compresión axial de la pila de albañilería más vendida en la ciudad del Cusco?
- ¿En qué medida (en porcentaje), la adición de residuos de la cizalladura de acero estructural, mejora la resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería más vendida en la ciudad del Cusco?

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar en qué medida la incorporación en porcentaje de los residuos de la cizalladura de acero estructural en la etapa de fabricación, mejora las características físicas y mecánicas de la unidad de albañilería más vendida en la ciudad del Cusco, elaborados en la ladrillera BELLOTA de San Jerónimo-Cusco.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer en qué medida (en porcentaje), la adición de residuos de la cizalladura de acero estructural, mejora las propiedades físicas de la unidad de albañilería más vendida en la ciudad del Cusco (alabeo, variación dimensional, succión, absorción), ensayado en el proceso de fabricación.
- Determinar el porcentaje óptimo de residuos de la cizalladura de acero estructural adicionado a las unidades de albañilería King Kong 18 huecos para lograr mayor Resistencia a Compresión axial de la unidad de albañilería.
- Determinar el porcentaje óptimo de residuos de la cizalladura de acero estructural adicionado a las unidades de albañilería King Kong 18 huecos para lograr mayor Resistencia a Compresión axial de la pila unidad de albañilería.
- Determinar el porcentaje óptimo de residuos de la cizalladura de acero estructural adicionado a las unidades de albañilería King Kong 18 huecos para lograr mayor Resistencia a Compresión diagonal del murete de albañilería.

#### **1.4.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL**

La unidad de albañilería King Kong 18 huecos elaborada con adición de acero cizallado tendrá un mejor comportamiento físico-mecánico que una unidad de albañilería King Kong 18 huecos tradicional.

##### **1.5.2 HIPÓTESIS SECUNDARIAS**

- ✓ La adición de residuos de la cizalladura de acero estructural, mejoraría las propiedades físicas de la unidad de albañilería más vendida en la ciudad del Cusco (alabeo, variación dimensional, succión, absorción), ensayado en el proceso de fabricación, comparándolo con un ladrillo king Kong 18 huecos tradicional.
- ✓ La adición de residuos de la cizalladura de acero estructural agregado a las unidades de albañilería King Kong 18 huecos mejoraría la Resistencia a Compresión axial de la unidad de albañilería comparado con un ladrillo King Kong 18 huecos tradicional.

- ✓ La adición de residuos de la cizalladura de acero estructural agregado a las unidades de albañilería King Kong 18 huecos mejoraría la Resistencia a Compresión axial de la pila unidad de albañilería, comparándolo con una pila de ladrillos King Kong tradicionales
- ✓ La adición de residuos de la cizalladura de acero estructural a las unidades de albañilería King Kong 18 huecos mejoraría Resistencia a Compresión diagonal del murete de albañilería comparándolo con un murete fabricado con ladrillos King Kong tradicionales

### 1.5.3 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES

#### VARIABLE INDEPENDIENTE

- ✓ Acero cizallado.
  - Color
  - Calidad
  - Origen
  - Tamaño de partícula
- ✓ Materia prima del ladrillo
  - Límites de consistencia
  - Índice de plasticidad
  - Granulometría
  - Cantidad de arena

#### VARIABLE DEPENDIENTE

##### • PROPIEDADES FÍSICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA KING KONG 18 HUECOS.

- Dimensionamiento (cm)
- Alabeo (mm)
- Succión (gr/min/200cm<sup>2</sup>)
- Absorción (%)

- **PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA KING KING 18 HUECOS.**

- Compresión axial de la unidad de albañilería (kg/cm<sup>2</sup>)
- Compresión axial de pilas de albañilería (kg/cm<sup>2</sup>)
- Compresión diagonal de muretes de albañilería (MPa)

## **1.6 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación presente titulada “Evaluar la influencia de los residuos de las cizalladuras de acero estructural en la adición en la fabricación de las unidades de albañilería más vendida en la ciudad del cusco, analizadas en la ladrillera BELLOTA, San Jerónimo Cusco” es una **INVESTIGACION CUANTITATIVA Y EVALUATIVA**, porque intenta resolver un problema práctico y además hace uso del conocimiento existente actualmente para lograr este objetivo.

Es una Investigación cuantitativa, porque el estudio se realizó mediante la observación, registro y análisis de las variables intervinientes en la investigación el cual permitió el estudio de los datos que se basa en la cuantificación y cálculo de los mismos.

### **1.6.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

La investigación presente tiene como nivel de investigación **EXPLICATIVO**, porque se busca determinar o establecer el porqué de un fenómeno (MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS) explicando este mediante otro fenómeno (ADICION DE CIZALLADURA DE ACERO ESTRUCTURAL).

La investigación presente es una investigación **CAUSAL – MULTIVARIADO**.

### **1.6.3 MÉTODO**

El método que se usará en la presente investigación es **EXPERIMENTAL**, porque manipula una variable y busca medir el efecto de la variable

independiente (cizalladura de acero estructural en 1%,3%, 6%) respecto al peso de la unidad (mejoramiento de las propiedades físicas y resistencia a la comprensión axial de la unidad, pila y muretes de albañilería).

## 1.7 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

### POBLACIÓN

Constituyen las unidades, pilas y muretes de albañilería hechos con ladrillos King Kong de 18 huecos de la fábrica Bellota del distrito de San Jerónimo de la Ciudad del Cusco.

Para efectos de alcanzar los objetivos de la presente investigación, la población correspondiente a este estudio está conformada por unidades, las pilas y los muretes fabricados con ladrillo King Kong 18 huecos en la ciudad del cusco.

### MUESTRA

La muestra representativa con la cual se trabajó es la siguiente:

Unidades y pilas estándar y con adición de cizalladura de acero estructural.

- 20 ladrillos King Kong 18 huecos sin adición de cizalladura para las pruebas físicas.
- 20 ladrillos King Kong 18 huecos con adición de cizalladura para las pruebas físicas.
- 20 ladrillos King Kong 18 huecos sin adición de cizalladura para las pruebas mecánicas.
- 20 ladrillos King Kong 18 huecos con adición de cizalladura para las pruebas mecánicas.
- 05 Pilas King Kong 18 huecos sin adición de cizalladura.
- 05 Pilas King Kong 18 huecos con adición de cizalladura.
- 03 muretes de ladrillos King Kong 18 huecos sin adición de cizalladura.
- 03 muretes de ladrillos King Kong 18 huecos con adición de cizalladura.

**TABLA N°1. NÚMERO DE MUESTRAS REQUERIDAS**

Ensayos	NUMERO DE MUESTRAS				
	0%	1%	3%	6%	TOTAL
Alabeo.	5	5	5	5	20
Variación Dimensional.	5	5	5	5	20
Área de huecos	5	5	5	5	20
Succión.	5	5	5	5	20
Resistencia a Compresión de la unidad	5	5	5	5	20
Resistencia a Compresión de pilas	5	5	5	5	20
compresión diagonal(muretes)	3	3	3	3	12
total de muestras	33	33	33	33	132

## 1.8 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS

### 1.8.1 TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE LOS DATOS.

El procedimiento que se uso fue el de OBSERVACIÓN

### 1.8.2 INSTRUMENTOS

Los instrumentos que se usarón son: la ficha de observación, vernier, máquina de compresión axial y de corte diagonal, balanza, regla metálica, wincha, nivel de mano, plomada, recipiente.

## 1.9 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se justifica por la necesidad de mejorar las propiedades de las unidades de albañilería y evitar el deterioro prematuro de las edificaciones construidas con albañilería, debido a la acción de agentes externos, quienes son

responsables de que un muro de ladrillo no cumpla con la vida útil para el que fue diseñado.

También es importante por:

- Es una nueva alternativa para la mejora de las propiedades de las unidades de albañilería (especialmente la resistencia a la compresión axial) en nuestra región.
- Es generador de nuevos temas de investigación, utilizando otros aditivos (diferentes tipos de metales).
- Motiva a la ampliación de la investigación, mediante la realización de ensayos que midan la resistencia a la compresión diagonal de muretes y el uso de diferentes unidades de albañilería y obteniendo otros parámetros relacionados con las propiedades químicas, físicas y mecánicas de los suelos.
- En lo social contribuye a mejorar la calidad de las viviendas de albañilería y por ende mejora la calidad de vida del poblador.
- Los residuos de acero estructural, es un desperdicio que se encuentran en talleres de metal mecánica y estos son desechado contaminado el medio ambiente, esta tesis contribuye en el reciclado de esto que se desecha.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1 EN EL MUNDO:

- **Título: “Evaluación del uso del carbonato de calcio como aditivo fundente en la producción de ladrillos de cerámica roja, investigación y desarrollo”**

**Autor:** Ing. Díaz Cardenas, Yosvany

**Año:** 2011

**Universidad:** Universidad central “Marta Abreu de las Villas” facultad de construcciones. Santa Clara-2011 Cuba.

Resumen:

Desde el año 2004 y partiendo concepto del anterior, en el Centro de Investigación y Desarrollo de Estructuras y Materiales (CIDEM) se trabaja en la utilización del  $\text{CaCO}_3$  como fundente, en la producción de ladrillos de cerámica roja, a partir de la adición en pequeñas dosis (menores  $<10\%$ ) al material arcilloso que se emplea en la fabricación de ladrillos cerámicos, logrando efectos beneficiosos que permiten mantener las propiedades físico – mecánicas de los ladrillos, cuando la temperatura de cocción disminuye de  $1000^\circ\text{C}$  hasta  $900^\circ\text{C}$ , y la del consumo de combustible, en proporciones de un 20% en relación a práctica tradicional en la producción artesanal, sin que se afecte la calidad del producto cerámico final . Sin embargo, en anteriores trabajos, no se analiza la potencialidad del  $\text{CaCO}_3$ , tomando en cuenta otros aspectos, como la finura o tamaño de partículas del mismo. Según algunos autores, la superficie específica del  $\text{CaCO}_3$  adicionado al material arcilloso, influye en las propiedades finales del producto cerámico. Otro aspecto no analizado en el trabajo es lo relacionado con la influencia que podría tener el  $\text{CaCO}_3$  sobre los procesos tecnológicos, como es el secado y la cocción. Estos procesos son de gran importancia y muy necesarios si se quiere aplicar este trabajo en la industria. Por todo esto, en esta

investigación se aborda de forma precisa la utilización del  $\text{CaCO}_3$ , como mineral fundente en la producción industrial de ladrillos de cerámica roja, con el objetivo de evaluar su influencia en los procesos tecnológicos, como el secado y la cocción, además de caracterizar la influencia del molido en su acción fundente en el producto cerámico. Para realizar este trabajo bajo las condiciones de Cuba, se utilizó la metodología que a continuación se expone.

Planteamiento y Definición del Problema: Se detecta que el  $\text{CaCO}_3$  posee un impacto positivo en la mejora de la eficiencia energética de la producción de ladrillos de cerámica roja, al propiciar una disminución de los costos de producción, a partir de la disminución del consumo de combustible durante el proceso de cocción. No obstante, existen elementos que dificultan hoy la utilización del  $\text{CaCO}_3$  como fundente en la industria, ya que no se conoce la finura más adecuada para su utilización, así como la influencia de la misma en las reacciones de sinterización que ocurren dentro de los materiales cerámicos. Por otro lado, no se han podido justificar algunos de los impactos beneficiosos de la utilización del  $\text{CaCO}_3$ , como por ejemplo, en el tiempo de cocción, en el consumo de combustible; además, no se han analizado otros posibles impactos sobre los procesos tecnológicos como puede ser en el secado. De ahí que en esta investigación se plantea el siguiente problema científico:

¿Cómo será el comportamiento del carbonato de calcio finamente molido si se utiliza como aditivo fundente en la producción de ladrillos de cerámica roja?

El trabajo presenta como principal objeto de estudio, la producción de ladrillos de cerámica roja a escala de mediana industria, donde su principal campo de aplicación está en la utilización de aditivos fundentes para la producción de ladrillos cerámicos, con vistas a lograr mejoras en los procesos productivos.

Objetivo general: Evaluar las características que debe tener el  $\text{CaCO}_3$  para ser utilizado como fundente en la producción industrial de ladrillos de cerámica roja y su influencia sobre los procesos de secado y cocción.

Objetivos específicos:

1. Evaluar la influencia del tamaño de las partículas de  $\text{CaCO}_3$  como fundente en la reacción de sinterización de los materiales cerámicos.

2. Definir los parámetros tecnológicos para el uso del  $\text{CaCO}_3$  como aditivo fundente a escala industrial, al evaluar su efecto sobre los procesos de secado y cocción.
3. Realizar una evaluación técnica - económica de la introducción del  $\text{CaCO}_3$  como aditivo fundente a escala industrial.

#### Conclusiones generales.

1. El uso del fundente  $\text{CaCO}_3$ , se presenta como una alternativa viable, para mejorar la eficiencia energética en la producción de materiales cerámicos, específicamente en la fabricación de los ladrillos huecos cocidos, no requiriendo para su implementación de cambios tecnológicos de consideración y los porcentajes en que deben ser utilizados son bajos (2 %); por lo que no implica aumentos significativos en los costos de producción, que se compensan con la disminución del consumo de combustible.
2. Se demuestra que la finura de molido del  $\text{CaCO}_3$  adicionado en pequeñas dosis a los materiales arcillosos, resulta ser efectiva a partir de las 150  $\mu\text{m}$ , lo cual se ve reflejado en la mejora de las propiedades físico – mecánicas, por los cambios que ocurren en la microestructura, a partir de la formación de fases mineralógicas como la anorthita y la albita.
3. Con la adición de  $\text{CaCO}_3$  al material arcilloso utilizado en la fabricación de ladrillos de barro, se disminuye el tiempo de secado en un 35% en comparación con los ladrillos elaborados sin la adición. Esto indica que la adición  $\text{CaCO}_3$  (al suelo arcilloso utilizado para la fabricación de ladrillos), provoca que los capilares faciliten el flujo de la humedad, porque se encuentran más abiertos en los ladrillos que contienen un 2% de  $\text{CaCO}_3$ , de forma tal que proporciona una mejor eliminación del agua de los poros.
4. Se constata que la adición de  $\text{CaCO}_3$  al material arcilloso utilizado en la fabricación de ladrillos, provoca un reordenamiento en la estructura de poros de los ladrillos sin quemar, hacia la formación de poros de mayor diámetro, facilitando la pérdida del agua intersticial y la eliminación del agua de composición, durante el precalentamiento en la etapa de cocción de los ladrillos, y propicia una disminución del consumo de combustible.

5. La adición de  $\text{CaCO}_3$  al suelo arcilloso utilizado en la fabricación de ladrillos huecos cocidos, provocó una disminución del tiempo de cocción, lo cual influye en la consiguiente disminución del consumo de combustible en un 27%, en comparación con los ladrillos cocidos sin la adición.

6. Los ensayos de calidad realizados a las muestras de ladrillos, demostraron que el empleo de  $\text{CaCO}_3$  como fundente en la producción de ladrillos cocidos, no produce afectaciones en la calidad del producto terminado, cumpliendo con los parámetros que se establecen en la norma cubana NC – 360 2005.

7. La reducción de los costos de producción observadas en las pruebas, en el Combinado Cerámico de Manicaragua, están en el orden de un 27%. Esta disminución se atribuye principalmente, al ahorro de combustible. Lo que podría significar, si esta tecnología es aplicada en los principales combinados del país, se podría evitar el gasto de las arcas nacionales, aproximadamente unos 2 536 380 dólares, por concepto de combustible para la cocción de ladrillos y bloques cerámicos.

#### Recomendaciones.

1. Completar el estudio de la influencia del carbonato de calcio en el proceso de secado, mediante ensayos de microestructura.

2. Continuar el estudio de las emisiones gaseosas provocadas durante la cocción de los ladrillos y verificar las potencialidades del  $\text{CaCO}_3$  contenido en los mismos, en su acción como posible depurador de las emisiones de azufre provocadas por la combustión de los combustibles.

3. Verificar la presencia de sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) en los ladrillos debido a la reacción del carbonato de calcio y el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) proveniente del combustible y analizar las posibles consecuencias sobre la calidad del producto terminado.

4. Evaluar con mayor profundidad el impacto económico, ecológico y social de la adición de carbonato de calcio como fundente en la fabricación de ladrillos de cerámica, a partir de un estudio de factibilidad económica.

- **Título: “Estudio, Caracterización y Evaluación de Puzolanas Locales en la masa cerámica del Ladrillo”.**

**Autores:** Alejandro Mella Stappung.

**Año:** 2004.

**Universidad:** Universidad del Bio. Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño departamento Ciencias de la Construcción. Escuela de Ingeniería en Construcción - Chile – Concepción.

“Este trabajo de grado se realizó con el objetivo de investigar los beneficios de la incorporación de puzolana a la masa Cerámica del Ladrillo: Se ha empleado la puzolana en la fabricación de algunos materiales como el cemento, pues en combinación con el Clínker reduce considerablemente la utilización de éste.

También se le emplea como adición en morteros y hormigones, donde reacciona con sus componentes y produce distintos efectos; como evitar su debilitamiento, impedir problemas de expansión y proporcionar mayor durabilidad a la estructura.

Después de haber analizado las características y propiedades de la puzolana, cosa que no fue muy fácil debido a que hay poca información referente al tema, se procedió a desarrollar la etapa experimental del proyecto. Se logra llevar a cabo la incorporación de puzolana a la masa cerámica del ladrillo, analizándose el comportamiento de las probetas mediante mediciones de: Densidad, Absorción, Conductividad Térmica y Resistencia a la Compresión. Los resultados obtenidos en esta experiencia fueron bastante alentadores, sobre todo en lo que se refiere a la Conductividad Térmica”

### **2.1.2 EN EL PERÚ:**

- **Título: “Análisis de la Influencia del Acero Pulverizado en la Resistencia a la Compresión del Concreto Simple”.**

**Autor:** Jorge Quelopana Villalba.

**Año:** 2012.

**Universidad:** Universidad Andina del Cusco.

El tema de investigación planteado permitirá definir las características Físico – Mecánicas del Agregado Grueso de la Cantera de “Vicho” y del Agregado Fino de la Cantera “Huambutío”, utilizadas en la dosificación del Concreto  $f'c=280$  Kg/cm<sup>2</sup> dentro de la ciudad del Cusco. Una vez determinada estas características se procederá a realizar el Diseño de Mezclas para una resistencia a Compresión  $f'c=280$  Kg/cm<sup>2</sup> del Concreto; luego se procederá a adicionarle porcentajes de Acero Pulverizado, ingresando este como un Agregado Fino.

- **Título: “Control de la trituración de los ladrillos huecos en muros de albañilería confinada sujetos a carga lateral cíclica”.**

**Autor:** Jonathan Gerardo Paredes Castro, David Jesús Caycho Pérez.

**Año:** 2009.

**Universidad:** pontificia Universidad Católica Del Perú.

El objetivo principal de este proyecto es analizar experimentalmente si el uso de refuerzo horizontal en muros de albañilería confinada sujetos cargas laterales cíclicas, permite controlar la trituración de los ladrillos de arcilla que presenten más de 30% de huecos. Cabe indicar que el uso de estos ladrillos huecos para la construcción de muros portantes se encuentra prohibido por la Norma Técnica E.070.

Al término de los ensayos se pudo observar que la adición de refuerzo horizontal atenúa el grosor de las grietas diagonales, retardando la trituración de las unidades de albañilería huecas, lo que evita la pérdida de resistencia y rigidez en los muros en las etapas tempranas del ensayo.

- **Título: “Procesos de Producción más limpia en ladrilleras de Arequipa y Cusco”.**

**Autores:** Manuel Casado Piñeiro.

**Año:** 2005.

**Universidad:** PRAL. Programa Regional de Aire Limpio – Cosude.

“La actividad de fabricación de ladrillos está ampliamente distribuida a nivel nacional. Las empresas más grandes por lo general están adecuadamente

formalizadas ante los gobiernos locales y ante la autoridad sectorial que es el Ministerio de la Producción. Poseen en su mayoría tecnologías de proceso mejor desarrolladas en cuanto a tipos de horno y combustibles que utilizan, lo cual les permite obtener productos de mejor calidad. Asimismo, están organizadas en forma empresarial desarrollando técnicas de gestión y de comercialización adecuadas con acceso a fuentes de financiamiento y créditos.

Por el contrario, la gran mayoría de empresas ladrilleras de micro y pequeño tamaño distribuidas a nivel nacional, y entre las cuales están incluidas las de Arequipa y Cusco, presentan un alto grado de informalidad y utilizan técnicas artesanales para la fabricación de sus productos. Emplean como combustible casi cualquier material que pueda ser quemado. Los hornos empleados son artesanales del tipo de fuego directo en los cuales la cocción se realiza depositando los combustibles en el interior sin ningún tipo de control de la temperatura. Los productos así elaborados difícilmente pueden cumplir los estándares de calidad establecidos...”.

## **2.2 BASES TEORICAS**

### **2.2.1 ALBAÑILERÍA.**

#### **2.2.1.1 DEFINICIÓN.**

“La Albañilería o Mampostería se define como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre sí con algún material, como el mortero de barro o de cemento. Las unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobe, tapias, ladrillos y bloques). Este sistema fue creado por el hombre a fin de satisfacer sus necesidades; de vivienda...”. (SAN BARTOLOME, 1994).

#### **2.2.1.2 TIPOLOGÍA.**

##### **a) 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...”. (NORMA TÉCNICA E.70 ALBAÑILERÍA).

Es la técnica de construcción que se emplea normalmente para la edificación de una vivienda. En este tipo de construcción los muros están confinados al sobre cimiento, losas, columnas y vigas de amarre.

### **b) ALBAÑILERÍA ARMADA.**

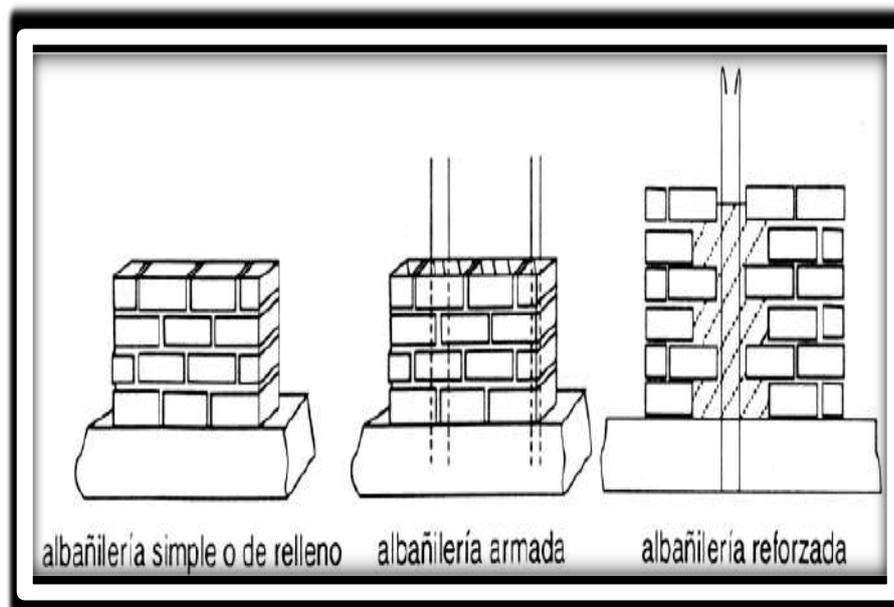
“Albañilería reforzada interiormente con varillas de Acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados...”. (NORMA TÉCNICA E.70 ALBAÑILERÍA).

Es un sistema alternativo de reforzamiento de las edificaciones construidas, donde se incorpora en los muros barras de acero que van insertadas verticalmente en los huecos de los ladrillos y horizontalmente van en las juntas de las hiladas o en canales de que están provistos algunos tipos de ladrillos.

### **c) ALBAÑILERÍA SIMPLE O NO REFORZADA.**

“Albañilería sin refuerzo (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta norma...”. (NORMA TÉCNICA E.070 ALBAÑILERÍA).

**FIGURA N° 1. TIPOS DE ALBAÑILERÍA.**



Fuente: Libro San Bartolomé, 1994.

## **2.2.2. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA.**

### **2.2.2.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES.**

Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.

Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima. Estas unidades pueden ser sólidas, huecas alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial. (NORMA TÉCNICA E.070 ALBAÑILERÍA).

“Las unidades de albañilería se denominan ladrillos o bloques. Los ladrillos se caracterizan por tener dimensiones-particularmente el ancho-y pesos que los hacen manejables con una sola mano en el proceso de asentado. El ladrillo tradicional es una pieza pequeña que usualmente no tiene un ancho mayor de 10 a 12 cm, y cuyo peso no excede los cuatro kilos”. (GALLEGOS & CASABONNE, ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, 2005)

“Lamentablemente, en muchas oportunidades, las industrias de ladrillo han decidido las dimensiones y pesos de las unidades que producen basándose, exclusivamente, en condiciones industriales y comerciales, sin tener en cuenta el proceso de construcción de la albañilería; el resultado de esta decisión ha sido ladrillos cada vez más anchos y pesados que llegan a ser difíciles o imposibles de manipular adecuadamente en obra. Una segunda característica de los ladrillos, adicional a la ya mencionada, es que normalmente el fabricante solo forma la pieza estándar; el resto de las piezas necesarias para la construcción, tales como terminales, cartabones y esquineros, tienen que ser cortadas en obra”. (GALLEGOS & CASABONNE, 2005).

### **2.2.2.2 TIPOLOGÍA.**

“La tipología de las unidades de albañilería se realiza casi universalmente basándose en el área neta, medida en proporción a la superficie bruta de la cara de asiento, y en las características de los alveolos. 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 pueden haber ladrillos o bloques.” (GALLEGOS & CASABONNE, 2005).

**a) LADRILLO SÓLIDO (MACIZO):**

Ladrillo que tiene una sección neta, en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento, equivalente al 70% o más de la sección bruta medida en el mismo plano. “El límite del 30 % para el área alveolar no es arbitrario, está ligado con el comportamiento estructural dúctil no frágil de las unidades en compresión y está avalado por diversos ensayos que sitúan el límite de vacíos, desde el punto de vista estructural alrededor del 30 %. (NTE E.070 ALBAÑILERÍA, 2006).

**b) LADRILLO HUECO (PERFORADO):**

Ladrillo que tiene una sección neta, en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento, equivalente a menos del 70% de la sección bruta medida en el mismo plano. (NTE E.070 ALBAÑILERÍA, 2006).

**c) LADRILLO TUBULAR:**

Ladrillo con huecos paralelos a la superficie de asiento. (NORMA TÉCNICA E.070 ALBAÑILERÍA, 2006).

**2.2.2.3 CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES.**

“Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla N° 02. (NORMA TÉCNICA E.70 ALBAÑILERÍA, 2006).

**TABLA N° 02. CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURAL**

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo 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 <sup>(1)</sup>	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP <sup>(2)</sup>	± 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.

Fuente: NORMA TÉCNICA E.070 ALBAÑILERÍA.

#### 2.2.2.4 ASPECTOS GENERALES DE LA UNIDAD EN ESTUDIO

“Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40% para unidades producidas artesanalmente se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.

La absorción de las unidades de arcilla no será mayor que 22%. La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior.

La unidad de albañilería estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones.

La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras, grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia”. (NTE E.070 ALBAÑILERÍA, 2006)

Se recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 y 20 gr/200 cm<sup>2</sup> (NTE E.070 ALBAÑILERÍA, 2006)

### 2.2.2.5 MATERIA PRIMA

La Arcilla es el agregado mineral terroso o pétreo que contiene esencialmente silicatos de aluminio hidratados. La arcilla es plástica cuando está suficientemente pulverizada y saturada, es rígida cuando está seca y es vidriosa cuando se quema a temperatura del orden de 1 000 °C. (NTP 331.017)

La materia prima básica son arcillas compuestas de sílice y alúmina con cantidades variables de óxidos metálicos y otros ingredientes. En general, las arcillas pueden ser clasificadas, dependiendo de su composición básica, como calcáreas y no calcáreas. Las primeras contienen alrededor de 15% de carbonato de calcio y producen ladrillos de color amarillento. Las segundas están compuestas de silicato de alúmina, tienen de 2 a 10% de óxidos de hierro y feldespato y queman a un color rojo o salmón, dependiendo del contenido de óxido de hierro.

Las arcillas se presentan en la naturaleza en forma pura, derivadas directamente de la degradación natural de las rocas ígneas o de los feldespatos o en depósitos aluviales o cólicos y están mezcladas con cantidades apreciables de arena y limo. (GALLEGOS & CASABONNE, ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, 2005)

“En general, las mejores arcillas para fabricar ladrillos son las impuras, con alrededor de 33% de arena y limo, pues estos reducen las contracciones y agrietamientos en el momento del secado y la quema.

En todo caso, con el propósito de ser adecuadas para la fabricación de ladrillos, las arcillas deben ser plásticas al mezclarse con agua, de modo tal que puedan ser formadas en moldes o por el dado de las extrusoras. Sus partículas deben tener suficiente adhesión para mantener la estabilidad de la unidad después del formado y ser capaces de unirse fundiéndose cuando se calientan a temperaturas elevadas, la incorporación de arena puede ayudar a mantener la estabilidad volumétrica de la unidad de albañilería. Finalmente, el producto terminado no debe mostrar agrietamientos.

Las arcillas superficiales satisfacen las condiciones anteriores y son las más fáciles de explotar, porque corresponden a una formación sedimentaria reciente y, por lo tanto, son las más empleadas; por otro lado, dado que están más

expuestas a la contaminación con sales por razones naturales y por el empleo agrícola del suelo, ellas producen las unidades más vulnerables a la eflorescencia”. (GALLEGOS & CASABONNE, ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, 2005)



(Fuente: Propia)

**FOTO N° 01 DESCRIPCIÓN:** Extracción de materia prima.



(Fuente: Propia)

**FOTO N°02 DESCRIPCIÓN:** Máquina procesadora y extrusora.



(Fuente: Propia)

**FOTO N° 03 Y 04 DESCRIPCIÓN:** Secado de unidades de albañilería



(Fuente: Propia)

**FOTO N° 05 Y 06 DESCRIPCIÓN:** Apilamiento de las unidades de albañilería y cargado al horno.

## 2.2.4.5.1 ENSAYOS

### 1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

#### a) OBJETIVO.

“Determinar el “porcentaje que pasa” de los diferentes tamaños de los componentes de la muestra de la materia prima Construir la curva granulométrica.

#### b) DEFINICIÓN.

En la clasificación de los suelos para usos de ingeniería es universalmente acostumbrado utilizar algún tipo de análisis granulométrico. El análisis granulométrico es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada. Obviamente para obtener un resultado significativo, la muestra debe ser estadísticamente representativa de la masa de suelo.

Como no es físicamente posible determinar el tamaño real de cada partícula independiente de suelo, la práctica solamente agrupa los materiales por rangos de tamaño. Para lograr esto se obtiene la cantidad de material que pasa a través de un tamiz con una malla dada, pero que es retenido en un siguiente tamiz, cuya malla tiene diámetros ligeramente menores a la anterior y se relaciona esta cantidad retenida con el total de la muestra pasada a través de los tamices.

Usar la serie de tamices: No 10, 30, 50, 100, 200, en lugar de la serie de tamices N° 10, 20, 40, 80, 160, etc. Una sujeción estricta a la norma de doblar siempre el tamaño del tamiz no mejora del todo la distribución granulométrica y lo que realmente se necesita es la utilización para producir la curva, de un número razonable de puntos que permitan una confiabilidad estadística. Para analizar suelos finos, debe ponerse siempre un tamiz No 200 al final de la serie.

#### c) INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.

- Juego de tamices: #4, # 8, # 10, # 16, # 30, # 40, # 50, # 100, # 200.
- Tapa y fondo.
- Tamizador mecánico.
- Horno con control de temperatura.

- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Recipientes metálicos.
- Brocha.
- Escobillón de metal.

#### **Tamizador mecánico.**

Es un dispositivo mecánico de tamizado, cuya finalidad es crear movimiento en los tamices y provocar que las partículas reboten, volteen o giren de manera que presenten diferentes orientaciones en la superficie de tamizado. El uso de un tamizador mecánico no se recomienda para tamizar agregado fino ya que el movimiento que produce el tamizador es en un sólo sentido lo cual causa la saturación de los espacios de la malla.

#### **d) PROCEDIMIENTO.**

1. Se debe obtener exactamente 500 gr (200 gr a discreción del instructor, pero las muestras mayores son estadísticamente más representativas) de suelo secado al horno tomado de una bolsa de muestra obtenida en el terreno. Si la muestra debe lavarse no es necesario pulverizar el suelo; sin embargo, el proceso se agiliza considerablemente si con anterioridad se pulveriza el suelo seco y se hace pasar a través de un tamiz N°200, descartando la fracción menor.
2. Hacer pasar la muestra a través de una serie de tamices que varíen desde los diámetros mayores arriba hasta los diámetros inferiores abajo. Como el objetivo de la práctica es lograr una curva semilogarítmica del porcentaje de material más fino contra el tamaño de las partículas, será necesario obtener una distribución razonable de puntos a lo largo del rango potencial de diámetros presentes en la muestra.

Para los suelos arenosos con granos finos, se recomienda dos series de tamices (en orden de arriba y hacia abajo) como siguen:

**TABLA N° 3. TAMICES PARA SUELOS ARENOSOS CON GRANOS FINOS.**

Serie Típica de Tamices		Serie Alternativa de Tamices	
Tamiz N°	Abertura (mm)	Tamiz N°	Abertura (mm)
Tapa		Tapa	
4	4.75	4	0.600
10	2.00	10	0.300
20	0.850	30	0.150
40	0.425	50	0.075
60	0.250	100	
140	0.106	200	
200	0.075		
Bandeja		Bandeja	

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil - Joseph Bowles.

3. Colocar la serie de tamices en un agitador electrónico automático y tamizar aproximadamente 5 a 10 min, dependiendo de una inspección visual sobre la dificultad probable dada la cantidad de material.

4. Quitar la serie de tamices del agitador mecánico y obtener el peso del material que quedo retenido en cada tamiz. Sumar estos pesos y comparar con el total obtenido (el residuo del material procedente del secado al horno con el cual se comenzó). Esta operación permite detectar cualquier pérdida de suelo durante el proceso de tamizado mecánico. Si se tiene una muestra de más del 2% con respecto al peso original del residuo se considera que el experimento no es satisfactorio y por consiguiente debe repetirse. 5. Calcular el porcentaje en cada tamiz dividiendo el peso retenido en cada uno de ellos por el peso de la muestra original. Esto es válido ya que el material que haya pasado a través del tamiz 200 pasaría cualquier otro tamiz por encima del tamiz 200 en la serie.

6. Calcular el porcentaje que pasa (o el porcentaje más fino que) comenzando por 100% y substraer el porcentaje retenido en cada tamiz como un proceso acumulativo.

### FÓRMULA N°1. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

$$\text{Porcentaje que pasa} = \text{Porcentaje que llega} - \text{porcentaje retenido}$$

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil - Joseph Bowles.

Se debe hacer una gráfica semi-logarítmica del tamaño de la partícula contra el porcentaje más fino...” (BOWLES, 1978)

## 2. LÍMITES DE CONSISTENCIA -LÍMITES DE ATTERBERG LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO.

### a) OBJETIVO.

Determinar el límite líquido y plástico de la materia en estudio

Clasificar el suelo de acuerdo a su comportamiento al grado de saturación.

Ser capaz de juzgar con buen criterio los comportamientos del suelo conociendo su grado de saturación.

### b) DEFINICIÓN.

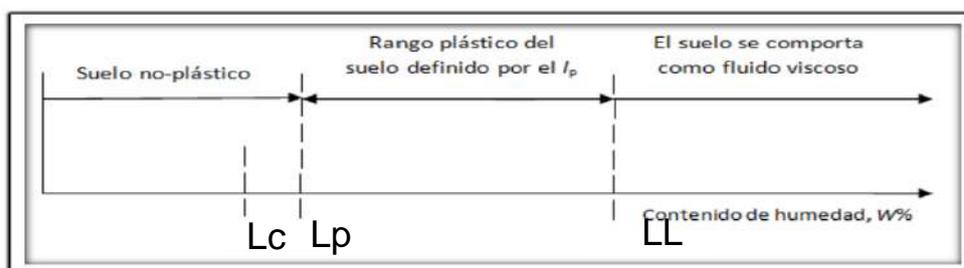
Los límites líquido y plástico son solo dos de los 5 límites propuestos por A. Atterberg; un científico sueco dedicado a la agricultura. Estos límites son:

**a. Límite plástico:** Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico.

**b. Límite Líquido:** Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso. Los límites líquido y plástico han sido ampliamente utilizados en todas las regiones del mundo, principalmente con objetivos de identificación y clasificación de suelos.

La localización relativa de los límites de contracción  $L_c$ , plástico  $L_p$ , y líquido  $L_l$ , se muestran sobre una escala de humedad en la siguiente figura:

FIGURA N° 2



Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil - Joseph Bowles.

Para poder establecer valores definidos, reproducibles de éstos límites, se propuso que el límite líquido se definiera arbitrariamente como el contenido de

humedad al cual una masa de suelo húmedo colocada en un recipiente en forma de cápsula de bronce, separada en dos por la acción de una herramienta para hacer una ranura-patrón, y dejada caer desde una altura de 1 cm, sufra después de dejarla caer de 25 veces una falla o cierre de la ranura en una longitud de 12.7 mm. La norma ASTM para esta prueba estipula el uso de agua destilada para la preparación de la muestra. Sin embargo, la mayoría de los laboratorios utilizan agua común con resultados satisfactorios.

Los ensayos de límites de Atterberg deben hacerse sobre suelos tamizados a través de la malla N° 40. Comúnmente

El límite líquido es una medida a la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad, se puede decir que el límite líquido representa para todos los suelos un valor de resistencia al corte entre 20 y 25 gr x cm<sup>2</sup>. Otra observación fundamental de las investigaciones hechas consiste en que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en la muestra disminuyen.

El límite plástico tiende a incrementar en valor numérico a medida que disminuye el tamaño de las partículas presentes en la muestra. El límite plástico es también una medida de la resistencia al corte del suelo.

Hoy en día se ha determinado que tanto el límite líquido como el límite plástico dependen del porcentaje de la arcilla presente en la fracción que pasa a través del tamiz No 40 del suelo.

## FÓRMULA N° 2. LÍMITE LÍQUIDO PARA N GOLPES

$$LL = \omega_N \left( \frac{N}{25} \right)^{\tan \beta}$$

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil - Joseph Bowles.

Donde:

$\omega_N$  = Contenido de humedad al número de golpes N obtenido en el ensayo.

$\beta$  = Pendiente de la recta característica en el gráfico semilogarítmico  $\omega$  vs.  $\log N$ .

Para esta serie de valores de límite líquido, se encontró que  $\tan\beta = 0.121$  resultó una buena aproximación, de donde se puede expresar la ecuación anterior como:

### FÓRMULA N° 3. LÍMITE LÍQUIDO, DONDE: $20 < N \text{ GOLPES} < 30$

$$\omega_L = LL \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil - Joseph Bowles.

El valor de  $\tan\beta$  no es siempre 0.121 para todos los suelos; sin embargo, se puede generalmente obtener buenos resultados a partir de esta ecuación, si el contenido de humedad  $\omega N$  utilizado en la fórmula se determina para un número  $N$  de golpes entre 20 y 30. Lo anterior puede explicarse debido a que en un rango tan pequeño de la curva de flujo el cambio en movimiento vertical (contenido de humedad) es pequeño aún para curvas muy pendientes.

El límite plástico se ha definido arbitrariamente como el contenido de humedad del suelo al cual un cilindro se rompe o se resquebraja, cuando se enrolla a un diámetro de 3 mm o aproximadamente 3 mm.

#### c) INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.

- Recipientes para contenido de humedad.
- Cuchara de Casagrande.
- Ranurador – patrón.
- Probeta. Espátula de metal.
- Cápsula de porcelana.
- Horno con control de temperatura.
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Placa de vidrio para hacer límite plástico.

FIGURA N° 3 INSTRUMENTO Y EQUIPO: ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG.



#### d) PROCEDIMIENTO.

##### LÍMITE LÍQUIDO.

1. Se debe pulverizar una cantidad suficiente de suelo secado al aire (de una muestra de 5 Kg puesta a secar al aire la semana anterior a la ejecución del ensayo), para obtener una muestra representativa del material que pasa a través del tamiz No 40 de alrededor de  $250 \pm 10$  gr.

2. A continuación se debe verificar que la altura de la máquina del límite líquido que va a utilizar sea exactamente de 1 cm ( $\pm 1$  mm). Para esta operación se puede utilizar la cabeza en forma de dado de 1 cm en el extremo superior del ranurador - patrón. Hacer la calibración con respecto a la marca de desgaste que se nota en la parte inferior de la cazuela. Colocar 250 gr. de suelo en un

recipiente de porcelana, añadir una pequeña cantidad de agua y mezclar cuidadosamente el suelo hasta obtener un color uniforme. Una mezcla pobre del conjunto suelo-agua es generalmente causa adicional de error en el ensayo.

3. Cuando el color es uniforme en toda la mezcla y ésta adquiere una apariencia cremosa, su estado es adecuado en general.

4. Se debe continuar añadiendo pequeñas cantidades adicionales de agua y mezclando cada vez hasta obtener una mezcla homogénea. Cuando se encuentre el suelo en un punto de consistencia (pegajosidad) tal que se pueda estimar (o simplemente hacer un ensayo de prueba) que tomará alrededor de 50 golpes para cerrar en una longitud de 12.7 mm la ranura, remover alrededor de 20 gr. De esta muestra adecuadamente mezclada del plato en el que se está trabajando para determinación posterior del límite plástico. A continuación, se debe añadir un poco más de agua de manera que la consistencia resultante permita un número de golpes para la falla en el rango de 30 a 40.

5. Remover la cazuela de bronce del aparato del límite líquido y colocar dentro de la cazuela una pequeña cantidad de suelo hasta la profundidad adecuada para el trabajo de la herramienta ranuradora, bien centrada en la cazuela con respecto al pasado. A continuación, se debe emparejar la superficie de la pasta de suelo cuidadosamente con una espátula, y mediante el uso de la herramienta ranuradora, cortar una ranura clara, recta, que separe completamente la masa de suelo en dos partes. Tomar una muestra para medir contenido de humedad (tan grande como sea posible y cercana a los 40 gr.) y colocarla en una lata o recipiente para humedad cuyo peso debió determinarse con anterioridad, y asegurarse que esta muestra corresponde a la zona donde se cerró la ranura. Colocar la tapa del recipiente para contenido de humedad.

6. Remover los restos de suelo de la cazuela y volverlos al recipiente donde se había preparado la muestra. Lavar y limpiar perfectamente la cazuela. Añadir una pequeña cantidad de agua al recipiente de porcelana de preparación de suelo y mezclar cuidadosamente hasta obtener una coloración homogénea y consistencia para obtener un número de golpes entre 25 y 30 aproximadamente. Repetir los pasos anteriores. Repetir la secuencia para dos ensayos adicionales

con número de golpes entre 20 y 25 y entre 15 y 20 respectivamente para un total de cuatro determinaciones en el ensayo. No es aconsejable dejar la muestra de suelo en la cazuela de bronce por un período de tiempo muy largo. Esto podrá permitir el desarrollo de adhesión entre el suelo y la cazuela.

7. Pesar las cuatro muestras de humedad obtenidas en los diferentes ensayos, remover las tapas, y colocar los recipientes en un horno a 110 °C para que se seque durante la noche.

### **LÍMITE PLÁSTICO.**

El siguiente paso consiste en determinar el límite plástico del suelo. Para aumentar la precisión eliminando los errores de pesada, el ensayo se debe de hacer de la siguiente manera.

1. Dividir en varios pedazos o porciones pequeñas la muestra de 20 a 30 g de suelo que se había separado con anterioridad durante la preparación de la muestra para límite líquido.

2. Enrollar el suelo con la mano extendida sobre una placa de vidrio colocando a su vez sobre una superficie lisa, con espacio suficiente para moldearlo en forma de cilindro o hilo de diámetro uniforme por la acción de unos 80 a 90 golpes o movimientos de mano por minuto (un golpe = movimiento hacia adelante y hacia atrás). Cuando el diámetro del hilo o cilindro de suelo llegue a 3 mm (1/8 pulg).

3. Se debe romper en pequeños pedazos, y con ello moldear nuevamente unas bolas o masas que a su vez vuelvan a enrollarse.

4. El proceso de hacer bolas o masas de suelo y enrollarla debe continuarse alternativamente hasta cuando el hilo o cilindro de suelo se rompa bajo la presión de enrollamiento y no permita que se enrolle adicionalmente. Si el cilindro se desmorona a un diámetro superior a 3mm esta condición es satisfactoria para definir el límite plástico si el cilindro se había enrollado con anterioridad hasta más o menos 3 mm. La falla del cilindro se puede definir de la siguiente forma:

a. Simplemente por separación en pequeños pedazos.

b. Por desprendimiento de escamas de forma tubular (cilindros huecos) de dentro hacia fuera del cilindro o hilo de suelo.

c. Pedacitos sólidos en forma de barril de 6 a 8 mm de largo (para arcillas altamente plásticas).

5. Para producir la falla no es necesario reducir la velocidad de enrollado y/o la presión de la mano cuando se llega a 3mm de diámetro.

Esta secuencia debe repetirse el número de veces que se requieran para producir sufrientes pedazos de cilindros que permitan llenar un recipiente de humedad. Pesar el recipiente cubierto, remover su tapa y colocarlo dentro del horno” (BOWLES, 1978)

“Atterberg encontró que la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, denominado índice de plasticidad (IP), representaba una medida satisfactoria del grado de plasticidad de un suelo. Luego sugirió que estos dos límites sirvieran de base en la clasificación de los suelos plásticos. Acorde al valor del índice de plasticidad, distinguió los siguientes materiales.

Suelos desmenuzables ( $IP < 1$ )

Suelos débilmente plásticos ( $1 < IP < 7$ )

Suelos medianamente plásticos ( $7 < IP < 15$ )

Suelos altamente plásticos ( $IP > 15$ )” (Suriol Castellví & Puy Santín , 2005)

### **3. CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

#### **a) OBJETIVO**

Clasificar la muestra de materia prima recolectada de la ladrillera BELLOTA, para su debida identificación de componentes.

#### **b) MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN**

“Existen varios métodos de clasificación de suelos- el conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el de la Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transportes (AASHTO).

Todos los sistemas de clasificación de interés primordial para el ingeniero geotécnico utilizan los límites de Atterberg (por lo menos los límites líquido y plástico) con un análisis parcial o total de granulometría, y el proceso de eliminación para la clasificación de un suelo. En todos los sistemas de clasificación es absolutamente esencial acompañar el símbolo de clasificación con la descripción debida del suelo, pues el símbolo particular de grupo es demasiado amplio y general como criterio de clasificación para suelos específicos.

Debido a que existe mucha similitud entre los diferentes métodos y a que los métodos de clasificación de suelos unificados y AASHTO, son los más ampliamente usados, esta práctica de laboratorio tendrá en cuenta solamente estos dos sistemas.

### **SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO**

La tabla N° 04 muestra el sistema de clasificación de la AASHTO, la figura N°04, provee una forma de utilizar los límites plástico y líquido para obtener la clasificación de los suelos entre los grupos A-4 y A-7, para los cuales el hecho de tener más de un 35% de material más fino que el tamiz N° 200, es un factor esencial de clasificación. Este factor puede también utilizarse para obtener la clasificación de subgrupo de los suelos de titulados A-2, para los cuales el hecho de tener menos del 35% de material más fino que el tamiz N° 200, es un factor esencial de clasificación. La designación de los subgrupos en el grupo A-2 se logra determinando si el suelo A-2 clasificado de acuerdo con su análisis granulométrico, pero tiene propiedades plásticas (*LL* y *LP*) características de los suelos A-4, A-5, A-6 ó A-7.

El sistema de clasificación AASHTO utiliza además un índice de grupo para comparar diferentes suelos dentro de un mismo grupo. El índice de grupo se calcula de acuerdo con la fórmula N°4 o de acuerdo a la figura N° 04. El índice encontrado de esa forma se redondea al entero siguiente y se reemplaza entre paréntesis después del número de clasificación correspondiente.” (BOWLES,1978)

**TABLA N° 4. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO.**

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA N° 200)							SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUBGRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
% QUE PASA TAMIZ N° 10 N°40 N° 200	MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15	MAX. 50 MAX. 25	MIN. 51 MAX. 10	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MAX. 35	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36	MIN. 36
Características del material que pasa el tamiz N° 40 LÍMITE LÍQUIDO ÍNDICE DE PLASTICIDAD				MAX. 40 MAX. 10	MIN. 41 MAX. 10	MAX. 40 MIN. 11	MIN. 41 MIN. 11	MAX. 40 MAX. 10	MIN. 41 MAX. 10	MAX. 40 MIN. 11	MIN. 41 MIN. 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	0	MAX. 4	MAX. 4	MAX. 8	MAX. 12	MAX. 16	MAX. 20
PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES	GRAVAS Y ARENAS		ARENAS FINAS	GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS				SUELOS LIMOSOS		SUELOS ARCILLOSOS	

**Nota:** El grupo (A - 7) es subdividido en (A - 7 - 5) o (A - 7 - 6), del límite plástico:  
Si el L.P. ≥ 30, la clasificación es (A - 7 - 5)  
Si el L.P. < 30, la clasificación es (A - 7 - 6)

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil - Joseph Bowles.

**FÓRMULA N° 4. ÍNDICE DE GRUPO**

$$IG_{\square} = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd_{\square}$$

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil - Joseph Bowles.

Donde:

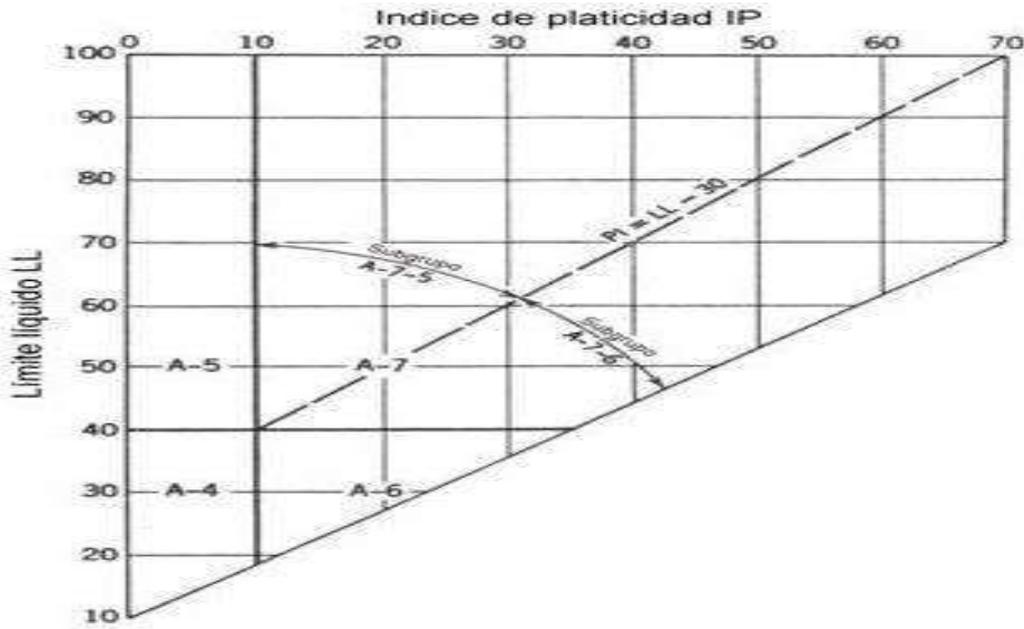
a = porcentaje de material más fino que el tamiz N°200, mayor que el 35% pero menor que el 75%, expresado como un numero entero positivo (1≤a≤40)

b = porcentaje de material que pasa el tamiz N°200, mayor que el 15% pero menor que el 55%, expresado como un numero entero positivo (1≤b≤40)

c = porción de limite liquido mayor que el 40% pero no mayor que 60%, expresado como un numero entero positivo (1≤c≤20)

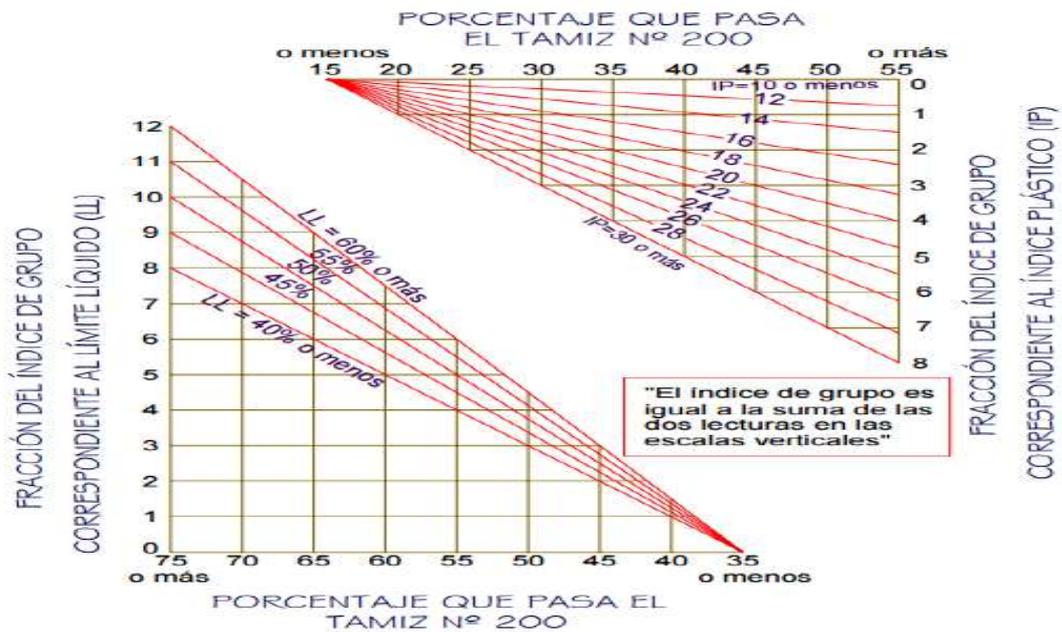
$d$  = porción de índice de plasticidad mayor que 10 pero no mayor que 30, expresado como un numero entero positivo ( $1 \leq d \leq 20$ ). (BOWLES, 1978)

**FIGURA N° 4. RANGOS DE LÍMITE LÍQUIDO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD PARA LOS GRUPOS DE SUELOS A-4, A-5, A-6 Y A-7**



Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil - Joseph Bowles.

**FIGURA N° 5. CUADRO PARA OBTENER EL ÍNDICE DE GRUPO DEL SUELO. EL INDICE DE GRUPO**



## SISTEMA DE CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS

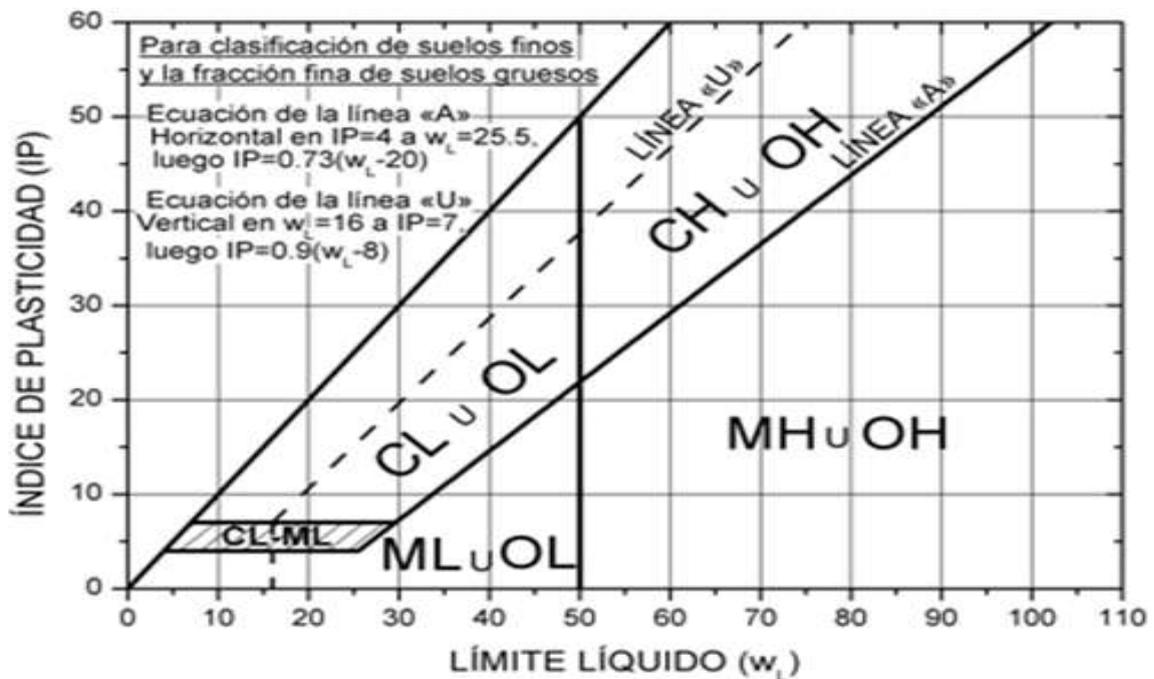
Los elementos esenciales del sistema de clasificación fueron propuestos inicialmente por Arturo Casagrande (1942) y adoptados subsecuentemente por el cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos para la construcción de aeropuertos. Actualmente, este sistema se utiliza con modificaciones mínimas en la mayoría de los países fuera de los Estados Unidos. Dentro de los Estados Unidos el sistema es ampliamente utilizado por organizaciones tales como el cuerpo de Ingenieros, Oficina de Reclamos, y con pequeñas modificaciones por la mayoría de las firmas consultoras. (BOWLES, 1978)

**TABLA N° 5. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN**

Identificación en el campo (excluyendo las partículas mayores de 7,5 cm y basando las fracciones en pesos estimados)				Simbolo del grupo	Nombres típicos				
Suelos de grano grueso-Más de la mitad del material es retenido por el tamiz N.º 200	Gravas-más de la mitad de la fracción gruesa es retenido por el tamiz N.º 4	Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	<b>GW</b>	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos o sin ellos				
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	<b>GP</b>	Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos				
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	Fracción fina no plástica (para la identificación ver el grupo <b>ML</b> más abajo)	<b>GM</b>	Gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y limo				
			Finos plásticos (para identificación ver el grupo <b>CL</b> más abajo)	<b>GC</b>	Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla				
	Arenas-más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz N.º 4	Arenas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	<b>SW</b>	Arenas bien graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos				
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	<b>SP</b>	Arenas mal graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos				
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	Finos no plásticos (para identificación ver el grupo <b>ML</b> más abajo)	<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas				
			Finos plásticos (para identificación ver el grupo <b>CL</b> más abajo)	<b>SC</b>	Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas y arenas y arcillas				
	Métodos de identificación para la fracción que pasa por el tamiz N.º 40								
	Suelos de grano fino-Más de la mitad del material pasa por el tamiz N.º 200 (La abertura del tamiz N.º 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)	Limos y arcillas con límite líquido (menor de 50)	Resistencia en estado seco (a la disgregación)	Distancia (reacción a la agitación)	Tenacidad (consistencia)	Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula	<b>ML</b>
Media a alta						Nula a muy lenta	Media	<b>CL</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas
Ligera a media						Lenta	Ligera	<b>OL</b>	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
Limos y arcillas con límite líquido mayor de 50			Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media	<b>MH</b>	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomeas, suelos limosos		
		Alta a muy alta	Nula	Alta	<b>CH</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas			
		Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	<b>OH</b>	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta			
Suelos altamente orgánicos		Fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa			<b>Pt</b>	Turba y otros suelos altamente orgánicos			
Los suelos que poseen características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos. P. ej., <b>GW-GC</b> , mezcla bien graduada de arena y grava. Todos los tamaños de tamices se refieren al U.S. Standard.									

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil - Joseph Bowles.

**FIGURA N° 6. CARTA DE PASTICIDAD DE CASAGRANDE (SEGÚN ASTM D 2487-93).**



Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil - Joseph Bowles

### CARTA DE PLASTICIDAD O DIAGRAMA DE CASAGRANDE

“Carta de plasticidad o el diagrama de Casagrande está representado en la figura N° 06 y cuenta con varios elementos de significado preciso.

La recta de 45° es el límite entre los puntos que corresponden a materiales reales, por debajo y los puntos que representan materias primas imaginarias, por encima. Este hecho es lógico, ya que en los puntos situados por encima de  $IP = LL$ , el límite plástico es negativo, lo que es absurdo.

La recta de ecuación  $IP = 0.9 (LL - 8)$  es el límite superior experimental, hasta ahora no se ha estudiado ninguna materia prima cuya representación se encuentre por encima de dicha línea.

La tercera recta de ecuación  $IP = 0.73(LL - 20)$  tiene una gran importancia empírica, pues separa las arcillas puras, sobre ella, de las que contienen algún tipo de coloide orgánico, que están situadas por puntos por debajo de la recta.

La recta vertical que pasa por el punto LL=50 es una línea convencional que separa las arcillas de alta plasticidad a la derecha de las de media y baja plasticidad, a la izquierda” I. (JUÁREZ BADILLO & RICO RODRÍGUEZ, 2005)

### **2.2.3 PROPIEDADES**

“Las propiedades principales de las unidades de albañilería deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es la albañilería. En ese contexto, las principales propiedades relacionadas con la resistencia estructural son:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la tracción, medida como resistencia a la tracción o a la tracción por flexión.
- Variabilidad dimensional con relación a la unidad nominal, o, mejor con relación a la unidad promedio y, principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad.
- Alabeos, medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asiento.
- Succión o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento.

Asimismo, las propiedades relacionadas con la durabilidad son:

- Resistencia a la compresión
- Absorción
- Absorción máxima
- Coeficiente de saturación” (GALLEGOS & CASABONNE, 2005).

#### **a) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

La resistencia a la compresión es, por sí sola, la principal propiedad de la unidad de albañilería. Los valores altos de la resistencia a la compresión señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable. Lamentablemente, esta propiedad es difícil de medir adecuadamente. De un lado, la gran variedad de formas y dimensiones de las unidades, principalmente de sus alturas, impide relacionar el resultado del ensayo de compresión con la verdadera resistencia de la masa componente.

Esto se debe a los efectos de la forma y de la esbeltez en el valor medido y a la restricción, ocasionada por los cabezales de la máquina de compresión, que modifica el estado de esfuerzos en la unidad.

La resistencia a la compresión, tal como se mide actualmente en el ensayo de compresión estándar, es función no solo de la resistencia intrínseca de la masa, sino de la altura del testigo y de su forma. Consecuentemente, los valores obtenidos son solo indicativos generales del comportamiento estructural de diferentes unidades cuando integran la albañilería asentadas con mortero o llenas con concreto líquido. Asimismo, su durabilidad debe ser juzgada acompañando al resultado del ensayo de compresión los valores de la absorción máxima y del coeficiente de saturación. (GALLEGOS & CASABONNE, ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, 2005)

Varios investigadores han tratado de establecer la relación entre la densidad de la unidad de albañilería y su resistencia a la compresión. Cuando se ha tratado de buscar una ley general, incluyendo en ella materiales diferentes de distintas extracciones, la evidente gran dispersión existente lo ha impedido. Sin embargo, para los mismos materiales básicos, por ejemplo, para arcillas de una misma zona utilizados en diferentes fábricas es claro que existe una relación directa, con escasa dispersión, entre densidad y resistencia a la compresión. A mayor densidad más resistencia.

Como parte del ensayo de compresión, cuando se dispone de máquinas que pueden medir la reacción del testigo ante la aplicación de deformación controlada, es posible obtener curvas completas esfuerzo-deformación unitaria (GALLEGOS & CASABONNE, ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, 2005)

## **b) RESISTENCIA A LA TRACCIÓN**

En un muro sometido a compresión, la falla ocurre por tracción transversal de la unidad de albañilería, mientras ella se encuentra en una situación de cargas triaxiales. Esto demuestra la importancia del conocimiento de esta propiedad.

Lamentablemente, su medición solamente puede hacerse, para obtener resultados significativos, en testigos razonablemente macizos. Dos ensayos son

usuales: el ensayo de tracción indirecta y el ensayo de tracción por flexión o de módulo de ruptura. (GALLEGOS & CASABONNE, ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, 2005)

### **c) VARIABILIDAD DIMENSIONAL**

La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12 mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión. (GALLEGOS & CASABONNE, ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, 2005)

### **d) ALABEO**

El efecto es semejante al de la variación de dimensiones. (GALLEGOS & CASABONNE, ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, 2005)

### **e) SUCCIÓN**

La succión es la medida de la avidéz de agua de la unidad de albañilería en la cara de asiento y es una de las características fundamentales para definir la relación mortero-unidad en la interfase de contacto, y, por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería.

Está demostrado que con unidades que tienen una succión excesiva al momento del asentado no se logra uniones adecuadas con el mortero usando métodos ordinarios de construcción. Cuando la succión es muy alta, el mortero, debido a la rápida pérdida del agua que es absorbida por la unidad, se deforma y endurece, lo que impide un contacto completo e íntimo con la cara de la siguiente unidad.

El resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua. (GALLEGOS & CASABONNE, ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, 2005)

Se considera que para succiones mayores de 40 gramos por minutos en un área de 200 cm<sup>2</sup> es requisito indispensable del proceso constructivo que las unidades se humedezcan, siguiendo técnicas adecuadas, para modificar la succión de

asentado. Se ha asumido que la succión define la capacidad de adhesión de la unidad con el mortero. Se supone, por ejemplo, que, al margen de la materia prima de la unidad, aquellas que tienen una succión entre 15 y 40 gramos logran la mayor adhesión con el mortero.

Múltiples ensayos demuestran que esto no es necesariamente cierto; unidades de diferentes materias primas con succiones prácticamente iguales, asentadas con un mismo mortero, generan albañilerías con resistencia a la tracción significativamente diferente. (GALLEGOS & CASABONNE, ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, 2005)

Esto se explica porque la succión no está asociada a la estructura de poros sino al contenido de poros capilares de la unidad; se mide con relación al agua libre y no al agua contenida en los poros del mortero; y, finalmente, el ensayo se detiene al terminar el primer minuto de contacto, mientras que la unidad sigue absorbiendo agua durante bastante más tiempo (HÉCTOR GALLEGOS).

La porosidad total es la medida del espacio no ocupado por los sólidos. En unidades de albañilería, el rango de la porosidad total va desde 25% del volumen de la unidad en unidades bien compactadas fabricadas mediante moldeo mecánico o extrusión hasta el 50% en unidades porosas, generalmente de fabricación artesanal.

Los poros de las unidades varían en forma y en textura interna. Los poros de las unidades sinterizadas se pueden asimilar a conductos cilíndricos de textura suave. Los de las unidades de matriz cementante se asemejan más a una sucesión de esferas secantes y son de textura rugosa, tanto por su forma como debido a la presencia de cristales de hidratación en las superficies de los agregados (HÉCTOR GALLEGOS)

### **2.2.3.1 ENSAYOS**

#### **2.2.3.1.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN**

El ensayo de compresión se realiza usualmente en testigos de medias unidades secas, aunque algunas normas proponen o aceptan el ensayo de unidades enteras e incluso de dos medias unidades separadas por una junta de mortero.

La carga de compresión se aplica perpendicular a las superficies de asiento. Si el testigo es muy irregular, es rellenado o alisado con pasta de cemento portland poco antes de colocar el recubrimiento (normalmente de azufre), para lograr el contacto uniforme con los cabezales de la máquina de compresión. El ensayo se realiza hasta la rotura (HÉCTOR GALLEGOS, NORMAS TÉCNICAS PERUANAS NTP 399.613).

**a) ESPECIMEN.**

Se deberá ensayar como mínimo cinco especímenes.

Eventualmente se podrá utilizar para el ensayo de compresión, unidades enteras, en cuyo caso deberá efectuarse la corrección en el valor promedio de resistencia, mediante un coeficiente que responde a la correlación obtenida en investigaciones de laboratorio.

**b) REFRENTADO DEL ESPECIMEN.**

1. Todos los especímenes deberán estar secados y Enfriados, antes de proceder al refrentado de los mismos.

2. Refrentado con yeso: Cubrir las caras opuestas de contacto del espécimen con goma laca. Una vez completamente secos, cubrir una de las superficies con una capa delgada de yeso calcinado (yeso Semihidrato), que ha sido distribuida sobre una placa no absorbente y aceitada, tal como vidrio o metal procesado. La placa para la superficie de refrentado debe ser plana con margen de 0,08 mm en 400 mm, y suficientemente rígida y apoyada de tal manera que no tenga deformación detectable durante el proceso.

**c) PROCEDIMIENTO.**

1. Ensayar los especímenes de ladrillo sobre su mayor dimensión (la carga será aplicada en la dirección de la profundidad del ladrillo). Centrar los especímenes debajo del apoyo esférico superior con un margen de 2 mm.

2. Aplicar la carga, hasta la mitad de la máxima carga esperada, con cualquier velocidad adecuada, después de lo cual ajustar los controles de la máquina de

manera tal que la carga remanente sea aplicada con una velocidad uniforme en no menos de un minuto ni más de dos minutos.

### FÓRMULA N° 5. RESISTENCIA A LA COMPRESION

$$f'b = \frac{P}{A}$$

Fuente NTP:399.613

DONDE:

$f'b$  = Resistencia a la compresión del espécimen, MPa

P = Maxima carga, indicada por la máquina de ensayo, N

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, mm<sup>2</sup> (NTP.399.613, 2005)

#### d) PARÁMETROS NORMATIVOS.

TABLA N° 6. PARÁMETROS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

TIPO/CLASE	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
	NTE.070
	KG/CM2
I	50
II	70
III	95
IV	130
V	180

Fuente: NT E.070.

#### 2.2.3.1.2 ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL (CORTE)

##### PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

##### GEOMETRIA

- ✓ Las longitudes serán como mínimo de 60 x 60 y un máximo de 68 x 68 aproximadamente
- ✓ Colocados en 6 hiladas de 2.5 ladrillos por hilada aproximadamente con una junta de 1.5 cm.

## CONSTRUCCIÓN

- ✓ Se seleccionarán los ladrillos eliminando los que tendrán esquinas defectuosas o rajaduras, posteriormente se efectuó el corte de las unidades para el asentado de las mismas.
- ✓ El mortero a utilizar será cemento arena en una proporción de 1:4.
- ✓ En el asentado de las unidades se controlará la verticalidad de los muros, los espesores de juntas, y las alturas de las hiladas.
- ✓ Finalmente se realizará el curado de los muretes.

## ENSAYO

- De cada murete se medirá las longitudes de sus lados y la longitud diagonal.
- Se trasladará los muretes desde el lugar de construcción, hacia el laboratorio evitando sacudidas, saltos y volteos.
- El ensayo se realizará a una edad de 28 días
- Se preparará el equipo a compresión.
- Se colocará el murete verificando la posición correcta del mismo, centrando los cabezales tanto superior como inferior
- Para el montaje de los muretes no se empleará ningún instrumento adicional
- Se aplicará la fuerza de manera continua a una velocidad constante

## MEMORIA DE CALCULO

Se calculará la resistencia característica a compresión diagonal ( $v'm$ ) con los datos de la celda de carga.

### Resistencia a compresión diagonal ( $v'm$ )

La resistencia a compresión diagonal de cada murete ( $v'm$ ) se obtuvo dividiendo la carga de rotura entre el área de la diagonal:

$$v_m = \frac{P}{A}$$

Donde:

$P$  = Carga de rotura en kg.

$L_p, H_p$  = Lados del murete.

$D$  = Dimensión Diagonal

$$D = \sqrt{L_p^2 + H_p^2}$$

$t_p$  = Espesor del murete.

$A$  = Área de la diagonal

$$A = D * t_p$$

$v'_m$  = Resistencia a la compresión diagonal en kg/cm<sup>2</sup>.

### 2.2.3.1.3 ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

La determinación de la variación de dimensiones incluye la definición de las dimensiones promedio. Se efectúa sobre una muestra representativa y de por lo menos veinte unidades. Se miden todas sus dimensiones con precisión al milímetro y se promedian los resultados, obteniéndose los valores P (P1, P2 y P3). Luego se separan las medidas para cada dimensión: de un lado las que son mayores que P y de otro las que son menores que P. Luego se promedia cada grupo obteniéndose P min (P1 mín, P2 mín y P3 mín) y P máx. (P1 máx., P2 máx., P3 máx.). Los resultados se expresan del modo siguiente: (GALLEGOS & CASABONNE, ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, 2005)

#### FÓRMULA N° 6. VARIACIÓN DIMENSIONAL

*Variación promedio P1, P2, P3*

*Variación en porcentajes:*

$$-V = \frac{P - P_{\text{mín}}}{P} * 100$$
$$V = \frac{P_{\text{máx}} - P}{P} * 100$$

Fuente: Libro Albañilería Estructural - Héctor Gallegos.

#### a) ESPECIMEN.

Usar como especímenes las 10 unidades seleccionadas para determinar el tamaño.

**b) EQUIPOS.**

Se medirán las unidades individualmente con una regla de acero graduada, de 30 cm, con divisiones de un milímetro, o un calibrador que tenga una escala de

25mm de 300mm, y que tenga cabezales paralelos.

**c) PROCEDIMIENTO.**

1. Se tomarán medidas individuales ancho, longitud y altura; medir el ancho a través de los dos extremos y en ambas caras, desde el punto medio de los bordes que limitan las caras. Registre estas cuatro medidas con una aproximación de 1mm y registre como ancho el promedio de las medidas con una aproximación de 0.5 mm.

2. Medir la altura a través de ambas caras y ambos extremos desde los puntos medios de los bordes que limitan las caras. Registre estas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm, y registrar como altura su promedio con una aproximación de 0.5 mm.

Usar el aparato de medida.

Reporte el promedio de ancho, largo y alto de cada espécimen con aproximación a 1mm y la variación de longitud en %...” (NTP.399.613, 2005)

**d) PARÁMETROS NORMATIVOS.**

**TABLA N° 7 PARÁMETROS VARIACIÓN DIMENSIONAL.**

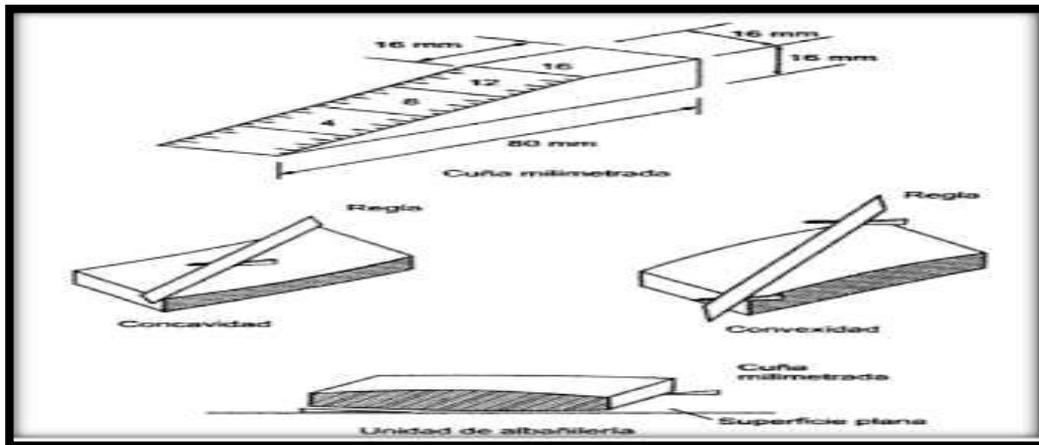
TIPO/CLASE	VARIACIÓN DIMENSIONAL		
	E.070		
	Máx %	Máx %	Máx %
I	±8	±6	±4
II	±7	±6	±4
III	±6	±4	±3
IV	±5	±3	±2
V	±4	±2	±1

Fuente: NT E.070.

#### 2.2.3.1.4 ENSAYO DE ALABEO

La concavidad y convexidad se miden con una regla y una cuña graduada. Se expresa en milímetros. (GALLEGOS & CASABONNE, ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, 2005)

FIGURA N° 7. CUÑA DE ALABEO Y ENSAYO DE ALABEO



Fuente: Libro Albañilería Estructural - Héctor Gallegos.

#### a) ESPÉCIMEN.

Usar como especímenes las 10 unidades para determinar el tamaño.

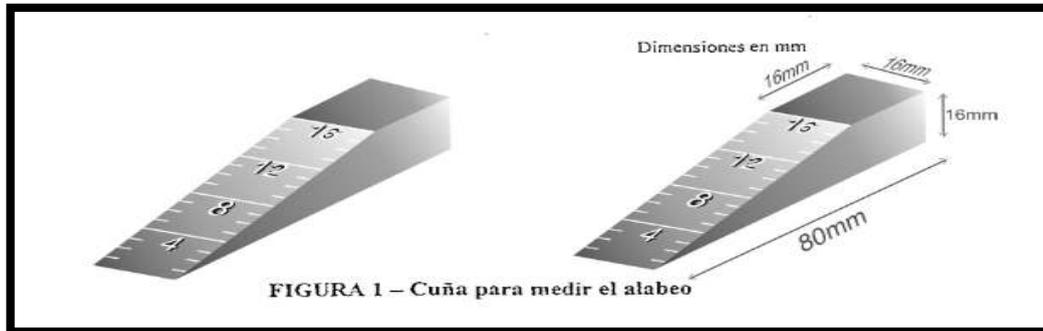
Los especímenes se ensayarán tal cual se los recibe, únicamente se eliminará con una brocha el polvo adherido a las superficies.

#### b) EQUIPOS.

- **Varilla de acero con borde recto.**

Regla o cuña de medición: Una regla graduada de acero con divisiones desde un extremo, de 1 mm, o alternativamente una cuña de medición de 60 mm de longitud por 12,5 mm de ancho por 12,5 mm de espesor en un extremo, el que va reduciéndose hasta llegar a cero en el otro extremo. La cuña deberá estar graduada y numerada en divisiones de 1 mm. Dimensiones en mm.

**FIGURA N° 08 CUÑA PARA MEDIR EL ALABEO.**



Superficie plana de acero o vidrio, no menor de 300 mm x 300 mm y plana en el rango de 0,025 mm (ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, 2005)

**c) PARÁMETROS NORMATIVOS.**

**TABLA N° 8 PARÁMETROS ALABEO.**

TIPO	ALABEO
	E.070
	Máx. en mm.
I	10
II	8
III	6
IV	4
V	2

Fuente: NT E 0.70

**2.2.3.1.5 ENSAYO DE SUCCIÓN**

El ensayo de succión emplea testigos secados al horno cuando se trata de ensayos de investigación, y unidades en su estado natural cuando se trata de ensayos para evaluar la succión para un proceso constructivo.

El espécimen, después de pesado (Ps), se coloca sobre los soportes durante un minuto; luego se retira, se seca la superficie con un paño y se pesa (Pm). La succión se obtiene de:

### FÓRMULA N° 7 SUCCIÓN.

$$SUCCIÓN = \frac{(P_m - P_s) \times 200}{A}$$

Fuente: Libro Albañilería Estructural - Héctor Gallegos.

Donde  $P_m$  y  $P_s$  son los pesos antes indicados en gramos y  $A$  es el área neta de contacto de la unidad con el agua en centímetros cuadrados. La succión se expresa en gramos/200 cm<sup>2</sup>/minuto o, simplemente, en gramos.

Cuando se desea efectuar este ensayo a pie de obra se puede obviar la provisión de agua para mantener la inmersión constante de 3 mm de la unidad. La diferencia de volumen en centímetros cúbicos normalizada a 200 cm<sup>2</sup> será la succión. (GALLEGOS & CASABONNE, ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, 2005)

#### a) ESPECIMEN.

Se ensayarán 5 ladrillos enteros.

#### b) EQUIPOS.

**Bandejas y recipientes:** Bandejas y recipientes para agua, con una profundidad no menor de 25 mm, y de largo y ancho tales que la superficie de agua no sea menor de 2000 cm<sup>2</sup>. La base de la bandeja deberá ser plana cuando está apoyada convenientemente. Las dimensiones no serán menores a 200 mm de largo y 150 mm de ancho.

**Soportes para ladrillos:** Se usarán dos barras de acero no corrosible, de 120 mm a 150 mm de longitud, de sección transversal triangular, semicircular o rectangular, de espesor aproximado de 6 mm. El espesor de las dos barras estará entre 0,03 mm y si las barras tienen sección transversal rectangular su ancho no excederá 2 mm.

**Dispositivos para mantener el nivel de agua constante:** Se deberá incorporar a la bandeja un dispositivo que permita mantener el nivel de agua por encima de los soportes del ladrillo, incluyendo los dispositivos para agregar el agua a la bandeja en el momento de retirar los ladrillos.

**Balanza:** Con una capacidad no menor a 3000 g y una aprox. de 0,5 g.

**Horno de secado:** Horno con control de temperatura.

**Dispositivo de sincronización:** Para la sincronización se puede usar un cronómetro, que indique un tiempo de un minuto con una aproximación a 1 seg.

### **c) PROCEDIMIENTO.**

**Secado:** Secar los especímenes en un horno ventilado de 110°C a 115°C, por no menos de 24 horas y hasta que en 2 pesadas sucesivas en un intervalo de dos horas muestren un incremento o pérdida no mayor del 0.2%.

Medir con una aproximación de 1,27 mm la longitud y el ancho de la superficie plana del espécimen de prueba, para unidades rectangulares. pesar el espécimen con una aproximación de 0,5 g.

Ajuste la posición de la bandeja de la prueba de absorción, de manera tal que el fondo de la misma esté nivelado, debiéndose comprobar con un nivel de burbuja y fije el ladrillo referencial saturado encima de los soportes. Agregar agua hasta que el nivel de la misma sea de  $3 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$  sobre los soportes.

Cuando el espécimen de prueba sea retirado, la profundidad del agua deberá ser de  $3 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$  más la profundidad de los soportes. después de retirar el ladrillo referencial, sujetar el espécimen de prueba sobre los soportes, contando como tiempo cero el momento de contacto del ladrillo con el agua. durante el período de contacto,  $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$ , se mantendrá el nivel de agua entre los límites prescritos agregando agua si se requiere. al final del tiempo de  $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$ , retirar el espécimen y secar el agua superficial con un paño húmedo y volver a pesar el espécimen con aproximación de 0,5 g.

El secado del agua superficial se hará dentro de los 10 segundos siguientes luego de retirar el espécimen del agua, y deberá pesarse dentro de los siguientes 2 min...” (NTP.399.613, 2005)

#### d) PARÁMETROS NORMATIVOS.

**TABLA N° 09 PARÁMETROS SUCCIÓN**

TIPO	SUCCIÓN
	E.070
	gr/200cm <sup>2</sup> /min
I	10<x< 20
II	10<x< 20
III	10<x< 20
IV	10<x< 20
V	10<x< 20

Fuente: NT E.070.

#### 2.2.3.1.6 ENSAYO DE ABSORCIÓN

En el ensayo de absorción se miden la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante veinticuatro horas. Para efectuar el ensayo las unidades se secan, se pesan y se someten al tratamiento antes dicho, y luego de eso se vuelven a pesar. Se llama 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. El coeficiente de saturación es simplemente la relación entre esos dos porcentajes (HÉCTOR GALLEGOS, NORMAS TÉCNICAS PERUANAS NTP 399.613).

##### a) ESPECIMEN.

Se ensayarán 5 especímenes.

##### b) PROCEDIMIENTO.

PRUEBA DE SUMERSIÓN DE 5 Y 24 HORAS.

Secar y ventilar los especímenes de prueba, y pesar cada uno de ellos.

Saturación: sumergir parcialmente el espécimen en agua limpia (potable, destilada o agua de lluvia) a temperatura entre 15,5 °C a 30 °C) por el tiempo especificado. retirar el espécimen, limpiar el agua superficial con un paño y pesar el espécimen. pesar todos los especímenes dentro de los cinco minutos siguientes luego de ser retirados del agua...” (NTP.399.613, 2005)

**c) PARÁMETROS NORMATIVOS.**

**TABLA N° 10 PARÁMETROS ABSORCIÓN.**

TIPO	ABSORCIÓN
	E.070
	Máx en %
I	22
II	22
III	22
IV	22
V	22

Fuente: NT E.070.

**2.2.3.1.7 MEDIDA DEL ÁREA DE VACÍOS EN UNIDADES PERFORADAS.**

**a) ESPECIMEN.**

Usar como especímenes las 10 unidades seleccionadas para determinar el tamaño.

**b) PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES.**

Los especímenes se ensayarán tal cual se los recibe, únicamente se eliminará con una brocha el polvo adherido a las superficies.

**c) EQUIPOS.**

- Regla Acero
- Cilindro graduado-de vidrio con una capacidad de 500 ml.
- Papel liso, con acabado duro no menos de 24 por 24 pulg. (610 por 610 mm).
- 500 ml de arena limpia y seca.
- escantillón acero.
- Superficie plana y lisa, limpia y seca.
- Un cepillo de cerdas suaves.
- Balanza

**d) PROCEDIMIENTO.**

1. Medir y registrar la longitud, anchura y profundidad de la unidad como se describe para la determinación del tamaño.
2. Coloque la unidad a ensayar sobre la hoja de papel que se ha extendido sobre la superficie plana.
3. Rellenar los núcleos con arena, permitiendo a la arena caer naturalmente, sin hacer presión la arena en los núcleos.
4. Usando la regla de acero para nivelar la arena en los núcleos
5. Quite todo el exceso de arena con la brocha. Levante la unidad hacia arriba, deje caer sobre la hoja de papel toda la arena de los núcleos.
6. Transferir la arena de la hoja de papel a la balanza con precisión de 0.5 g.
7. Por otro lado disponga de una porción separada de arena y llene exactamente 500 ml en el cilindro de 500 ml de graduación, permitiendo que la arena caiga de forma natural y sin agitación o vibración al cilindro.
8. Transfiera esta arena a la balanza, pese y registre, con precisión 0,5 g.
9. Y ahora compare el volumen de la arena de los núcleos con la arena contenida en los 500 ml.

**FÓRMULA N° 08 VOLUMEN DE ARENA QUE TUVO LUGAR EN LA UNIDAD DE PRUEBA**

$$V_s = \frac{500ml}{S_c} \times S_u$$

Fuente: MTC C-67, NTP 399.613

Donde:

$V_s$  =volumen de arena que tuvo lugar en la prueba. (ml)

$S_c$  = Peso de la arena presente en 500 ml. (gr.)

$S_u$  = Peso de arena que tuvo lugar en la prueba. (gr.)

**FÓRMULA N° 09 MEDIDA DEL ÁREA DE VACÍOS EN UNIDADES PERFORADAS.**

$$\%Area\ Vacíos = \frac{V_s}{V_u} \times 100$$

Fuente: MTC C-67.

Donde:

$V_s$  .- Volumen de vacíos de la unidad de albañilería (ml)

$V_u$  .- Volumen total de la unidad de albañilería (cm<sup>3</sup>) (ASTM-C-67)

**e) PARÁMETROS NORMATIVOS.**

**TABLA N° 11 PARÁMETROS MEDIDA DEL ÁREA DE VACÍOS EN UNIDADES PERFORADAS.**

TIPO	MEDIDA DEL AREA DE VACIOS EN UNIDADES PERFORADAS. NT E.070	
	E.070	
	%	%
I	≤30	>30
II	≤30	>30
III	≤30	>30
IV	≤30	>30
V	≤30	>30
	UND. SOLIDA	UND. HUECA

Fuente: NT E.070.

## 2.2.4 FABRICACIÓN DEL LADRILLO DE ARCILLA

### 2.2.4.1 FABRICACIÓN ARTESANAL DEL LADRILLO DE ARCILLA

Comprende los siguientes procesos:

**a) Extracción:** la materia prima es la arcilla, generalmente el material extraído de cantera natural mediante maquinaria en algunos casos este proceso es rudimentario realizado simplemente con picos y palas y el trabajo de zarandeo y selección del material se realiza en contadas ocasiones.

**b) Mezclado:** es la etapa donde a la materia prima se le adiciona agua en porcentajes no especificados donde lo que se busca es una masa trabajable, la dosificación es en base a la experiencia.

**c) Moldeado y amasado:** es importante minimizar los efectos de variabilidad dimensional. Se realiza el moldeado manual, a presión o por extrusión.

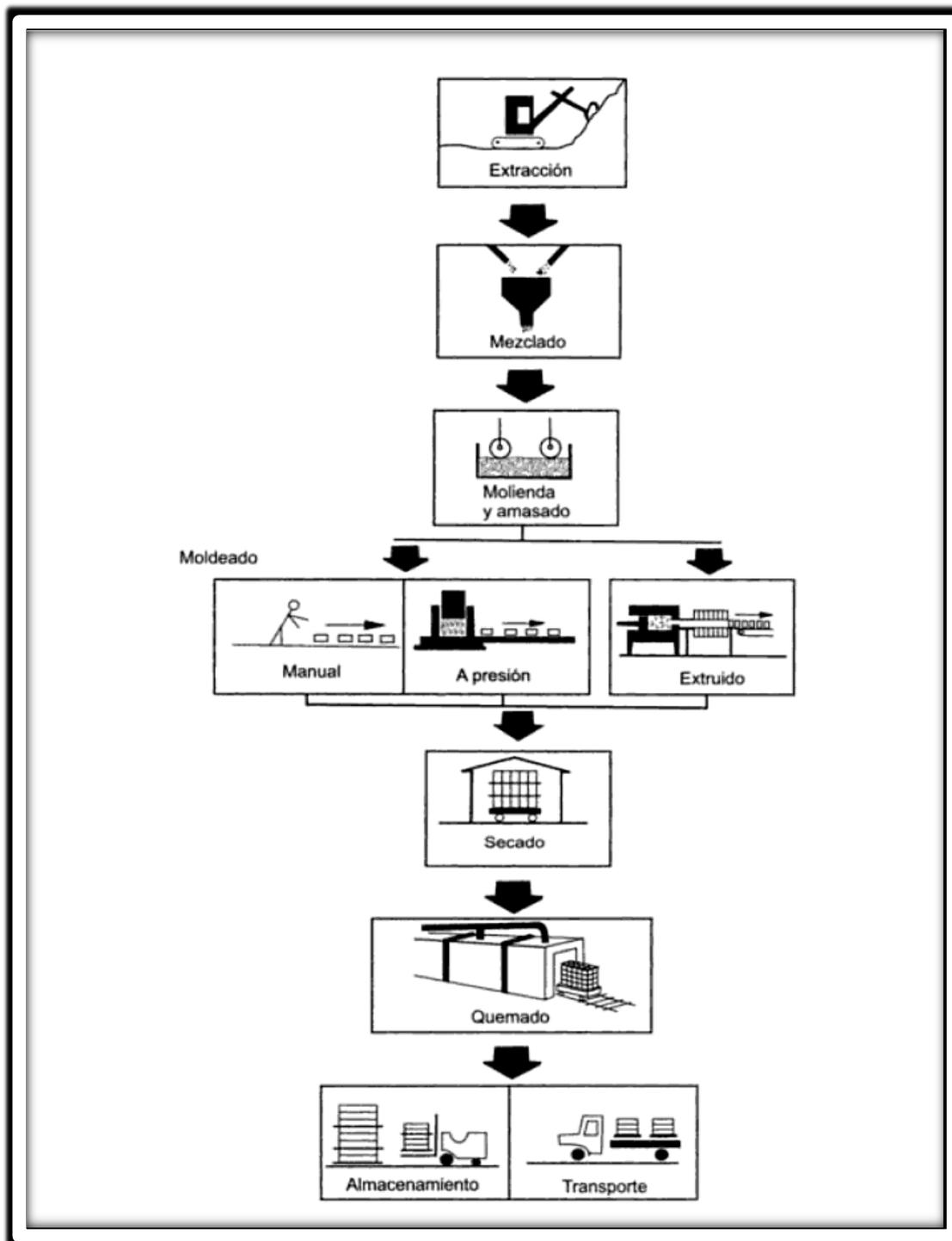
El moldeado manual produce unidades que tienen exceso de agua, es el que generalmente se realiza; la unidad extruida presenta menos problemas con el contenido de agua; pero presenta problemas de alabeo, solo unas cuantas ladrilleras poseen máquinas extrusoras.

“La extrusión consiste en producir una columna de arcilla amasada a la consistencia plástica, forzada a pasar a través de un lado que le da el tamaño, forma y aplicación de alveolos. La columna fresca de arcilla es luego cortada por hilos que viajan en el plano vertical, encajados verticalmente, que corresponden a las unidades de albañilería. Las propiedades y el coeficiente de variación de las mismas en los productos de arcilla extruidos dependen tanto de la materia prima y de su amasado, como de la presión para forzar la masa de arcilla a través del dado y de la calidad de equipo empleado.

Las unidades extruidas son, como se ha dicho, siempre de arcilla. Dependiendo de la calidad de estas, se puede obtener dimensiones de sección transversal con poca variación, aunque siempre habrá variaciones mayores en la altura. Las varas laterales de la unidad serán suaves, casi pulidas, mientras que la cara de asiento tendrá texturas ásperas rugosas y de poro abierto. Este método de

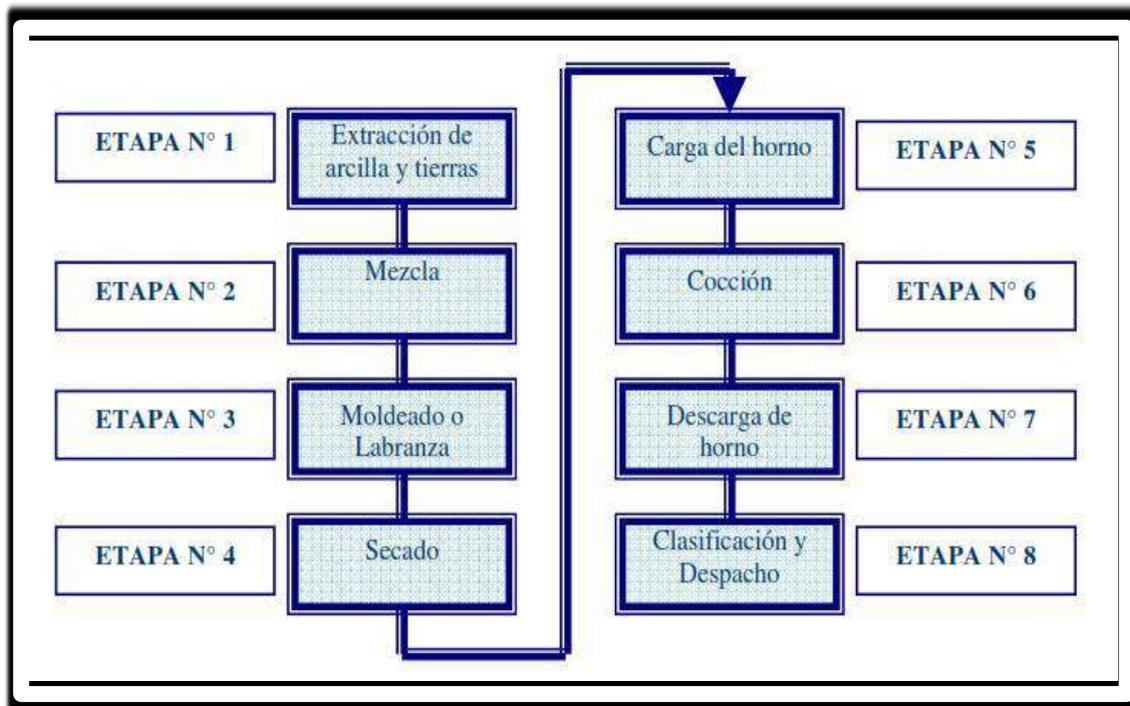
formado produce unidades macizas, perforadas y tubulares”. (GALLEGOS & CASABONNE, 2005).

FIGURA N° 09 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL LADRILLO DE ARCILLA



Fuente: ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL. HÉCTOR GALLEGOS – CARLOS CASABONNE

FIGURA N° 10 FLUJO GENERAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN



Fuente: Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales. MINISTERIO DE PRODUCCIÓN.PERÚ-2010.

**d) Secado:** Producto del secado la disminución volumétrica del orden del 4 a 16% del volumen inicial. La unidad se lleva al horno con temperaturas de hasta 200 °C o son secadas al aire libre como en la mayoría de los casos, se debe cuidar los incrementos violentos de temperatura, caso contrario se presentan grietas en la unidad de albañilería.

**e) Quemado:** Se produce la deshidratación final a temperaturas del orden de 900 a 1300 °C durante 2 a 5 días, producto de ella se generan reacciones químicas de oxidación y la unidad entra a la etapa de vitrificación.

Se realiza en hornos hechos artesanalmente de ladrillos y arcilla con geometría circular que posee un piso donde se apoya los ladrillos crudos y debajo del cual se queman los combustibles, estos varían principalmente de acuerdo a las facilidades de adquisición y al precio de mercado.

Los más comúnmente usados en el distrito son:

- leña de eucalipto
- aserrín de madera

- aserrín de cáscara de café
- carbón
- cubiertas usadas de vehículos (eventualmente)

El carbón se utiliza molido y se prefiere que sea de tipo antracítico, porque posee mayor poder calorífico y también porque elimina al ambiente menos sustancias volátiles contaminantes. Un mal quemado ocasionará variaciones de color en los ladrillos.

#### **2.2.4.2 FABRICACIÓN INDUSTRIAL DEL LADRILLO DE ARCILLA**

De acuerdo al MANUAL DE EJECUCIÓN DE LADRILLO CARA VISTA, SECCIÓN LADRILLO CARA VISTA HISPALYT (ejemplar gratuito), el proceso de fabricación industrializado consta de las siguientes etapas:

La materia prima utilizada para la producción de ladrillos es, fundamentalmente, la arcilla. Este material está compuesto, en esencia, de sílice, alúmina, agua y cantidades variables de óxidos de hierro y otros materiales alcalinos, como los óxidos de calcio y los óxidos de magnesio.

Las partículas de materiales son capaces de absorber higroscópicamente hasta el 70% en peso, de agua. Debido a la característica de absorber la humedad, la arcilla, cuando está hidratada, adquiere la plasticidad suficiente para ser moldeada, muy distinta de cuando está seca, que presenta un aspecto terroso.

Durante la fase de endurecimiento, por secado, o por cocción, el material arcilloso adquiere características de notable solidez con una disminución de masa, por pérdida de agua, de entre un 5 a 15%, en proporción a su plasticidad inicial.

Una vez seleccionado el tipo de arcilla el proceso puede resumirse en:

- a) Maduración
- b) Tratamiento mecánico previo
- c) Depósito de materia prima procesada
- d) Humidificación
- e) Moldeado
- f) Secado

- g) Cocción
- h) Almacenaje

### **a) Maduración**

Antes de incorporar la arcilla al ciclo de producción, hay que someterla a ciertos tratamientos de trituración, homogeneización y reposo en acopio, con la finalidad de obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas y químicas deseadas.

El reposo a la intemperie tiene, en primer lugar, la finalidad de facilitar el desmenuzamiento de los terrones y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas. La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, hielo, etc.) favorece, además, la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente y permite la purificación química y biológica del material. De esta manera se obtiene un material completamente inerte y poco dado a posteriores transformaciones mecánicas o químicas.

### **b) Tratamiento mecánico previo**

Después de la maduración que se produce en la zona de acopio, sigue la fase de pre-elaboración que consiste en una serie de operaciones que tienen la finalidad de purificar y refinar la materia prima. Los instrumentos utilizados en la pre-elaboración, para un tratamiento puramente mecánico suelen ser:

Rompe-terrones: como su propio nombre indica, sirve para reducir las dimensiones de los terrones hasta un diámetro de entre 15 y 30 mm.

Eliminador de piedras: está constituido, generalmente, por dos cilindros que giran a diferentes velocidades, capaces de separar la arcilla de las piedras.

Desintegrador: se encarga de triturar los terrones de mayor tamaño, más duros y compactos, por la acción de una serie de cilindros dentados.

Laminador refinador: está formado por dos cilindros rotatorios lisos montados en ejes paralelos, con separación, entre sí, de 1 a 2 mm, espacio por el cual se hace pasar la arcilla sometiéndola a un aplastamiento y un planchado que hacen aún más pequeñas las partículas. En esta última fase se consigue la eventual

trituration de los últimos nódulos que pudieran estar, todavía, en el interior del material.

### **c) Depósito de materia prima procesada**

A la fase de pre-elaboración, sigue el depósito de material en silos especiales en un lugar techado, donde el material se homogeniza definitivamente tanto en apariencia como en características físico químicas.

### **d) Humidificación**

Antes de llegar a la operación de moldeo, se saca la arcilla de los silos y se lleva a un laminador refinador y, posteriormente a un mezclador humedecedor, donde se agrega agua para obtener la humedad precisa.

### **e) Moldeado**

El moldeado consiste en hacer pasar la mezcla de arcilla a través de una boquilla al final de la estructura. La boquilla es una plancha perforada que tiene la forma del objeto que se quiere producir.

El moldeado, normalmente, se hace en caliente utilizando vapor saturado aproximadamente a 130 °C y a presión reducida. Procediendo de esta manera, se obtiene una humedad más uniforme y una masa más compacta, puesto que el vapor tiene un mayor poder de penetración que el agua.

### **f) Secado**

El secado es una de las fases más delicadas del proceso de producción. De esta etapa depende, en gran parte, el buen resultado y calidad del material, más que nada en lo que respecta a la ausencia de fisuras. El secado tiene la finalidad de eliminar el agua agregada en la fase de moldeado para de esta manera, poder pasar a la fase de cocción.

Esta fase se realiza en secaderos que pueden ser de diferentes tipos. A veces se hace circular aire, de un extremo a otro, por el interior del secadero, y otras veces es el material el que circula por el interior del secadero sin inducir corrientes de aire. Lo más normal es que la eliminación del agua, del material crudo, se lleve a cabo insuflando, superficialmente, al material, aire caliente con

una cantidad de humedad variable. Eso permite evitar golpes termo higrométricos que puedan producir una disminución de la masa de agua a ritmos diferentes en distintas zonas del material y, por lo tanto, a producir fisuras localizadas.

### **g) Cocción**

Se realiza en hornos de túnel, que en algunos casos pueden llegar a medir hasta 120 m de longitud, y donde la temperatura de la zona de cocción oscila entre 900 °C y 1000 °C.

En el interior del horno, la temperatura varía de forma continua y uniforme. El material secado se coloca en carros especiales, en paquetes estándar y alimentado continuamente por una de las extremidades del túnel (de dónde sale por el extremo opuesto una vez que está cocido).

Es durante la cocción donde se produce la sintetización, de manera que la cocción resulta una de las instancias cruciales del proceso en lo que a la resistencia del ladrillo respecta.

### **h) Almacenaje**

Antes del embalaje, se procede a la formación de paquetes sobre pallets, que permitirán después moverlos fácilmente con carretillas de horquilla. El embalaje consiste en envolver los paquetes con cintas de plástico o de metal, de modo que puedan ser depositados en lugares de almacenamiento para, posteriormente, ser trasladados en camión.

Algunos aspectos importantes del proceso de fabricación son los siguientes:

a) Cuando las unidades van a ser moldeadas a presión elevada se añade una cantidad reducida de agua (usualmente no más del 10% en peso), para producir una consistencia seca y tiesa. En el caso de fabricación por extrusión, la consistencia necesaria debe ser más plástica, y se añade alrededor de 12 a 15% en peso de agua. La consecuencia es que la misma arcilla, con el método de moldeo, producirá unidades con menos vacíos y, como consecuencia, más resistentes que el método de extrusión.

b) En todos los métodos de formado debe tenerse en cuenta el hecho de que las unidades, al secarse, se contraerán (entre 4 y 16% en volumen). Consecuentemente, las unidades crudas son hechas de un tamaño mayor, de modo tal que, después de secadas y quemadas, el producto final tenga el tamaño deseado. Dado que es difícil evaluar de antemano la contracción de las arcillas, este solo hecho explica las variabilidades dimensionales mayores que se encuentran en las unidades de arcilla, comparadas con las unidades hechas de concreto o sílice-cal.

c) Las unidades recién prensadas o extruidas tienen exceso de agua, que debe ser removida antes del quemado. Esta operación se puede hacer en hornos de secado a temperaturas del orden de 200 °C o, tomando más tiempo, al aire libre.

En esta etapa es importante evitar el secado rápido, pues causará agrietamientos excesivos; en ella las unidades se contraerán entre 2 y 8% en volumen.

d) El quemado es la etapa central del proceso de Fabricación. Los hornos pueden ser artesanales o muy sofisticados, de producción continua. En el proceso de quemado el ladrillo pasa por varias etapas de deshidratación, oxidación y, en algunos casos, vitrificación. La quema se efectúa a temperaturas entre 900 y 1300 °C y dura entre dos y cinco días, dependiendo de las propiedades de la arcilla, el tipo de unidad y las especificaciones del producto terminado.

e) Es necesario, finalmente, que las unidades sean enfriadas en un proceso que debe ser controlado, pues de ocurrir con rapidez causa el agrietamiento de las unidades.

### **2.2.5 UNIDAD DE ALBAÑILERÍA KING KONG 18 HUECOS - LADRILLERA BELLOTA.**

Para los propósitos de este estudio, se necesitaron ladrillos de arcilla King Kong de 18 huecos, por lo que se requirió una marca comercial, con mayor demanda en el mercado y con mayor resistencia a la compresión. Posterior a diversas comparaciones entre diferentes marcas; de acuerdo a la “Guía de buenas

prácticas para ladrilleras artesanales” se optó por estudiar las unidades de albañilería King Kong 18 huecos producidas por la ladrillera

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL FABRICANTE: “BELLOTA”

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Denominación	Súper King Kong
Uso	Ladrillo estructural
Peso Unitario(Kg)	3.500
Medidas (cm)	9 x 14 x 24
Resistencia a la Compresión ( $f_b$ )	135 kg/cm <sup>2</sup>

## 2.2.6 ACERO .

### 2.2.6.1 DEFINICIÓN.

“Se denomina acero a aquellos productos ferrosos cuyo porcentaje de carbono está comprendido entre 0.05 y 1,7%.

El acero es uno de los materiales de fabricación y construcción más versátil y adaptable, ampliamente usado y a un precio relativamente bajo. Asimismo, sus propiedades pueden ser manejadas de acuerdo a las necesidades especificadas mediante tratamientos con calor, trabajo mecánico o mediante aleaciones”.

“El acero funde entre 1400 y 1500 °C pudiéndose moldear más fácilmente que el hierro. Resulta más resistente que el hierro, pero es más propenso a la corrosión. Posee la cualidad de ser moldeable, mientras que el hierro es rígido”. (CONSTRUMÁTICA, 2014)

### 2.2.6.2 ACERO ESTRUCTURAL.

#### 2.2.6.2.1 PROPIEDADES Y CUALIDADES DEL ACERO ESTRUCTURAL

“Se define acero estructural al producto de la aleación de hierro, carbono y pequeñas cantidades de otros elementos tales como silicio, fósforo, azufre y oxígeno, que le aportan características específicas. El acero laminado en caliente, fabricado con fines estructurales, se denomina como acero estructural al carbono, con límite de fluencia de 250 MPa (25549 kg/cm<sup>2</sup>).

Propiedades y cualidades del acero estructural: su alta resistencia, homogeneidad en calidad y fiabilidad de la misma, soldabilidad, ductilidad, incombustible, pero a altas temperaturas sus propiedades mecánicas fundamentalmente se ven gravemente afectadas, buena resistencia a la corrosión en condiciones normales.

El acero es más o menos un material elástico, responde teóricamente igual a la compresión y a la tensión, sin embargo, con bastante fuerza aplicada, puede comenzar a comportarse como un material plástico.

#### **2.2.6.2.2 CLASIFICACIÓN DEL ACERO ESTRUCTURAL O DE REFUERZO**

El acero estructural según su forma se clasifica en:

- Perfiles estructurales. - Son piezas de acero laminado, cuya sección transversal puede ser en forma de I, H, T, canal o ángulo.
- Barras. - Son piezas de acero laminado, cuya sección transversal puede ser circular, hexagonal o cuadrada en todos los tamaños.
- Planchas. - Son productos planos de acero laminado en caliente con anchos de 203mm, 219mm, y espesores mayores a 5.8 mm y mayores a 4.5mm; respectivamente”.
- Acero de refuerzo para armaduras como las barras corrugadas.”  
(ANÓNIMO,2014)

#### **2.2.6.3 ACERO CIZALLADO.**

Para propósitos de estudio llamaremos acero cizallado al Acero utilizado para la producción de las unidades de albañilería; lo encontramos como material desechado en obra y tornerías; proveniente de los restos de cizalladura de acero estructural (Perfiles, Planchas, Barras, de refuerzo). El acero fue recolectado a través de imanes, para evitar partículas extrañas. Luego de la recolección se procedió a tamizar . Considerando como acero cizallado al porcentaje pasante de la malla # 40 ( $\phi = 0.425$  mm), debido a que este diámetro está dentro de la granulometría de la materia prima para la elaboración de las unidades de albañilería King Kong 18 huecos y por recomendación técnica de la ladrillera BELLOTA, ya que si se utilizaría mayores diámetros al de la malla # 40; la

máquina tronadora y cortadora sufrirían daños considerables, durante el proceso de fabricación de la unidad. Lo que perjudicaría el presente estudio.

El tipo de acero a evaluar cumple con las siguientes características:

**TABLA N° 12. CARACTERÍSTICAS DEL ACERO A UTILIZAR**

CARACTERÍSTICAS.	PARÁMETROS.
<b>Tipo.</b>	Acero cizallado.
<b>Procedencia.</b>	Restos de cizalladura de acero estructural: Perfiles, Planchas, Barras, De refuerzo.
<b>Tamaño Máximo Nominal.</b>	$\varnothing = 0.425$ mm (tamiz # 40).
<b>Porcentajes en peso adicionados</b>	1%, 3% y 6%
<b>Porcentaje en peso adicionado.</b>	$(\text{Peso de Acero}/\text{Peso Unidad Patrón}) * 100\%$

### 2.2.7 EL MORTERO

La función principal del mortero en la albañilería es adherir las unidades, corrigiendo las irregularidades geométricas de altura que estas tienen, así como sellar las juntas contra la penetración del aire y de la humedad. Cuando el muro de albañilería es portante de carga vertical, el mortero cumple además una función resistente, por lo que es conveniente que las resistencias a compresión de las unidades y del mortero sean parecidas. (FUENTE: ÁNGEL SAN BARTOLOMÉ, FEBRERO DE 2011).

El mortero generalmente está compuesto por cemento portland tipo I o puzolanico IP, arena gruesa y agua. El uso de cal hidratada normalizada es recomendable, pero optativo. Sin embargo, para unidades se deben asentar en su estado natural (secas), como las de concreto y de sílice- cal, es conveniente emplear cal ya que ella actúa como un aditivo que plastifica la mezcla y evita que se endurezca rápidamente. El cemento y la cal funcionan como aglomerantes,

mientras que la arena es un agregado inerte. (FUENTE: ÁNGEL SAN BARTOLOMÉ, FEBRERO DE 2011).

La función del cemento es proporcionar resistencia a la mezcla, la de la cal es proporcionar trabajabilidad y retentividad (retarda la evaporación del agua) y de la arena es proporcionar estabilidad volumétrica a la mezcla, permitiendo al asentado de varias hiladas en una jornada de trabajo. Debe eliminarse el polvo de la arena, tamizándola por la malla ASTM N°200, ya que este acelera la contracción de secado de mortero. La función del agua es proporcionar trabajabilidad a la mezcla, así como hidratar el cemento. (FUENTE: ÁNGEL SAN BARTOLOMÉ, FEBRERO DE 2011).

En cuanto a la adherencia unidad-mortero, esta se logra cuando los solubles del cemento (básicamente la etringida) son absorbidos por la unidad, cristalizándose (como agujas) en sus poros. La adherencia del agua se ve favorecida cuando el mortero penetra en las perforaciones de la unidad, formando una especie de llave de corte entre las hiladas; al respecto, ensayos realizados en la PUCP sobre muretes en compresión axial, indicaron que cuando el mortero se compacto especialmente en cada una de las 18 perforaciones de la unidad (lo que no es posible realizaren obra), la resistencia al corte se incrementó en 50%. (FUENTE: ÁNGEL SAN BARTOLOMÉ, FEBRERO DE 2011).

De otro lado, es necesario extender el mortero sobre toda la superficie (vertical y horizontal) de la unidad por asentar, por lo que debe ser trabajable. Una forma práctica de comprobar la extensión del mortero consiste en pegar dos unidades y separarlas después de un minuto; deberá observarse que el mortero cubre toda la superficie de la unidad superior. (FUENTE: ÁNGEL SAN BARTOLOMÉ, FEBRERO DE 2011).

## 2.3 NORMAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA.

### 2.3.1 DEFINICIONES DE TÉRMINOS NECESARIOS PARA COMPRENDER LAS NORMAS.

#### 2.3.1.1 MATERIA PRIMA

**a) ARCILLA.** - Es el agregado mineral terroso o pétreo que contiene esencialmente silicatos de aluminio hidratados. La arcilla es plástica cuando está suficientemente pulverizada y saturada, es rígida cuando está seca y es vidriosa cuando se quema a temperatura del orden de 1 000 °C.

**b) ESQUISTO ARCILLOSO.** - Es la arcilla estratificada en capas finas, sedimentadas y consolidadas, con un clivaje muy marcado paralelo a la estratificación.

**c) ARCILLA SUPERFICIAL.** - Es la arcilla estratificada no consolidada que se presenta en la superficie.

#### 2.3.1.2 MANUFACTURA

**a) ARTESANAL.** - Es el ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano o con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El procedimiento de moldaje exige que se use arena o agua para evitar que la arcilla se adhiera a los moldes dando un acabado característico al ladrillo. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad.

**b) INDUSTRIAL.** - Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad.

#### 2.3.1.3 LADRILLO

Es la unidad de albañilería fabricada de arcilla moldeada, extruida o prensada en forma de prisma rectangular y quemada o cocida en un horno.

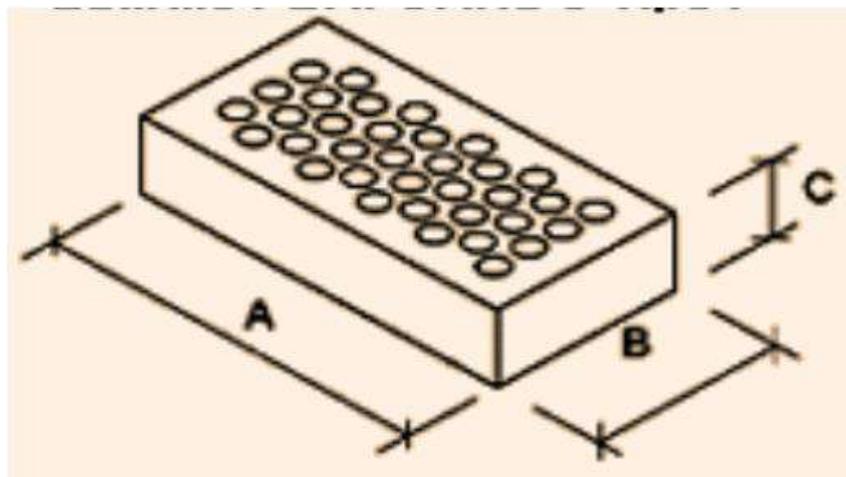
- **LADRILLO MACIZO.** - Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente al 75% o más de área bruta de la misma sección.

**FIGURA N° 11 LADRILLO MACIZO**



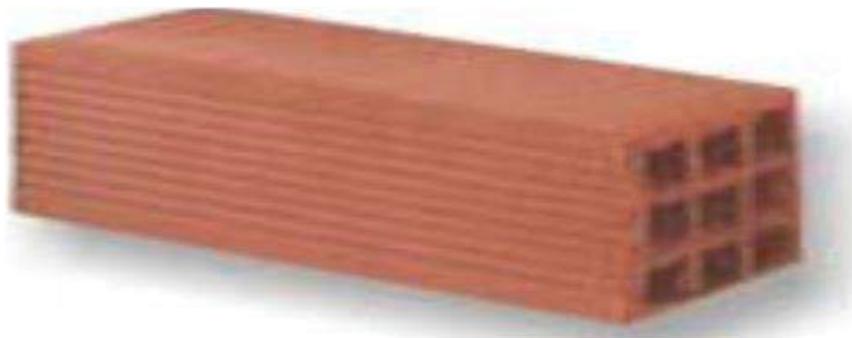
- **LADRILLO PERFORADO.** - Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente a menos de 75% del área bruta de la misma sección.

**FIGURA N° 12 LADRILLO PERFORADO**



- **LADRILLO TUBULAR.** - Es el ladrillo con huecos paralelos a la superficie de asiento.

## FIGURA N° 13 LADRILLO TUBULAR



### 2.3.1.4 DIMENSIONES Y ÁREAS

- ✓ **DIMENSIONES ESPECIFICADAS.** - Son las dimensiones a las cuales debe conformarse el ladrillo de acuerdo a su designación.
- ✓ **DIMENSIONES.** - Dimensiones reales que tiene el ladrillo.
- ✓ **LARGO.** - Es la mayor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.
- ✓ **ANCHO.** - Es la menor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.
- ✓ **ALTO.** - Es la dimensión perpendicular a la superficie de asiento del ladrillo.
- ✓ **ÁREA BRUTA.** - Es el área total de la superficie de asiento, obtenida de multiplicar su largo por su ancho.
- ✓ **ÁREA NETA.** - Es el área bruta menos el área de los vacíos.

### 2.4 NORMA TECNICA PERUANA E. 070 ALBAÑILERIA

Esta Norma establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados.

Para estructuras especiales de albañilería, tales como arcos, chimeneas, muros de contención y reservorios, las exigencias de esta Norma serán satisfechas en la medida que sean aplicables.

Los sistemas de albañilería que estén fuera del alcance de esta Norma, deberán ser aprobados mediante Resolución del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento luego de ser evaluados por SENCICO.

#### 2.4.1 DEFINICIONES

**a) 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.

**b) ALBAÑILERÍA ARMADA.** Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados.

**c) 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.

**d) ALBAÑILERÍA NO REFORZADA.** Albañilería sin refuerzo (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta Norma.

**e) ALBAÑILERÍA REFORZADA O ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL.** - Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de esta Norma.

#### 2.4.2 UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

##### 2.4.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

- ✓ Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.
- ✓ Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.

- ✓ Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.
- ✓ Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días, que se comprobará de acuerdo a la NTP 399.602.

### 2.4.3 CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las siguientes características:

**TABLA N° 13 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES**

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f'_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo 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 <sup>(1)</sup>	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP <sup>(2)</sup>	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

### 2.4.4 LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 15. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sismo resistente.

**TABLA N° 14 LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL PARA FINES ESTRUCTURALES**

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

#### 2.4.5 ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD

- ✓ El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.
- ✓ La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- ✓ La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.
- ✓ La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- ✓ La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

## **2.5 NORMA TÉCNICA PERUANA PARA EL LADRILLO DE ARCILLA (NTP 331.017).**

### **2.5.1 ORIGEN:**

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual INDECOPI COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y COMERCIALES.

### **2.5.2 OBJETO:**

La presente norma establece las definiciones, clasificación, condiciones generales y requisitos que debe cumplir el ladrillo de arcilla, usado en albañilería.

### **2.5.3 DEFINICIONES**

**Designación.** - Es la manera elegida para denominar el ladrillo de acuerdo a sus características.

El ladrillo se designará por su tipo, por su sección (macizo, perforado o tubular) y por sus dimensiones, largo (cm) x ancho (cm) y alto (cm).

### **2.5.4 CLASIFICACIÓN**

El ladrillo se clasificará en cinco tipos de acuerdo a sus propiedades (Ver Tabla 15 y Tabla 16).

**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 servicio 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.

## 2.5.5 CONDICIONES GENERALES

El ladrillo Tipo III, Tipo IV, y Tipo V deberá satisfacer las siguientes condiciones generales. Para el ladrillo Tipo I y Tipo II estas condiciones se consideran como recomendaciones.

- El ladrillo no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- El ladrillo estará bien cocido, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeado con un martillo u objeto similar producirá un sonido metálico.
- El ladrillo no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia.
- El ladrillo no tendrá excesiva porosidad, ni tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

## 2.5.6 REQUISITOS

### 2.5.6.1 VARIACIÓN DE DIMENSIONES, ALABEO, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y DENSIDAD.

El ladrillo ensayado mediante los procedimientos descritos en la Norma ITINTEC 331.018 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo, deberá cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 15.

**TABLA 15 REQUISITOS OBLIGATORIOS: Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad.**

TIPO	VARIACION DE LA DIMENSION (1) (máx. en %)			ALABEO (2) (máx. en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (mínima daN/cm <sup>2</sup> )	DENSIDAD (mínimo en g/cm <sup>3</sup> )
	NORMA TECNICA NACIONAL ITINTEC 331.018					
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más de 15 cm			
I Alternativamente	± 8	± 6	± 4	10	Sin limite	1,50
					60	Sin limite
II Alternativamente	± 7	± 6	± 4	8	Sin limite	1,60
					70	1,55
III	± 5	± 4	± 3	6	95	1,60
IV	± 4	± 3	± 2	4	130	1,65
V	± 3	± 2	± 1	2	180	1,70

NOTA 1. La variación de la dimensión se aplica para todas y cada una de las dimensiones del ladrillo y está referida a las dimensiones especificadas.

NOTA 2. El alabeo se aplica para concavidad o convexidad

### 2.5.7 ABSORCIÓN Y COEFICIENTE DE SATURACIÓN.

El ladrillo ensayado mediante el procedimiento descrito en la Norma ITINTEC 331.018 Elementos de Arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo, deberá cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 16.

**TABLA 16 REQUISITOS COMPLEMENTARIOS: Absorción y coeficiente de saturación.**

TIPO	ABSORCION (máx. en %)	COEFICIENTE DE SATURACION (máximo) (2)
I	Sin Límite	Sin Límite
II	Sin Límite	Sin Límite
III	25	0,90
IV	22	0,88
V	22	0,88

NOTA 1. El ensayo de absorción máxima sólo es exigible cuando el ladrillo estará en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.

NOTA 2. El ensayo de coeficiente de saturación sólo es exigible para condición de intemperismo severo.

### 2.5.8 DURABILIDAD.

La tabla 17 indica el tipo de ladrillo a emplearse según la condición de uso y la condición de intemperismo a que se encontrará sometida la construcción de albañilería.

**TABLA 17 Tipo de ladrillo en función de condiciones de uso e intemperismo.**

CONDICION DE USO	CONDICION DE INTEMPERISMO		
	BAJO	MODERADO	SEVERO
Para superficies que no están en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.	Cualquier Tipo	Tipos II, III, IV y V.	Tipos IV y V.
Para superficies en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.	Tipos III, IV y V.	Tipos IV y V.	Ningún tipo.

**NOTA 1.** La condición de intemperismo está asociada al índice de degradación. Este tiene un valor de 99 para las regiones de degradación baja, de 100 a 499 para las regiones de degradación moderada y de 500 o más para las regiones de degradación severa.

## **2.6 NORMA TÉCNICA PERUANA DE ENSAYO PARA EL LADRILLO (NTP331.018)**

### **2.6.1 OBJETO**

La presente Norma establece los métodos de ensayo para determinar la variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión, densidad, módulo de rotura, absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación, succión y eflorescencia de los ladrillos de arcilla usados en albañilería.

### **2.6.2 MÉTODOS DE ENSAYO**

#### **2.6.2.1. VARIACIÓN DE DIMENSIONES**

a) **APARATO.** - Una regla graduada al milímetro, de preferencia de acero inoxidable, de 300 mm de longitud o un calibrador de mordazas paralelas provistas de una escala graduada entre 10 mm y 300 mm y con divisiones correspondientes a 1 mm.

b) **MUESTRA.** - Estará constituida por ladrillos secos enteros, obtenidos según la Norma ITINTEC 331.019.

c) **PROCEDIMIENTO.** - Se mide en cada espécimen el largo, ancho y alto, con la precisión de 1 mm. Cada medida se obtiene como promedio de las cuatro medidas entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara.

**EXPRESIÓN DE RESULTADOS.** Se calcula la variación en porcentaje de cada dimensión restante de cada dimensión especificada en valor obtenido de promediar la dimensión de todas las muestras, dividiendo este valor por la dimensión especificada y multiplicando por 100.

#### **FÓRMULA N° 10. VARIACION DE DIMENSION EN PORCENTAJE**

$$\text{En donde: } V = \frac{DE - MP}{DE} \times 100$$

V : Variación de dimensión, en porcentaje.

DE: Dimensión especificada, en milímetros.

MP: Medida promedio en cada dimensión, en milímetros.

**INFORME.** - Se indica como variación de dimensión del lote de ladrillos de porcentaje de variación de todas y cada una de las dimensiones sin decimales.

#### **2.6.2.2 ALABEO**

a) **APARATOS.** - Dos cuñas de acero graduadas a medio milímetro de las características que indica la Figura 14.

b) **MUESTRA.** - Estará constituida por ladrillos secos enteros obtenidos según la Norma ITINTEC 331.019. Pueden usarse los mismos ladrillos usados en la determinación de dimensiones.

c) **PROCEDIMIENTO.** - Según el alabeo se presenta como concavidad o convexidad, seguir el procedimiento que para cada caso se detalla a continuación en las dos caras mayores del ladrillo.

d) **MEDICIÓN DE CONCAVIDAD.** - Se coloca el borde recto de la regla ya sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores del ladrillo.

Se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima.

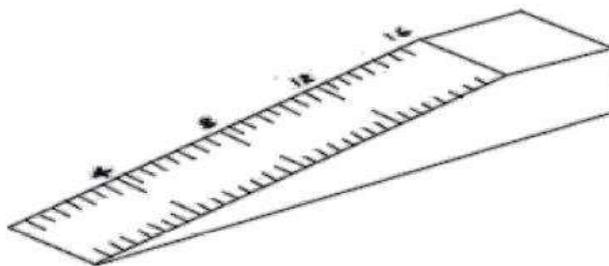
Se efectúa la lectura con la precisión de 1 mm y se registra el valor obtenido (ver Figura 15).

**e) MEDICIÓN DE CONVEXIDAD.** - Se emplea alternativamente uno de los procedimientos siguientes:

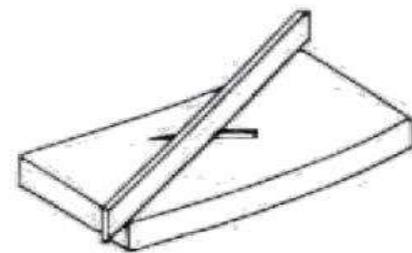
Se coloca al borde recto de la regla sea sobre una diagonal o bien sobre dos aristas opuestas de una de las caras mayores de ladrillo. Se introduce en cada vértice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida (ver Figura 14).

Se apoya el ladrillo por la cara a medir sobre una superficie plana, se introduce cada una de las cuñas en dos vértices opuestos diagonalmente o en dos aristas, buscando el punto para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida (ver Figura 14).

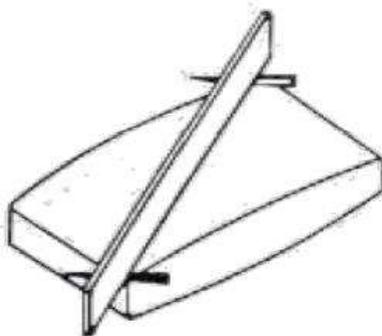
**FIGURA N° 14 MEDICION DE CONVEXIDAD**



**FIGURA 1.- Las medidas están dadas en milímetros**



**FIGURA 2**



**FIGURA 3**



**FIGURA 4**

### 2.6.2.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

a) **APARATOS.** - Cualquier máquina de las empleadas en el laboratorio para ensayos de compresión, debiendo estar provista para la aplicación de la carga de un rodillo de metal endurecido de asiento esférico y solidario con el cabezal superior de la máquina.

El centro de la superficie del casquete esférico debe coincidir con el centro de la superficie del bloque que se pone en contacto con el espécimen. Dicho bloque se mantiene inmóvil en su asiento esférico, pero puede girar libremente en cualquier dirección. El diámetro de la superficie del bloque de apoyo debe ser como mínimo de 12,5 cm.

Sobre la mordaza inferior, bajo el espécimen, se coloca una plancha metálica de una dureza Rockwell C 60 (número Brinell 620) cuya desviación con respecto a un plano horizontal no sea mayor de 0,03 mm.

Si el área del bloque de apoyo es menor que la cara del espécimen que debe estar en contacto con él, debe intercalarse una plancha de acero que cumpla iguales condiciones de horizontalidad que la descrita en el párrafo anterior y cuyo espesor sea por lo menos igual a un tercio de la distancia entre el punto de contacto del rodillo y la arista más alejada del espécimen.

b) **MUESTRA.** - Estará constituida por medios ladrillos secos, obtenidos por corte perpendicular al largo del espécimen. El corte se hará por cualquier método que no los destroce y que dé superficies planas y paralelas.

Puede usarse para esta prueba los medios ladrillos remanentes del ensayo de módulo de ruptura. La forma de muestreo está especificada en la Norma ITINTEC 331.019.

c) **RECUBRIMIENTO DE LA MUESTRA.** - Si las caras del espécimen presentan irregularidades se rellenan con una capa de cemento Portland, que se dejará fraguar 24 horas, antes de aplicar el recubrimiento, por medio de uno de los dos procedimientos que se detallan a continuación.

#### ❖ **Recubrimiento de yeso.**

Se cubre ambas caras opuestas del espécimen con solución alcohólica de goma laca, dejándolas secar perfectamente.

Se aplica una capa delgada de pasta de yeso cocido extendiéndola hasta obtener una superficie plana y uniforme.

Se repite el procedimiento en la otra cara del espécimen.

Se comprueba de que ambas caras sean aproximadamente paralelas y se espera por lo menos 2 h, antes de efectuar el ensayo.

❖ **Recubrimiento con azufre.**

Se usa una mezcla que contenga 40% a 60% de azufre en polvo (en masa) completándose con arcilla refractaria cocida u otro material inerte apropiado que pasa por el tamiz ITINTEC N° 100 (149 m).

Se usa un recipiente de aproximadamente la misma medida del ladrillo y de 1,25 cm de profundidad.

Se aceita ligeramente el molde y se vierte 0,5 cm de azufre calentado y fluido.

Se coloca inmediatamente sobre el líquido la superficie del ladrillo que se va a recubrir, sosteniendo el espécimen de tal manera que el recubrimiento sea uniforme.

**d) PROCEDIMIENTO.** - Se coloca el espécimen con una de sus caras mayores sobre el apoyo de la máquina y se hace descender el vástago solidario al cabezal, maniobrando suavemente la rótula hasta obtener un contacto perfecto sobre la cara superior del espécimen, asegurando que el eje de la misma coincida con el eje longitudinal del espécimen.

Se aplica la carga cuidando que la velocidad del cabezal de la máquina no sea mayor de 1,27 mm/min.

**e) EXPRESIÓN DE RESULTADOS.** - Se calcula la resistencia a compresión con la siguiente ecuación:

**FÓRMULA N° 11. RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO**

$$f' b = \frac{P}{A}$$

**En donde:**

F' b: Es la resistencia a la compresión del ladrillo en daN/cm<sup>2</sup>.

P : Es la carga de rotura aplicada indicada por la máquina en daN.

A : Es el promedio de las áreas brutas superior e inferior del espécimen en cm<sup>2</sup>.

NOTA 1.- Para la determinación del área en el caso de ladrillos perforados, será necesario calcular el volumen del espécimen tal como se realiza en el ensayo de densidad y aplicar la siguiente ecuación:

$$A = \frac{V}{h}$$

**En donde:**

A: es el área del ladrillo dado en centímetros cuadrados.

V: es el volumen del ladrillo en centímetros cúbicos.

h: es la altura del ladrillo en centímetros.

**NOTA 2.-** Ladrillos tubulares. - Se tratarán como ladrillos macizos para todos los efectos de la prueba y clasificación

f) **INFORME.** - Se indica como resistencia a la compresión del lote de ladrillos el promedio de los valores obtenidos para cada muestra en daN/cm<sup>2</sup> enteros.

#### 2.6.2.4 ABSORCIÓN

a) **APARATOS.** - Similares a los indicados en 3.4.2.4

b) **MUESTRA.** - Medios ladrillos que están de acuerdo a lo indicado en 3.4.2.3

#### c) **PROCEDIMIENTO**

Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose G 3.

**NOTA.** - Para enfriar los especímenes se recomienda colocarlos sin amontonarlos en un espacio abierto con libre circulación de aire manteniéndolos a temperatura ambiente durante 4 horas.

Se introducen los especímenes secos en un recipiente lleno de agua destilada, manteniéndolos completamente sumergidos durante 24 h, asegurando que la temperatura del baño esté comprendida entre 15 °C y 30°C. Transcurrido el lapso

indicado, se retiran los especímenes del baño, secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesan (G 4).

Los especímenes deben pesarse dentro de los 5 min a partir del instante en que se extraen del recipiente.

e) **EXPRESIÓN DE RESULTADOS.** - El contenido de agua absorbida se calcula con la ecuación siguiente:

En donde:

#### **FÓRMULA N° 12 ABSORCIÓN**

$$A = \frac{G4 - G3}{G3} \times 100$$

A :Es el contenido agua absorbida, en porcentaje.

G3 :Es la masa del espécimen seco, en gramos.

**G 4** :Es la masa del espécimen saturado luego de 24 h de inmersión en agua fría, en gramos.

f) **INFORME.** - Se indica como absorción del lote de ladrillos el promedio de los porcentajes individualmente calculados para cada uno de los especímenes, sin decimales.

#### **2.6.2.5 SUCCIÓN**

##### **a) APARATOS**

Bandeja o recipiente para agua, con una profundidad interior de no mayor de 12,5 mm y de un largo y ancho tales que resulte un área de no menor de 2 000 cm<sup>2</sup>.

La base de la bandeja debe ser plana y horizontal. Se debe incorporar a la bandeja un dispositivo que permita mantener el nivel de agua 0,25 mm por encima de los soportes.

b) **SOPORTE PARA LOS LADRILLOS.** - Se usará dos barras idénticas de metal no corrosible, con sección rectangular de 5 mm de altura y de un ancho no mayor de 10 m.

**c) BALANZA.** - Balanza con capacidad no menor de 2 kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 0,5 g.

**d) HORNO.** - Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

**e) SALA DE TEMPERATURA CONSTANTE.** - Cuarto que mantenga una temperatura de 24°C ± 2,0°C.

**f) CRONÓMETRO.** - Calibrado en segundos, que indique un período de 1 minuto.

**g) MUESTRA.** - Estará constituida por medios ladrillos secos, obtenidos por corte perpendicular al largo del espécimen. El corte se hará por cualquier método que no los destroce y que dé superficies planas y paralelas.

Puede usarse para esta prueba los medios ladrillos remanentes del ensayo de módulo de ruptura. La forma de muestreo está especificada en la Norma ITINTEC 331.019.

#### **h) PROCEDIMIENTO**

Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente.

Se miden con una precisión de 1 mm, el largo y ancho de la superficie del espécimen que estará en contacto con el agua. Se pesa el espécimen con una aproximación de 0,5 g.

Se monta la bandeja para la prueba, en la Sala de Temperatura Constante. Se horizontaliza el fondo de la bandeja mediante un nivel de burbuja. Se coloca el espécimen encima de los soportes contando como tiempo cero el momento de contacto del ladrillo con el agua. Durante el período de contacto, 1 min ± 1 s se mantiene el nivel de agua en el original agregando agua según sea necesario.

Al final del tiempo de contacto, se saca el espécimen y se seca el agua superficial con un trapo húmedo.

Se pesa el espécimen con una precisión de 0,5 g. La pesada se realiza en un lapso no mayor de 2 min después de su retiro del contacto con el agua.

**i) EXPRESIÓN DE RESULTADOS.** - La diferencia en peso en gramos entre la pesada final y la inicial, es el peso de agua absorbida por el ladrillo durante un minuto de contacto con el agua. Si el área de contacto del ladrillo no difiere en ± 2,5% de 200 cm<sup>2</sup>, se dará como resultado el aumento de peso en gramos.

Si el área del espécimen difiere en más de 2,5% de 200 cm<sup>2</sup> se corregirá el peso mediante la fórmula siguiente:

### FÓRMULA N° 13 SUCCION

$$A = \frac{200}{Lb} W$$

En donde:

W : es el aumento de peso, en gramos.

L : es el largo promedio de la superficie de contacto, en centímetros.

b : es el ancho promedio de la superficie de contacto, en centímetros.

A : es el aumento de peso corregido, en gramos.

**j) INFORME**. - Se indica como succión del lote de ladrillos el promedio del peso de agua absorbida por los especímenes individualmente obtenidas, en gramos sin decimales.

### 2.6.2.6 ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL

#### LADRILLO KING KONG DE 18 HUECOS (H=9CM)

El espécimen para determinar la resistencia a la compresión de la albañilería (pilas) está prácticamente estandarizado a nivel mundial y consiste en prismas de unidades asentadas una sobre otra. La junta de concreto también debe ser controlada, la norma permite una junta de 1.5cm. (Fuente: Ing. Fernando Enciso Peralta, Ensayos a la unidad de Albañilería)

#### I. OBJETIVO

- Comprobar la resistencia a compresión Axial de las pilas de albañilería usando el tipo KING KONG DE 18 HUECOS (9\*14\*24) de la ladrillera: “BELLOTA”, de manera empírica por efectos de esbeltez, mediante ensayos en el laboratorio.
- Interpretar el esfuerzo (f 'm) encontrado empíricamente.
- Determinar la forma de falla de las pilas e interpretarlas.

## II. NORMATIVIDAD

El ensayo seguirá el procedimiento de:

RNE E-070 ALBAÑILERÍA, Capítulo 5: **RESISTENCIA DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA**, NTP 399.605 (Referencia 5), UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas.

## III. Sustento científico – técnico

El ensayo se realiza en una máquina universal de compresión, aplicando un ritmo de carga controlado, hasta que el espécimen no admite más carga. El resultado del ensayo se obtiene de dividir esta carga última entre el área del testigo. Esta área será la bruta para prismas de unidades sólidas o de unidades huecas rellenas con concreto líquido o de unidades tubulares. El área será la neta para unidades huecas (sin relleno de concreto líquido) o perforadas. (Fuente: Ing. Fernando Enciso Peralta, Ensayos a la unidad de Albañilería)

### • **Pilas de albañilería**

Las pilas de albañilería son prismas compuestos por dos o más unidades de albañilería (ladrillos) enteras asentadas una sobre otra mediante mortero. La altura de los prismas no debe ser excesiva a fin de facilitar su construcción, almacenaje y transporte desde la obra hacia el laboratorio. Estas pilas a la edad de 28 días son ensayadas a compresión axial y los resultados se utilizan para diseñar estructuralmente los muros de los edificios y para controlar la calidad de la albañilería en la construcción. Sin embargo la resistencia característica a compresión axial de las pilas ( $f'm$ ) depende de la esbeltez que es la relación que existe entre la altura y el espesor del prisma (figura 11). La norma anterior de albañilería E070 (ININVI 1982) y la actual Norma Técnica de Edificación E070 Albañilería (SENCICO 2004) establecen un valor nominal de esbeltez igual a 5. Además establecen coeficientes de corrección para esbelteces menores que cinco. Estos coeficientes son los mismos en ambas normas y se aplican multiplicando a la resistencia a compresión axial obtenida del ensayo para de este modo estimar la resistencia que se obtendría con la esbeltez. (Fuente: Ing. Fernando Enciso Peralta, Ensayos a la unidad de Albañilería)

- **COEFICIENTES DE CORRECCIÓN DE  $f'm$  POR ESBELTEZ ESPECIFICADAS POR LAS NORMAS DE ALBAÑILERÍA**

Las normas de albañilería a simple vista establecen diferentes coeficientes de corrección de  $f'm$  por esbeltez esto se debe principalmente a que cada norma toma un valor nominal de esbeltez diferente. (Fuente: Ing. Fernando Enciso Peralta, Ensayos a la unidad de Albañilería)

La norma peruana SENCICO 2004 establece una esbeltez nominal igual a 5 con la finalidad de que los platos de carga del equipo de ensayo no influyan en la zona central de la albañilería restringiendo su expansión lateral.

Entonces para poder comparar los coeficientes de corrección de  $f'm$  por esbeltez de las diferentes normas se normalizará a una esbeltez igual a 5. (Fuente: Ing. Fernando Enciso Peralta, Ensayos a la unidad de Albañilería)

A continuación, se presentan los coeficientes dados por las diversas normas de albañilería. (Fuente: Ing. Fernando Enciso Peralta, Ensayos a la unidad de Albañilería)

- **NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E070 ALBAÑILERÍA**

La norma peruana NTE E-070 establece que las pilas de albañilería no tendrán menos de 3 hiladas o 40 cm de altura (lo que sea mayor) y tendrán una relación altura entre espesor (esbeltez) no menor de 2 ni mayor que 5 de preferencia se debe utilizar una esbeltez igual a 5.

Para corregir el valor de  $f'm$  se debe multiplicar por un coeficiente que depende de la esbeltez del prisma que se muestra a continuación.

<b>TABLA N° 18 FACTORES DE CORECCIÓN DE <math>f'm</math> POR ESBELTEZ. SENCICO 2004</b>						
<b>Esbeltez</b>	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
<b>Factor (*)</b>	0.73	0.80	0.86	0.95	0.98	1.00

- **NORMA TÉCNICA PERUANA 339.613-2003 MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA**

Esta norma peruana adopta los mismos coeficientes de corrección de  $f'm$  por esbeltez la misma esbeltez nominal el mismo número de prismas a ensayar y el mismo rango de esbelteces que la norma AST C1314 que se verá posteriormente.

- **NORMA CHILENA OFICIAL NCH. 2123.OF.97**

La norma chilena, en el anexo B de NCh.1928: Confección y Ensayo de Prismas de Albañilería, indica:

- Espesor: El espesor del prisma debe ser igual al espesor de los muros y vigas de la estructura.
- Longitud: La longitud del prisma debe ser mayor o igual a la longitud de la unidad de albañilería.
- Altura: La altura del prisma debe cumplir con las siguientes condiciones:
  - Incluir un mínimo de tres hiladas.
  - El coeficiente entre la altura y el espesor debe ser mayor o igual a 3.

Además, se tiene que construir 5 pilas para poder determinar el valor de  $f'm$ .

- **NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y SISMORESISTENTE (NSR - 1998).**

La norma colombiana establece ensayar 3 pilas de albañilería para hallar el valor de  $f'm$  usando una relación altura - espesor mayor que 15 y menor que 5 Además los prismas deben tener un mínimo de 300 mm de altura.

Los coeficientes de corrección por esbeltez dados en esta norma están normalizados a una esbeltez igual a 2.

- **NORMAS TÉCNICAS MEXICANAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA.**

Estas normas establecen el ensayo de 9 pilas como mínimo para obtener el valor de  $f'm$ . Además, las pilas deben estar conformadas por lo menos por tres unidades de albañilería La relación altura a espesor de la pila está comprendida entre 2 y 5 Los coeficientes de corrección por esbeltez están normalizados a una esbeltez de 4 por lo que se procede a normalizarlos hacia una esbeltez de 5 para compararlos con los valores especificados por la norma peruana E-070.

**TABLA N° 19 FACTORES DE CORRECCIÓN DE  $f'_m$  POR ESBELTEZ - NORMA MEXICANA**

Relación altura a espesor de la pila	2.0	3.0	4.0	5.0
Factor correctivo	0.75	0.90	1.00	1.05
Factor Normalizado (*)	0.71	0.86	0.95	1.00

- **BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR MASONRY STRUCTURES REPORTED BY THE MASONRY STANDARDS JOINT COMMITTEE.**

El comité del ACI también toma los coeficientes de corrección de  $f'_m$  por esbeltez de la Norma ASTM C1314.

- **STANDARD TEST METHOD FOR CONSTRUCTING AND TESTING MASONRY PRISMS USED TO DETERMINE COMPLIANCE WITH SPECIFIED COMPRESSIVE STRENGTH OF MASONRY.**

En esta norma se establece que el número mínimo de pilas a ensayar para obtener el valor de  $f'_m$  es 3 Además cada prisma debe tener una altura mínima de 2 unidades con una relación altura-espesor comprendida entre 1.3 y 5.0.

Los valores de corrección por esbeltez según la norma ASTM C1314 están normalizados a una esbeltez de 2 por lo que se procedió a normalizarlos hacia una esbeltez de 5 para compararlos con los valores de la norma peruana E-070.

**TABLA N° 20 FACTORES DE CORRECCIÓN DE  $f'_m$  POR ESBELTEZ - NORMA ASTM C1314**

<b>Esbeltez</b>	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
<b>Factor</b>	0.75	0.86	1.00	1.04	1.07	1.15	1.22
<b>Factor</b>	0.61	0.70	0.82	0.85	0.88	0.94	1.00

#### 2.6.2.7 ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL (NTP 399.621)

#### PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

#### GEOMETRIA

- ✓ Las longitudes serán como mínimo de 60 x 60 y un máximo de 68 x 68 aproximadamente

- ✓ Colocados en 6 hiladas de 2.5 ladrillos por hilada aproximadamente con una junta de 1.5 cm.

## CONSTRUCCION

- ✓ Se seleccionaron los ladrillos eliminando los que tendrán esquinas defectuosas o rajaduras, posteriormente se efectuó el corte de las unidades para el asentado de las mismas.
- ✓ El mortero a utilizar será cemento arena en una proporción de 1:3.5
- ✓ En el asentado de las unidades se controlará la verticalidad de los muros, los espesores de juntas, y las alturas de las hiladas.
- ✓ Finalmente se realizará el curado de los muretes.

## ENSAYO

- ✓ De cada murete se medirá las longitudes de sus lados y la longitud diagonal.
- ✓ Se trasladará los muretes desde el lugar de construcción, hacia el laboratorio evitando sacudidas, saltos y volteos.
- ✓ El ensayo se realizará a una edad de 28 días
- ✓ Se preparará el equipo a compresión.
- ✓ Se colocará el murete verificando la posición correcta del mismo, centrando los cabezales tanto superior como inferior
- ✓ Para el montaje de los muretes no se empleará ningún instrumento adicional
- ✓ Se aplicará la fuerza de manera continua a una velocidad constante

## MEMORIA DE CÁLCULO

Se calculará la resistencia característica a compresión diagonal ( $v'm$ ) con los datos de la celda de carga.

### Resistencia a compresión diagonal ( $v'm$ )

La resistencia a compresión diagonal de cada murete ( $v'm$ ) se obtuvo dividiendo la carga de rotura entre el área de la diagonal:

$$v_m = \frac{P}{A}$$

Donde:

$P$  = Carga de rotura en kg.

$L_p, H_p$  = Lados del murete.

$D$  = Dimensión Diagonal

$$D = \sqrt{L_p^2 + H_p^2}$$

$t_p$  = Espesor del murete.

$A$  = Área de la diagonal

$$A = D * t_p$$

$v'_m$  = Resistencia a la compresión diagonal en kg/cm<sup>2</sup>.

## 2.7 NORMA TÉCNICA PERUANA DE MUESTRO PARA LADRILLO (NTP 331.019)

### 2.7.1 OBJETO

La presente Norma establece el procedimiento para el muestreo y recepción de los

ladrillos de arcilla usados en albañilería.

### 2.7.2 DEFINICIONES

**2.7.2.1 Partida.-** Es el conjunto de unidades de albañilería que motivan una transacción comercial.

**2.7.2.2 Lote.-** Es el subconjunto de ladrillos de la misma forma y tamaño fabricados en condiciones similares de producción.

**2.7.2.3 Muestra.-** Es el grupo de ladrillos extraídos al azar del lote con la finalidad de obtener la información necesaria que permite apreciar las características de ese lote.

**2.7.2.4 Espécimen. -** Es cada una de las unidades en donde se deben aplicar los métodos de ensayo.

**2.7.2.5 Unidades de albañilería. -** Son, para efectos de la presente Norma, las unidades (macizas, perforadas y tubulares), fabricadas para construir muros al disponerlas convenientemente y que deben cumplir los requisitos de durabilidad, resistencia y otros requisitos relacionados con las condiciones de uso y el material que las constituyen.

### **2.7.3 INSPECCIÓN Y RECEPCIÓN**

**2.7.3.1 Muestra.** - Sólo se aceptarán para la realización de ensayos los lotes que satisfagan las condiciones generales indicadas en la Norma de Requisitos. Se escogerán ladrillos enteros que sean representativos del lote del cual fueron seleccionados.

#### **2.7.3.2 Número de muestras**

Para cada lote de 50 000 ladrillos o fracción se realizará la secuencia “A” de ensayos.

Para los lotes en exceso de 50 000 ladrillos, se realizará la secuencia “A” para los primeros 50 000 y la secuencia “B” de ensayos, por cada grupo adicional de 100 000 ladrillos o fracción.

### CAPÍTULO III

#### PRESENTACIÓN

La presente tesis de investigación realizada da un aporte para el estudio de la unidad de albañilería King Kong 18 huecos.

La fabricación de la unidad de albañilería se hizo de la forma tradicional que hace la ladrillera BELLOTA, opcionalmente para la fabricación de los ladrillos con residuos de cizalladura de acero se agregaron el acero en porcentaje en peso de la unidad patrón.

Acero Cizallado	PESO DEL LADRILLO PATRON (gr)	CANTIDAD DE LADRILLOS REQUERIDOS (und)	CANTIDAD DE ACERO RQUERIDO (gr)
1%	3,500.00	90.00	3,150.00
3%	3,500.00	90.00	9,450.00
6%	3,500.00	90.00	18,900.00
<b>TOTAL DE ACERO REQUERIDO</b>			<b>31,500.00</b>

Las unidades que se fabricaron se clasificaron y se almacenaron con mucho cuidado para ser utilizados en los ensayos.

Para los ensayos físicos se usaron 05 unidades de la unidad patrón sin adición de acero reciclado cizallado, 05 unidades con 1% de acero reciclado cizallado, 05 unidades con 3% de acero reciclado cizallado y 05 unidades con 6% de acero cizallado.

Para los ensayos de compresión axial de la unidad se usaron 05 unidades de la unidad patrón sin adición de acero reciclado cizallado, 05 unidades con 1% de acero reciclado cizallado, 05 unidades con 3% de acero reciclado cizallado y 05 unidades con 6% de acero cizallado, antes de hacer el ensayo se toma las medidas y se realiza el caping 24 horas antes del ensayo.

Para los ensayos de compresión axial de la pila se usaron 15 unidades de la unidad patrón sin adición de acero reciclado cizallado, 15 unidades con 1% de acero reciclado cizallado, 15 unidades con 3% de acero reciclado cizallado y 15 unidades con 6% de acero cizallado, antes de hacer el ensayo se toma las

medidas y se realiza el curing 24 horas antes del ensayo. Las pilas se realizarán a una edad de 21 días.

Para los ensayos de compresión diagonal se usarán 45 unidades de la unidad patrón sin adición de acero reciclado cizallado, 45 unidades con 1% de acero reciclado cizallado, 45 unidades con 3% de acero reciclado cizallado y 45 unidades con 6% de acero cizallado, antes de hacer el ensayo se toma las medidas: longitud, altura, espesor del murete y diagonal.

Antes de realizar el ensayo se realizó el relleno de los huecos del ladrillo donde irán los cabezales con mezcla de 1: 3.5.

Se hizo el curing 24 horas antes del ensayo, los muretes se ensayaron a una edad de 40 días.

### 3.1 INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS O INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

TABLA N° 01 ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL														
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS													
	RESPONSABLE			JUAN CARLOS VARGAS SICLLA										
	ENSAYO			VARIACIÓN DIMENSIONAL										
	%V =	$\frac{DE-MP}{DE}$	X100	DE =	L	H	A							
					24	9	14							
VARIACIÓN DIMENSIONAL														
LADRILLERA "BELLOTA"														
Muestra 0%	L(cm)		Lprom	V.D %	H(cm)				Hprom	V.D %	A(cm)		Aprom	V.D %
	1	2			1	2	3	4			1	2		
1														
2														
3														
4														
5														
Promedio														
VARIACIÓN DIMENSIONAL														
LADRILLERA "BELLOTA"														
Muestra 1%	L(cm)		Lprom	V.D	H(cm)				Hprom	V.D	A(cm)		Aprom	V.D
	1	2			1	2	3	4			1	2		
1														
2														
3														
4														
5														
Promedio														
VARIACIÓN DIMENSIONAL														
LADRILLERA "BELLOTA"														
Muestra 3%	L(cm)		Lprom	V.D	H(cm)				Hprom	V.D	A(cm)		Aprom	V.D
	1	2			1	2	3	4			1	2		
1														
2														
3														
4														
5														
Promedio														
VARIACIÓN DIMENSIONAL														
LADRILLERA "BELLOTA"														
Muestra 6%	L(cm)		Lprom	V.D	H(cm)				Hprom	V.D	A(cm)		Aprom	V.D
	1	2			1	2	3	4			1	2		
1														
2														
3														
4														
5														
Promedio														

“EVALUAR LA INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DE LAS CIZALLADURAS DE ACERO ESTRUCTURAL EN LA ADICIÓN DE LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA MÁS VENDIDAS EN LA CIUDAD DEL CUSCO, ANALIZADAS EN LA LADRILLERA BELLOTA E.I.R.L, DE SAN JERÓNIMO-CUSCO”

TABLA N° 02 ENSAYO DE ALABEO						
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
	RESPONSABLE		JUAN CARLOS VARGAS SICLLA			
	ENSAYO		ALABEO			
ALABEO						
Muestra 0%	CARA SUPERIOR (mm)		CARA SUPERIOR (mm)	CARA INFERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)
1						
2						
3						
4						
5						
Promedio						
<b>ALABEO MAX.</b>						
Muestra 1%	CARA SUPERIOR (mm)		CARA SUPERIOR (mm)	CARA INFERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)
1						
2						
3						
4						
5						
Promedio						
<b>ALABEO MAX.</b>						
Muestra 3%	CARA SUPERIOR (mm)		CARA SUPERIOR (mm)	CARA INFERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)
1						
2						
3						
4						
5						
Promedio						
<b>ALABEO MAX.</b>						
Muestra 6%	CARA SUPERIOR (mm)		CARA SUPERIOR (mm)	CARA INFERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)
1						
2						
3						
4						
5						
Promedio						
<b>ALABEO MAX.</b>						



TABLA N° 04 ABSORCIÓN				
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
	RESPONSABLE	JUAN CARLOS VARGAS SICLLA		
	LUGAR			
	ENSAYO	ABSORCIÓN		
$A = \frac{G4 - G3}{G3} \times 100$		<p><i>G3 = Es la masa del espécimen seco.</i>  <i>G4 = Es la masa del espécimen saturado luego de 24 h.</i>  <i>A = Es el contenido de agua absorbida en porcentaje.</i></p>		
MUESTRA 0%	PESO(kg)		ABSORCIÓN %	
	G3 (Peso seco)	G4 (Peso saturado)		
1				
2				
3				
4				
5				
		Promedio		
MUESTRA 1%	PESO(kg)		ABSORCIÓN %	
	G3 (Peso seco)	G4 (Peso saturado)		
1				
2				
3				
4				
5				
		Promedio		
MUESTRA 3%	PESO(kg)		ABSORCIÓN %	
	G3 (Peso seco)	G4 (Peso saturado)		
1				
2				
3				
4				
5				
		Promedio		
MUESTRA 6%	PESO(kg)		ABSORCIÓN %	
	G3 (Peso seco)	G4 (Peso saturado)		
1				
2				
3				
4				
5				
		Promedio		

TABLA N° 05 SUCCIÓN										
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS									
	RESPONSABLE			JUAN CARLOS VARGAS SICLLA						
	ENSAYO			SUCCIÓN						
Muestra 0%	Ancho (cm)			Largo (cm)			Área (cm <sup>2</sup> )	W seco (kg)	W succión (kg)	Succión gr/200cm <sup>2</sup> /min.
	a1	a2	ap	l1	l2	lp				
1										
2										
3										
4										
5										
Promedio										
Muestra 1%	Ancho (cm)			Largo (cm)			Área (cm <sup>2</sup> )	W seco (kg)	W succión (kg)	Succión gr/200cm <sup>2</sup> /min.
	a1	a2	ap	l1	l2	lp				
1										
2										
3										
4										
5										
Promedio										
Muestra 3%	Ancho (cm)			Largo (cm)			Área (cm <sup>2</sup> )	W seco (kg)	W succión (kg)	Succión gr/200cm <sup>2</sup> /min.
	a1	a2	ap	l1	l2	lp				
1										
2										
3										
4										
5										
Promedio										
Muestra 6%	Ancho (cm)			Largo (cm)			Área (cm <sup>2</sup> )	W seco (kg)	W succión (kg)	Succión gr/200cm <sup>2</sup> /min.
	a1	a2	ap	l1	l2	lp				
1										
2										
3										
4										
5										
Promedio										

**“EVALUAR LA INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DE LAS CIZALLADURAS DE ACERO ESTRUCTURAL EN LA ADICIÓN DE LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA MÁS VENDIDAS EN LA CIUDAD DELCUSCO, ANALIZADAS EN LA LADRILLERA BELLOTA E.I.R.L, DE SAN JERÓNIMO-CUSCO”**

TABLA N° 06 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD									
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
	RESPONSABLE			JUAN CARLOS VARGAS SICLLA					
	ENSAYO			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
Muestra 0%	Ancho (cm)		Ancho(cm m)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm2)	Pu(kg)	f'b(kg/cm2)
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1									
2									
3									
4									
5									
								Promedio	
								s: Desv. Est.	
								f'b	
								CV:Coef. de var. %	
Muestra 1%	Ancho (cm)		Ancho(cm m)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm2)	Pu(kg)	f'b(kg/cm2)
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1									
2									
3									
4									
5									
								Promedio	
								s: Desv. Est.	
								f'b	
								CV:Coef. de var. %	
Muestra 3%	Ancho (cm)		Ancho(cm m)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm2)	Pu(kg)	f'b(kg/cm2)
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1									
2									
3									
4									
5									
								Promedio	
								s: Desv. Est.	
								f'b	
								CV:Coef. de var. %	
Muestra 6%	Ancho (cm)		Ancho(cm m)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm2)	Pu(kg)	f'b(kg/cm2)
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1									
2									
3									
4									
5									
								Promedio	
								s: Desv. Est.	
								f'b	
								CV:Coef. de var. %	

**“EVALUAR LA INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DE LAS CIZALLADURAS DE ACERO ESTRUCTURAL EN LA ADICIÓN DE LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA MÁS VENDIDAS EN LA CIUDAD DEL CUSCO, ANALIZADAS EN LA LADRILLERA BELLOTA E.I.R.L, DE SAN JERÓNIMO-CUSCO”**

TABLA N° 07 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA PILA									
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
	RESPONSABLE			JUAN CARLOS VARGAS SICLLA					
	ENSAYO			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
Muestra 0%	Ancho (cm)		Ancho(cm)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm2)	Pu(kg)	f'b(kg/cm2)
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1									
2									
3									
4									
5									
								Promedio	
								s: Desv. Est.	
								fb	
								CV:Coef. de var. %	
Muestra 1%	Ancho (cm)		Ancho(cm)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm2)	Pu(kg)	f'b(kg/cm2)
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1									
2									
3									
4									
5									
								Promedio	
								s: Desv. Est.	
								fb	
								CV:Coef. de var. %	
Muestra 3%	Ancho (cm)		Ancho(cm)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm2)	Pu(kg)	f'b(kg/cm2)
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1									
2									
3									
4									
5									
								Promedio	
								s: Desv. Est.	
								fb	
								CV:Coef. de var. %	
Muestra 6%	Ancho (cm)		Ancho(cm)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm2)	Pu(kg)	f'b(kg/cm2)
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1									
2									
3									
4									
5									
								Promedio	
								s: Desv. Est.	
								fb	
								CV:Coef. de var. %	

TABLA N° 08 COMPRESIÓN DIAGONAL										
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS									
	RESPONSABLE					JUAN CARLOS VARGAS SICLLA				
	ENSAYO					RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL				
Muestra 0%	LONGITUD		Lp (cm)	ALTURA		Hp (cm)	ESPESOR		t p (cm)	PSI
	L1(cm)	L2(cm)		H1(cm)	H2(cm)		t1(cm)	t2(cm)		
1										
2										
3										
4										
5										
Muestra 1%	LONGITUD		Lp (cm)	ALTURA		Hp (cm)	ESPESOR		t p (cm)	PSI
	L1(cm)	L2(cm)		H1(cm)	H2(cm)		t1(cm)	t2(cm)		
1										
2										
3										
4										
5										
Muestra 3%	LONGITUD		Lp (cm)	ALTURA		Hp (cm)	ESPESOR		t p (cm)	PSI
	L1(cm)	L2(cm)		H1(cm)	H2(cm)		t1(cm)	t2(cm)		
1										
2										
3										
4										
5										
Muestra 6%	LONGITUD		Lp (cm)	ALTURA		Hp (cm)	ESPESOR		t p (cm)	PSI
	L1(cm)	L2(cm)		H1(cm)	H2(cm)		t1(cm)	t2(cm)		
1										
2										
3										

**“EVALUAR LA INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DE LAS CIZALLADURAS DE ACERO ESTRUCTURAL EN LA ADICIÓN DE LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA MÁS VENDIDAS EN LA CIUDAD DEL CUSCO, ANALIZADAS EN LA LADRILLERA BELLOTA E.I.R.L, DE SAN JERÓNIMO-CUSCO”**

TABLA N° 09 COMPRESIÓN DIAGONAL									
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
	RESPONSABLE	JUAN CARLOS VARGAS SICLLA							
	ENSAYO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL							
Muestra 0%	Lp (cm)	Hp (cm)	t p (cm)	D (cm)	P (lb)	P (kg)	ÁREA DE LA DIAGONAL	$v'_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
1									
2									
3									
4									
5									
							Promedio		
							s: Desv. Est.		
							$v'_m$ (Mpa)		
							CV:Coef. de var. %		
Muestra 1%	Lp (cm)	Hp (cm)	t p (cm)	D (cm)	P (lb)	P (kg)	ÁREA DE LA DIAGONAL	$v'_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
1									
2									
3									
4									
5									
							Promedio		
							s: Desv. Est.		
							$v'_m$ (Mpa)		
							CV:Coef. de var. %		
Muestra 3%	Lp (cm)	Hp (cm)	t p (cm)	D (cm)	P (lb)	P (kg)	ÁREA DE LA DIAGONAL	$v'_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
1									
2									
3									
4									
5									
							Promedio		
							s: Desv. Est.		
							$v'_m$ (Mpa)		
							CV:Coef. de var. %		
Muestra 6%	Lp (cm)	Hp (cm)	t p (cm)	D (cm)	P (lb)	P (kg)	ÁREA DE LA DIAGONAL	$v'_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
1									
2									
3									
4									
5									
							Promedio		
							s: Desv. Est.		
							$v'_m$ (Mpa)		
							CV:Coef. de var. %		

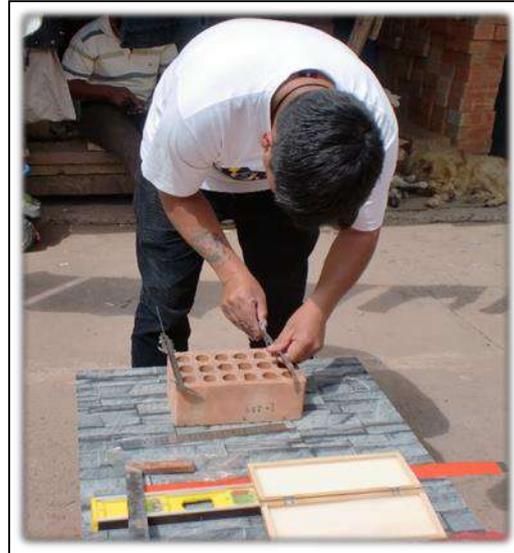
## 3.2 CLASIFICACIÓN Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

### 3.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS

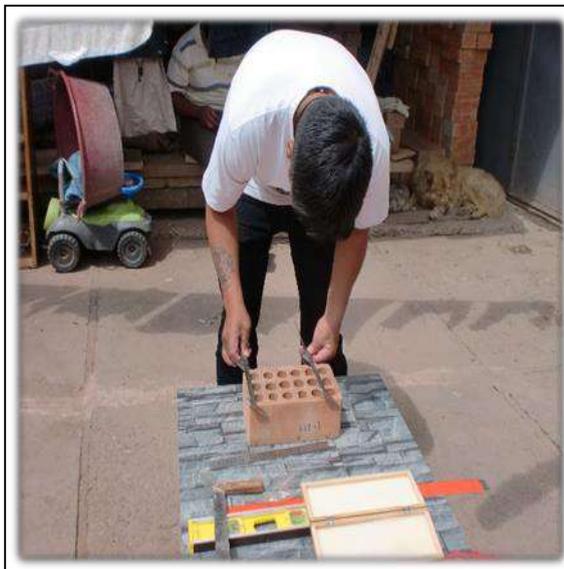
#### 3.2.1.a VARIACIÓN DIMENSIONAL

TABLA N° 01 ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL														
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS													
	RESPONSABLE			JUAN CARLOS VARGAS SICLLA										
	ENSAYO			VARIACIÓN DIMENSIONAL										
	%V =	DE-MP DE	X100	DE =	L	H	A							
					24	9	14							
VARIACIÓN DIMENSIONAL														
Muestra 0%	LADRILLERA "BELLOTA"													
	L(cm)		Lprom	V.D %	H(cm)				Hprom	V.D %	A(cm)		Aprom	V.D %
	1	2			1	2	3	4			1	2		
1	23.90	23.80	23.85	0.62	8.91	8.83	8.86	8.94	8.89	1.28	14.14	14.11	14.13	-0.89
2	23.80	23.75	23.78	0.94	8.75	8.72	8.79	8.76	8.76	2.72	14.08	14.05	14.07	-0.46
3	23.90	23.75	23.83	0.73	8.79	8.73	8.75	8.74	8.75	2.75	13.91	13.96	13.94	0.46
4	23.85	23.90	23.88	0.52	8.79	8.81	8.79	8.78	8.79	2.31	14.01	14.04	14.03	-0.18
5	23.90	23.85	23.88	0.52	8.83	8.81	8.82	8.8	8.82	2.06	14.11	14.13	14.12	-0.86
Promedio			23.84	0.67					8.80	2.22			14.05	-0.39
VARIACIÓN DIMENSIONAL														
Muestra 1%	LADRILLERA "BELLOTA"													
	L(cm)		Lprom	V.D	H(cm)				Hprom	V.D	A(cm)		Aprom	V.D
	1	2			1	2	3	4			1	2		
1	23.90	23.85	23.88	0.52	8.85	8.83	8.80	8.79	8.82	2.03	13.92	13.92	13.92	0.57
2	23.90	23.85	23.88	0.52	8.82	8.79	8.33	8.81	8.69	3.47	13.9	13.9	13.93	0.54
3	24.00	23.90	23.95	0.21	8.93	8.91	8.94	8.91	8.92	0.86	14.03	13.95	13.99	0.07
4	23.80	23.90	23.85	0.62	8.78	8.81	8.84	8.77	8.80	2.22	13.97	14.00	13.99	0.11
5	23.60	23.80	23.70	1.25	8.75	8.61	8.77	8.73	8.72	3.17	13.81	13.88	13.85	1.11
Promedio			23.85	0.62					8.79	2.35			13.93	0.48
VARIACIÓN DIMENSIONAL														
Muestra 3%	LADRILLERA "BELLOTA"													
	L(cm)		Lprom	V.D	H(cm)				Hprom	V.D	A(cm)		Aprom	V.D
	1	2			1	2	3	4			1	2		
1	24.00	23.90	23.95	0.21	8.90	8.88	9.14	8.82	8.94	0.72	14.00	14.05	14.03	-0.18
2	23.92	23.90	23.91	0.37	8.88	8.70	8.93	8.82	8.83	1.86	14.05	14.12	14.09	-0.61
3	23.90	24.00	23.95	0.21	8.81	8.91	8.98	8.98	8.92	0.89	13.97	14.01	13.99	0.07
4	24.00	23.90	23.95	0.21	9.09	9.01	8.87	8.85	8.96	0.50	14.02	14.08	14.05	-0.36
5	23.95	23.80	23.88	0.52	9.09	9.06	8.76	9.10	9.00	-0.03	13.85	13.82	13.84	1.18
Promedio			23.93	0.30					8.93	0.79			14.00	0.02
VARIACIÓN DIMENSIONAL														
Muestra 6%	LADRILLERA "BELLOTA"													
	L(cm)		Lprom	V.D	H(cm)				Hprom	V.D	A(cm)		Aprom	V.D
	1	2			1	2	3	4			1	2		
1	24.00	23.90	23.95	0.21	8.87	8.81	8.87	8.91	8.87	1.50	14.05	14.03	14.04	-0.29
2	24.00	23.90	23.95	0.21	8.94	8.82	8.91	8.84	8.88	1.36	14.03	14.05	14.04	-0.29
3	23.80	24.00	23.90	0.42	8.92	8.89	8.91	8.92	8.91	1.00	14.07	14.00	14.04	-0.25
4	23.85	23.8	23.83	0.73	8.98	8.87	8.89	8.97	8.93	0.81	14.1	14.1	14.11	-0.75
5	23.90	23.9	23.90	0.42	8.92	8.83	8.87	8.85	8.87	1.47	14.1	14.1	14.12	-0.82
Promedio			23.91	0.40					8.89	1.23			14.07	-0.48

(FUENTE: PROPIA)

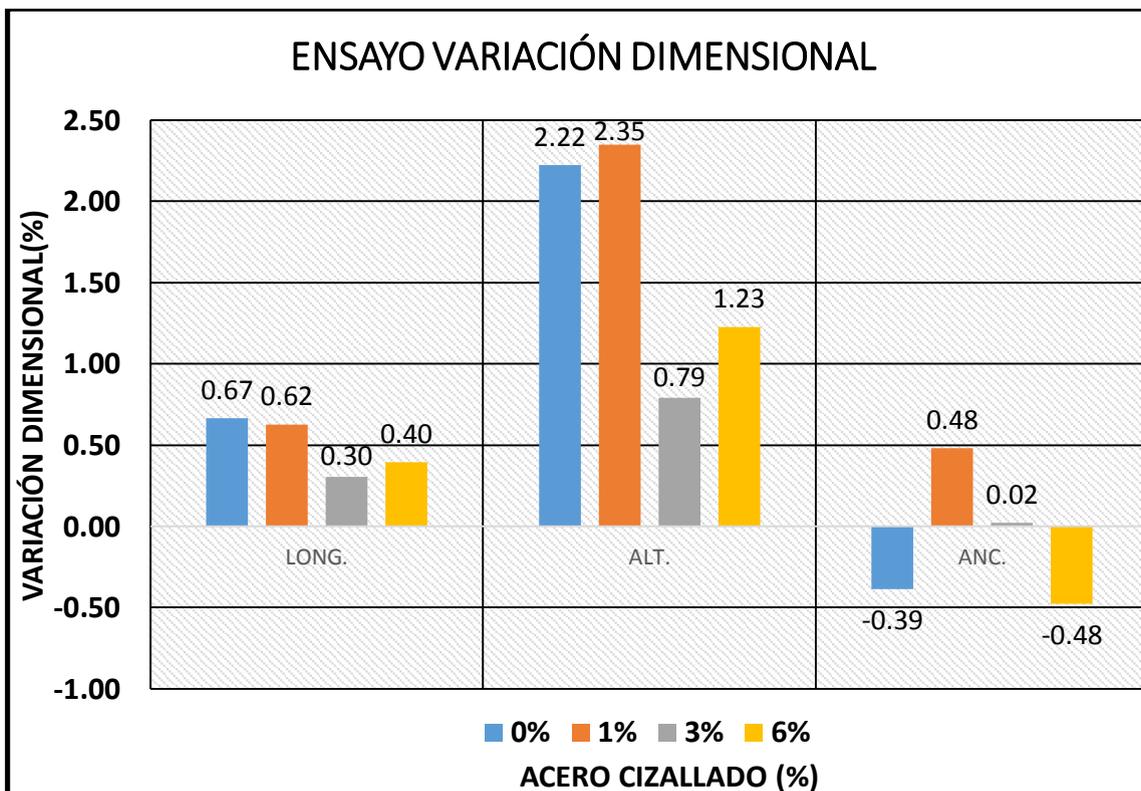
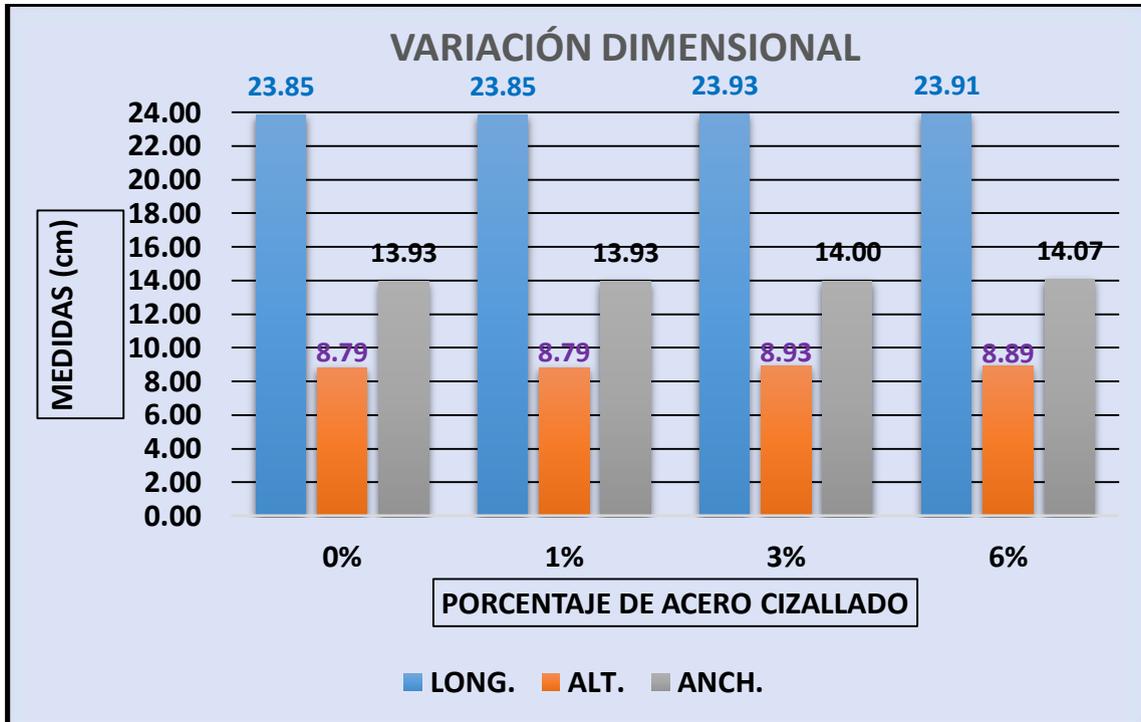


**FOTO 07 Y 08:** Se midió el lado de las unidades de albañilería con la ayuda de una regla y vernier.



**FOTO 09 Y 10:** Se midió el lado de las unidades de albañilería con la ayuda de una regla y vernier.

### 3.2.1.1 CUADRO COMPARATIVO



### 3.2.1.2 TABLA N° 21 ANÁLISIS DEL ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

% DE ACERO		VARIAC.LONGITUD 24 cm	VARIAC.ANCHO 14 cm	VARIAC.ALTURA 9 cm
<b>0%</b>	<b>%</b>	0.67	-0.39	2.22
	<b>cm</b>	0.16	-0.05	0.20
<b>1%</b>	<b>%</b>	0.62	0.48	2.35
	<b>cm</b>	0.15	0.07	0.21
<b>3%</b>	<b>%</b>	0.30	0.02	0.79
	<b>cm</b>	0.07	0.003	0.07
<b>6%</b>	<b>%</b>	-0.39	-0.48	1.23
	<b>cm</b>	0.09	-0.07	0.11

La figura n°21 nos presenta la relación que existe entre la adición de acero cizallado y la variación dimensional de la unidad, se tiene:

Al adicionar acero cizallado la variación dimensional incrementa de cierta forma, debido al resquebrajamiento de la masa y consecuentemente de la unidad que ocurre con la adición de 6% de acero cizallado, sin embargo, es una propiedad que está más relacionada al manipuleo y control de secado de la unidad, durante su proceso de elaboración.

#### CLASIFICACION

CARACTERÍSTICA DE LA UNIDAD				
FABRICA	BELLOTA			
TIPO	KING KONG 18 HUECOS			
SIN CIZALLADURA DE ACERO				
DIMENSIONES PROMEDIO	LARGO	<b>23.84</b>	cm	CLASIFICACIÓN E-070
	ANCHO	<b>14.05</b>	cm	
	ALTURA	<b>8.80</b>	cm	
SIN CIZALLADURA DE ACERO				
VARIACIÓN DIMENSIONAL	LARGO	%	<b>0.67</b>	<b>V</b>
	ANCHO	%	<b>-0.39</b>	
	ALTURA	%	<b>2.22</b>	

- De acuerdo a los resultados de las unidades de albañilería sin adición de cizalladura de acero, el ladrillo es de tipo V.

CARACTERÍSTICA DE LA UNIDAD				
FABRICA	BELLOTA			
TIPO	KING KONG 18 HUECOS			
CON CIZALLADURA DE ACERO 1 %				
DIMENSIONES PROMEDIO	LARGO	23.85	cm	CLASIFICACIÓN E-070
	ANCHO	13.93	cm	
	ALTURA	8.79	cm	
CON CIZALLADURA DE ACERO 1 %				
VARIACIÓN DIMENSIONAL	LARGO	%	0.62	V
	ANCHO	%	0.48	
	ALTURA	%	2.35	

- De acuerdo a los resultados de las unidades de albañilería con adición del 1 % de cizalladura de acero, el ladrillo es de tipo V.

CARACTERÍSTICA DE LA UNIDAD				
FABRICA	BELLOTA			
TIPO	KING KONG 18 HUECOS			
CON CIZALLADURA DE ACERO 3 %				
DIMENSIONES PROMEDIO	LARGO	23.93	cm	CLASIFICACIÓN E-070
	ANCHO	14.00	cm	
	ALTURA	8.93	cm	
CON CIZALLADURA DE ACERO 3 %				
VARIACIÓN DIMENSIONAL	LARGO	%	0.30	V
	ANCHO	%	0.02	
	ALTURA	%	0.79	

- De acuerdo a los resultados de las unidades de albañilería con adición del 3 % de cizalladura de acero, el ladrillo es de tipo V.

CARACTERÍSTICA DE LA UNIDAD				
FABRICA	BELLOTA			
TIPO	KING KONG 18 HUECOS			
CON CIZALLADURA DE ACERO 6 %				
DIMENSIONES PROMEDIO	LARGO	23.91	cm	CLASIFICACIÓN E-070
	ANCHO	14.07	cm	
	ALTURA	8.89	cm	
CON CIZALLADURA DE ACERO 6 %				
VARIACIÓN DIMENSIONAL	LARGO	%	0.40	V
	ANCHO	%	-0.48	
	ALTURA	%	1.23	

- De acuerdo a los resultados de las unidades de albañilería con adición del 6 % de cizalladura de acero, el ladrillo es de tipo V.

### 3.2.1.b ALABEO

#### - PROCEDIMIENTO

##### **Medición de concavidad:**

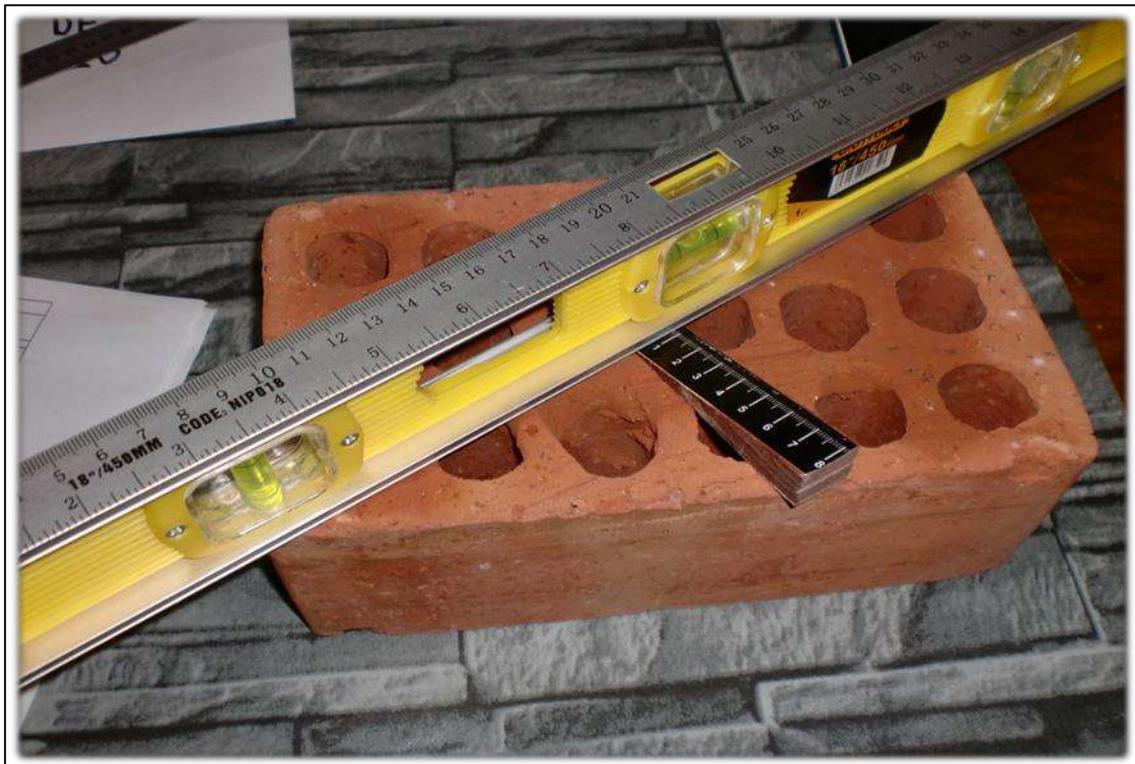
- Se coloca el borde recto de la regla ya sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores del ladrillo
- Se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima
- Se efectúa la lectura con la precisión de 1 mm y se registra al valor obtenido. (Fuente: Ing. Fernando Enciso Peralta, Ensayos a la unidad de Albañilería)

##### **MEDICIÓN DE CONVEXIDAD:**

- Se coloca el borde recto de la regla sea sobre una diagonal o bien sobre dos aristas opuestas de una de las caras mayores del ladrillo. Se introduce en cada vértice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida. (Fuente: Ing. Fernando Enciso Peralta, Ensayos a la unidad de Albañilería)
- Se apoya el ladrillo por la cara a medir sobre una superficie plana, se introduce cada una de las cuñas en dos vértices opuestos diagonalmente o en dos aristas, buscando el punto para el cual ambas cuñas se obtenga la misma medida. (Fuente: Ing. Fernando Enciso Peralta, Ensayos a la unidad de Albañilería)



**FOTO 11 Y 12:** Instrumentos que se utilizaron y toma de mediciones de alabeo con cuña graduada y regla metálica.



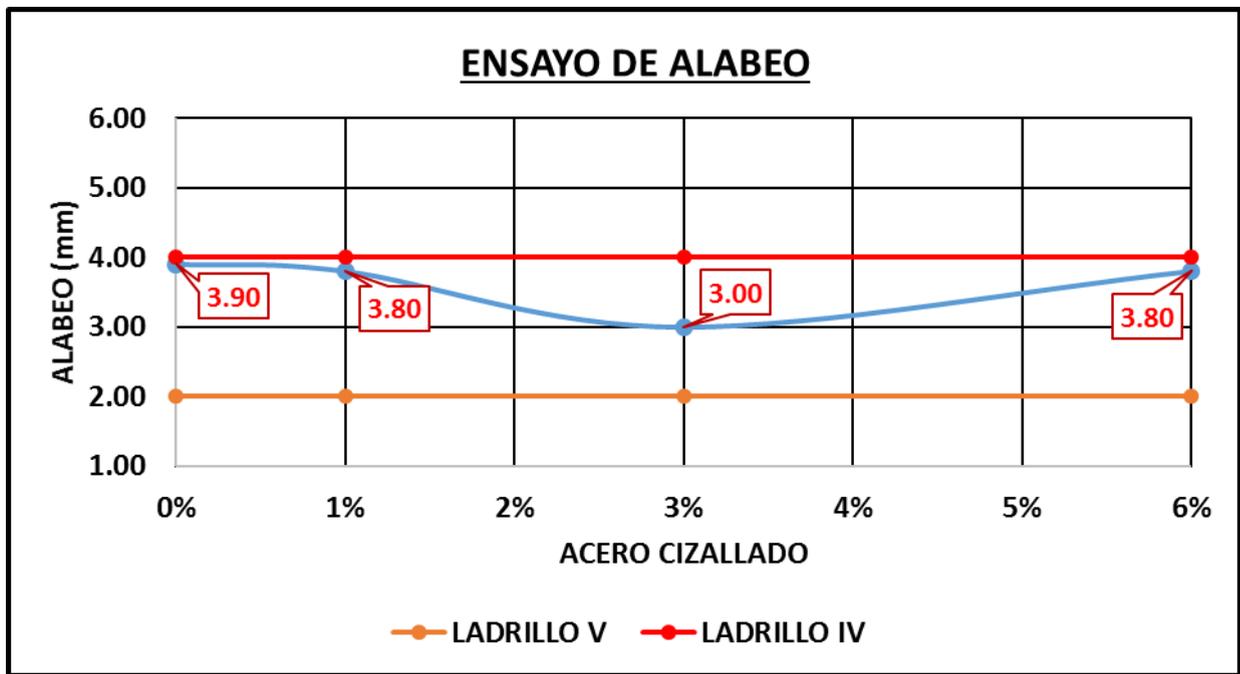
**FOTO 13:** Toma de mediciones de alabeo con cuña graduada y regla metálica.

“EVALUAR LA INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DE LAS CIZALLADURAS DE ACERO ESTRUCTURAL EN LA ADICIÓN DE LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA MÁS VENDIDAS EN LA CIUDAD DEL CUSCO, ANALIZADAS EN LA LADRILLERA BELLOTA E.I.R.L, DE SAN JERÓNIMO-CUSCO”

TABLA N° 02 ENSAYO DE ALABEO						
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
	RESPONSABLE		JUAN CARLOS VARGAS SICLLA			
	ENSAYO		ALABEO			
ALABEO						
Muestra 0%	CARA SUPERIOR (mm)		CARA SUPERIOR (mm)	CARA INFERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)
1	1.50	3.00	2.25	4.00	4.00	4.00
2	0.50	0.00	0.25	4.50	4.00	4.25
3	6.00	8.00	7.00	0.00	2.00	1.00
4	0.00	0.00	0.00	5.00	4.50	4.75
5	0.00	0.50	0.25	5.00	6.00	5.50
Promedio			1.95			3.90
<b>ALABEO MAX.</b>						<b>2.93</b>
Muestra 1%	CARA SUPERIOR (mm)		CARA SUPERIOR (mm)	CARA INFERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)
1	3.00	6.00	4.50	4.50	2.00	3.25
2	1.00	0.50	0.75	6.00	5.00	5.50
3	1.00	0.00	0.50	5.00	6.00	5.50
4	5.00	6.00	5.50	0.50	0.50	0.50
5	8.00	7.50	7.75	2.50	0.50	1.50
Promedio			3.80			3.25
<b>ALABEO MAX.</b>						<b>3.53</b>
Muestra 3%	CARA SUPERIOR (mm)		CARA SUPERIOR (mm)	CARA INFERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)
1	1.50	3.50	2.50	2.50	1.00	1.75
2	0.00	1.50	0.75	7.00	6.00	6.50
3	2.00	1.00	1.50	2.00	2.50	2.25
4	8.00	6.50	7.25	1.00	1.50	1.25
5	2.00	4.00	3.00	3.50	3.00	3.25
Promedio			3.00			3.00
<b>ALABEO MAX.</b>						<b>3.00</b>
Muestra 6%	CARA SUPERIOR (mm)		CARA SUPERIOR (mm)	CARA INFERIOR (mm)		CARA INFERIOR (mm)
1	0.50	0.00	0.25	5.00	4.00	4.50
2	0.50	0.00	0.25	5.00	3.00	4.00
3	3.00	5.00	4.00	3.00	4.00	3.50
4	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	4.00
5	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00
Promedio			1.30			3.80
<b>ALABEO MAX.</b>						<b>2.55</b>

(FUENTE: PROPIA)

### 3.2.1.b.1 DIAGRAMAS



### 3.2.1.b.2 ANÁLISIS

La figura nos presenta la relación que existe entre la adición de acero cizallado y el alabeo de la unidad y se tiene: Al adicionar acero cizallado el alabeo incrementa, lo que nos lleva a una correlación directa.

**TABLA N°22 RESULTADO DEL ENSAYO DE ALABEO**

% DE ACERO	ALABEO (mm) CARA SUP.	ALABEO (mm) CARA INF..	CLASE
0%	1.95	3.90	IV
NT E.070	4		
LADRILLO CLASE	IV, III, II, I		
1%	3.80	3.25	IV
NT E.070	4		
LADRILLO CLASE	IV, III, II, I		
3%	3.00	3.00	IV
NT E.070	4		
LADRILLO CLASE	IV, III, II, I		
6%	1.30	3.80	IV
NT E.070	4		
LADRILLO CLASE	IV, III, II, I		

## CLASIFICACIÓN

SIN CIZALLADURA DE ACERO			
ALABEO	3.90	mm	<b>TIPO IV</b>

- ALABEO: De acuerdo a los resultados de las unidades de albañilería sin adición de cizalladura de acero, el ladrillo es de tipo IV.

CON CIZALLADURA DE ACERO 1 %			
ALABEO	3.80	mm	<b>TIPO IV</b>

- ALABEO: De acuerdo a los resultados de las unidades de albañilería con adición del 1 % de cizalladura de acero, el ladrillo es de tipo IV.

CON CIZALLADURA DE ACERO 3 %			
ALABEO	3.00	mm	<b>TIPO IV</b>

- ALABEO: De acuerdo a los resultados de las unidades de albañilería con adición del 3 % de cizalladura de acero, el ladrillo es de tipo IV.

CON CIZALLADURA DE ACERO 6 %			
ALABEO	3.80	mm	<b>TIPO IV</b>

- ALABEO: De acuerdo a los resultados de las unidades de albañilería con adición del 6 % de cizalladura de acero, el ladrillo es de tipo IV.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se tiene que, a pesar de la adición de acero cizallado, en ningún caso se sobrepasó un alabeo de 4mm, el cual está considerado con máximo valor de alabeo para clasificar a un ladrillo clase IV consecuentemente a las clases III, II y I.

### 3.2.1.c SUCCIÓN

#### Procedimiento:

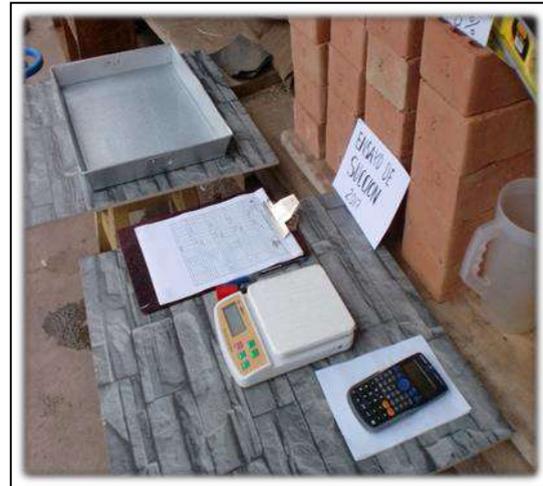


FOTO 14 Y 15: Muestras y equipos necesitarón para realizar el ensayo de succión.

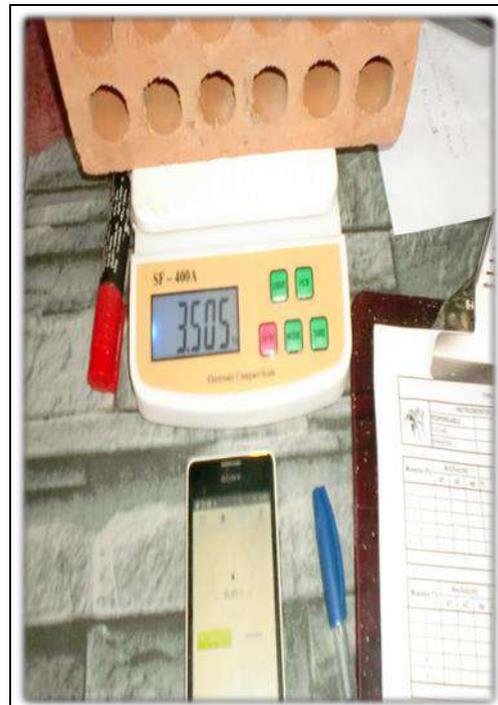


FOTO 16 Y 17: Toma de datos en 60 segundos y pesado de la muestra ensayada.

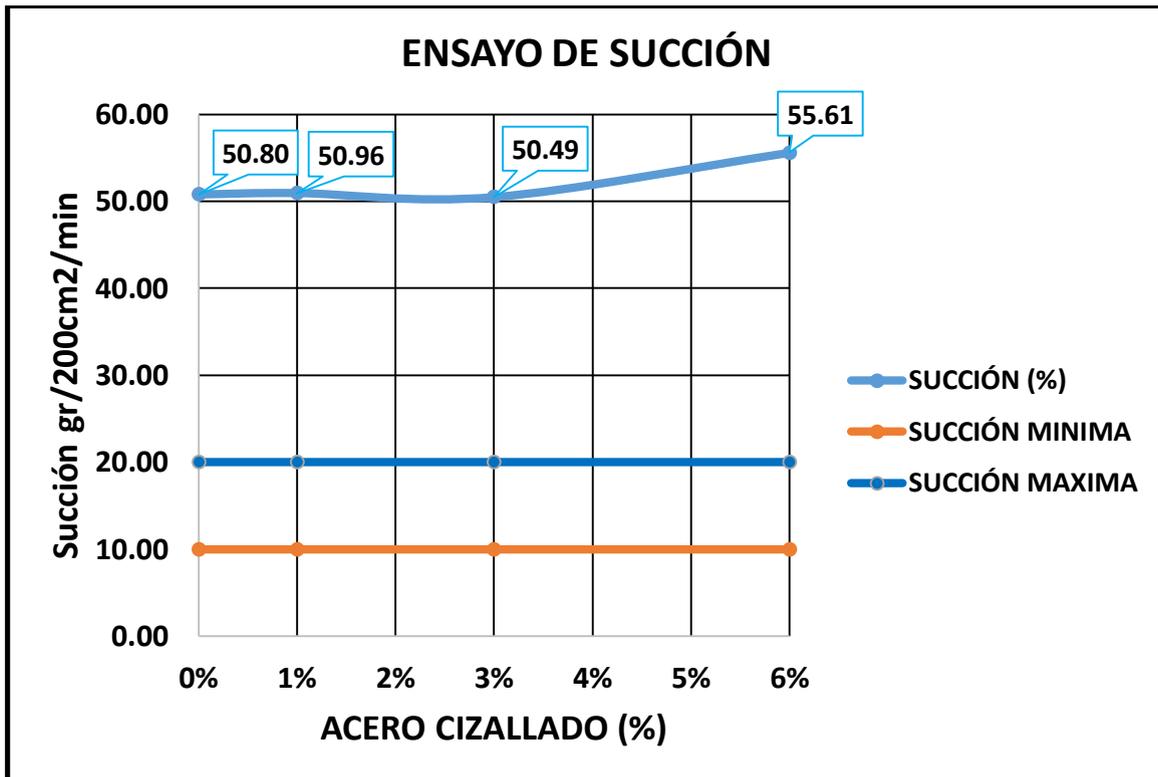


**FOTO 18 Y 19:** Muestras después del ensayo de succión.

TABLA N° 05 SUCCIÓN										
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS									
	RESPONSABLE			JUAN CARLOS VARGAS SICLLA						
	ENSAYO			SUCCIÓN						
Muestra 0%	Ancho (cm)			Largo (cm)			Área (cm <sup>2</sup> )	W seco (kg)	W succión (kg)	Succión gr/200cm <sup>2</sup> /min.
	a1	a2	ap	l1	l2	lp				
1	14.13	14.10	14.12	23.90	23.75	23.83	336.29	3.534	3.606	42.82
2	14.01	14.07	14.04	23.70	23.90	23.80	334.15	3.460	3.549	53.27
3	13.88	13.97	13.93	24.00	23.75	23.88	332.46	3.417	3.505	52.94
4	14.00	14.04	14.02	23.95	23.80	23.88	334.73	3.471	3.562	54.37
5	14.07	14.08	14.08	23.90	23.85	23.88	336.04	3.544	3.629	50.59
Promedio										50.80
Muestra 1%	Ancho (cm)			Largo (cm)			Área (cm <sup>2</sup> )	W seco (kg)	W succión (kg)	Succión gr/200cm <sup>2</sup> /min.
	a1	a2	ap	l1	l2	lp				
1	13.92	13.93	13.93	23.65	23.85	23.75	330.72	3.443	3.532	53.82
2	13.86	13.92	13.89	23.90	23.75	23.83	330.93	3.457	3.549	55.60
3	14.01	14.01	14.01	23.65	23.80	23.73	332.39	3.494	3.567	43.92
4	13.91	14.01	13.96	23.65	23.80	23.73	331.20	3.447	3.537	54.35
5	13.77	13.83	13.80	23.60	23.80	23.70	327.06	3.383	3.460	47.09
Promedio										50.96
Muestra 3%	Ancho (cm)			Largo (cm)			Área (cm <sup>2</sup> )	W seco (kg)	W succión (kg)	Succión gr/200cm <sup>2</sup> /min.
	a1	a2	ap	l1	l2	lp				
1	14.08	14.01	14.05	24.01	23.90	23.96	336.45	3.596	3.681	50.53
2	14.04	14.09	14.07	23.95	23.80	23.88	335.80	3.585	3.673	52.41
3	14.03	14.02	14.03	24.10	23.85	23.98	336.25	3.594	3.669	44.61
4	14.07	13.99	14.03	24.00	23.90	23.95	336.02	3.541	3.631	53.57
5	13.93	13.91	13.92	23.90	23.70	23.80	331.30	3.438	3.523	51.31
Promedio										50.49
Muestra 6%	Ancho (cm)			Largo (cm)			Área (cm <sup>2</sup> )	W seco (kg)	W succión (kg)	Succión gr/200cm <sup>2</sup> /min.
	a1	a2	ap	l1	l2	lp				
1	13.96	13.95	13.96	24.05	23.85	23.95	334.22	3.581	3.682	60.44
2	14.09	14.05	14.07	23.95	23.80	23.88	335.92	3.585	3.685	59.54
3	14.06	13.98	14.02	24.00	23.80	23.90	335.08	3.593	3.668	44.77
4	14.11	14.06	14.09	23.90	23.80	23.85	335.93	3.621	3.716	56.56
5	14.12	14.08	14.10	24.00	24.00	24.00	338.40	3.616	3.712	56.74
Promedio										55.61

(FUENTE: PROPIA)

### 3.2.1.c.1 DIAGRAMAS



### 3.2.1.c.2 INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO

De acuerdo a la tabla de los resultados obtenidos se tiene que a medida que se adiciona acero cizallado el valor de succión promedio (gr/min/200cm<sup>2</sup>), incrementa hasta un 55.61 gr/min/200 cm<sup>2</sup> en la unidad de albañilería King Kong 18 huecos con adición del 6% en peso de acero cizallado.

sabemos que el valor máximo de succión es de 20 gr/min/200 cm<sup>2</sup> y el valor mínimo de succión es 10 gr/min/200 cm<sup>2</sup>, según la NT E.070.

La unidad de albañilería King Kong 18 huecos tradicional presenta una succión promedio de 50.8 gr/min/200cm<sup>2</sup>. Por lo que se recomienda regar la unidad durante media hora, entre 10 y 15 horas antes del asentado; al igual que las unidades adicionadas de acero, ya que sobrepasan el límite de succión y contrarrestar la pérdida de humedad del mortero y la falta de adherencia entre mortero y unidad, lo cual debilitaría la resistencia del muro

### 3.2.1.d ABSORCIÓN



**FOTO 20 Y 21:** Muestras de unidades de albañilería sumergidas.

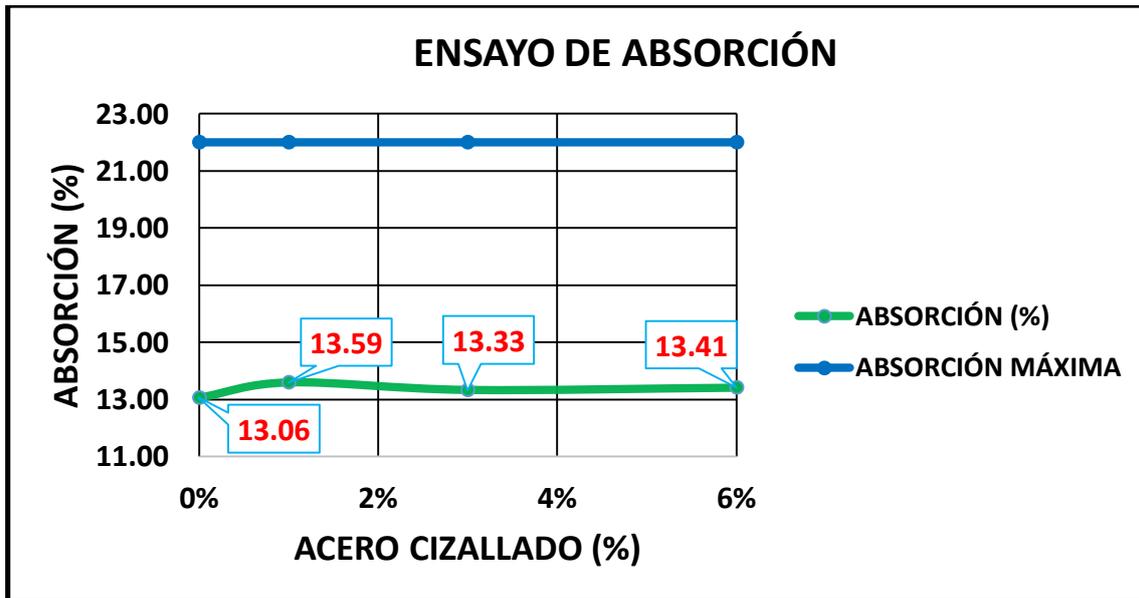


**FOTO 22 Y 23:** Pesado de unidades de albañilería sumergidas después de 24 horas de sumergida.

TABLA N° 04 ABSORCION			
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS		
	RESPONSABLE	JUAN CARLOS VARGAS SICLLA	
	LUGAR		
	ENSAYO	ABSORCION	
$A = \frac{G4-G3}{G3} \times 100$		<p><i>G3 = Es la masa del espécimen seco.</i>  <i>G4= Es la masa del espécimen saturado luego de 24 h.</i>  <i>A = Es el contenido de agua absorbida en porcentaje.</i></p>	
MUESTRA 0%	PESO(kg)		ABSORCIÓN %
	G3 (Peso seco)	G4 (Peso saturado)	
1	3.534	3.988	12.85
2	3.460	3.917	13.21
3	3.417	3.865	13.11
4	3.471	3.93	13.22
5	3.544	4.001	12.90
		Promedio	13.06
MUESTRA 1%	PESO(kg)		ABSORCIÓN %
	G3 (Peso seco)	G4 (Peso saturado)	
1	3.443	3.902	13.33
2	3.457	3.925	13.54
3	3.494	3.995	14.34
4	3.447	3.917	13.64
5	3.383	3.827	13.12
		Promedio	13.59
MUESTRA 3%	PESO(kg)		ABSORCIÓN %
	G3 (Peso seco)	G4 (Peso saturado)	
1	3.596	4.067	13.10
2	3.585	4.056	13.14
3	3.594	4.089	13.77
4	3.541	4.022	13.58
5	3.438	3.887	13.06
		Promedio	13.33
MUESTRA 6%	PESO(kg)		ABSORCIÓN %
	G3 (Peso seco)	G4 (Peso saturado)	
1	3.581	4.068	13.60
2	3.585	4.056	13.14
3	3.593	4.086	13.72
4	3.621	4.109	13.48
5	3.616	4.090	13.11
		Promedio	13.41

(FUENTE: PROPIA)

### 3.2.1.d.1 DIAGRAMAS



#### ANÁLISIS

La figura nos muestra un diagrama de relación entre el acero cizallado en porcentaje (coordenada de las abscisas) y la absorción en porcentaje (coordenada de las ordenadas). Este diagrama nos representa la relación indirecta que existe entre la adición de acero cizallado y el alabeo de la unidad y se tiene q al adicionar acero cizallado los valores de absorción aumentan.

### 3.2.1.d.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

SIN CIZALLADURA DE ACERO 0%		
ABSORCIÓN	13.06	%

CON CIZALLADURA DE ACERO 1 %		
ABSORCIÓN	13.59	%

CON CIZALLADURA DE ACERO 3 %		
ABSORCIÓN	13.33	%

CON CIZALLADURA DE ACERO 6 %		
ABSORCIÓN	13.41	%

De acuerdo a la tabla N° 04 se tiene que con la adición de 1% de acero cizallado el porcentaje de absorción de la unidad aumenta en un 0.53% con respecto a la muestra patrón.

Se puede observar que al adicionar 6% en peso de acero cizallado; el porcentaje de absorción aumenta hasta un 13.41%, el valor mayor se obtuvo en el ensayo de adicionar el 1% en peso de acero cizallado con 13.59%, considerando que la unidad de albañilería King Kong 18 huecos tradicional (0% de acero cizallado) mantiene una absorción del 13.06%, los cuales no sobrepasan el límite de absorción establecido por la norma NT E.070 que es de 22%.

### 3.2.1.e ÁREA DE VACIOS

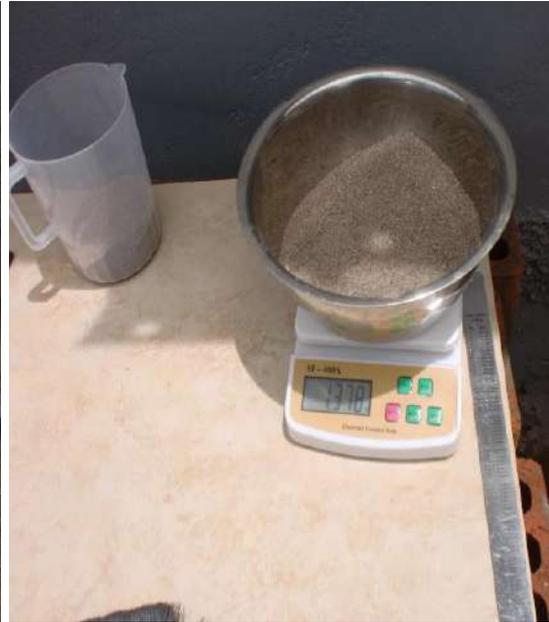


FOTO 24 Y 25: Instrumentos y pesado de la arena que se usó para el ensayo.



FOTO 26 Y 27: Muestras de albañilería y nivelado con regla metálica.



**FOTO 28 Y 29:** Vaciado de la arena y colocado en recipiente para su respectivo pesado.

TABLA N° 03 ENSAYO DE PORCENTAJE DE VACIOS							
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
	RESPONSABLE	JUAN CARLOS VARGAS SICLLA					
	ENSAYO	PORCENTAJE DE VACIOS					
Muestra 0%	1	2	3	4	5		
Área Bruta(cm3)	2993.19	2927.63	2905.84	2944.14	2971.67		
Área Vacíos(cm3)	742.00	689.00	677.00	689.00	692.50		
Área Neta(cm3)	2251.19	2238.63	2228.84	2255.14	2279.17		
Área Neta (%)	75.21	76.47	76.70	76.60	76.70	76.33	
Clasif. De Unidad	SOOLIDA	SOOLIDA	SOOLIDA	SOOLIDA	SOOLIDA		
Muestra 1%	1	2	3	4	5		
Área Bruta(cm3)	2930.41	2888.24	2989.58	2935.17	2859.62		
Área Vacíos(cm3)	689.50	685.50	705.50	680.50	676.00		
Área Neta(cm3)	2240.91	2202.74	2284.08	2254.67	2183.62		
Área Neta (%)	76.47	76.27	76.40	76.82	76.36	76.46	
Clasif. De Unidad	SOOLIDA	SOOLIDA	SOOLIDA	SOOLIDA	SOOLIDA		
Muestra 3%	1	2	3	4	5		
Área Bruta(cm3)	3001.26	2974.54	2988.74	3013.34	2973.62		
Área Vacíos(cm3)	699.50	701.50	707.50	692.00	672.00		
Área Neta(cm3)	2301.76	2273.04	2281.24	2321.34	2301.62		
Área Neta (%)	76.69	76.42	76.33	77.04	77.40	76.77	
Clasif. De Unidad	SOOLIDA	SOOLIDA	SOOLIDA	SOOLIDA	SOOLIDA		
Muestra 6%	1	2	3	4	5		
Área Bruta(cm3)	2980.93	2985.13	2988.74	3000.10	2991.44		
Área Vacíos(cm3)	713.00	695.50	708.50	699.00	726.00		
Área Neta(cm3)	2267.93	2289.63	2280.24	2301.10	2265.44		
Área Neta (%)	76.08	76.70	76.29	76.70	75.73	76.30	
Clasif. De Unidad	SOOLIDA	SOOLIDA	SOOLIDA	SOOLIDA	SOOLIDA		

### 3.2.1.e.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a la norma NT E.070: unidad de albañilería sólida; es la 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, entonces:

**TABLA N° 23 PARÁMETROS MEDIDA DEL ÁREA DE VACÍOS EN UNIDADES PERFORADAS.**

TIPO/CLASE	MEDIDA DEL ÁREA DE VACÍOS EN UNIDADES PERFORADAS. NT E.070	
	%	%
I	≤30	>30
II	≤30	>30
III	≤30	>30
IV	≤30	>30
V	≤30	>30
	UND SÓLIDA	UND HUECA

- De acuerdo a la tabla N° se observa que la unidad de albañilería King Kong 18 huecos es una unidad sólida ya que presenta 23.67% de área de huecos
- Al adicionar acero cizallado hasta el 1% en peso, se presenta 23.54% de área de huecos por lo que sigue siendo una unidad sólida.
- Al adicionar acero cizallado hasta el 3% en peso, se presenta 23.23% de área de huecos por lo que sigue siendo una unidad sólida.
- Al adicionar acero cizallado hasta el 6% en peso, se presenta 23.30% de área de huecos por lo que sigue siendo una unidad sólida.

### 3.2.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

#### 3.2.2.a COMPRESIÓN AXIAL

##### PROCEDIMIENTO.

- Constituida por 5 medios ladrillos secos los de superficies planas y paralelas.

**Recubrimiento de la muestra:** Si las caras del espécimen presentan irregularidades se rellena con una capa de Yeso.



**FOTO 30, 31 y 32:** colocado del capipng de las unidades de albañilería días antes de realizar el ensayo de compresión axial.



**FOTO 33 Y 34:** Máquina para realizar el ensayo de compresión y colocado de planchas metálicas.



**FOTO 35 Y 36:** Muestra y colocado de muestra en máquina para realizar el ensayo de compresión.



FOTO 37 Y 38: Muestras de las unidades de albañilería después del ensayo de compresión axial.

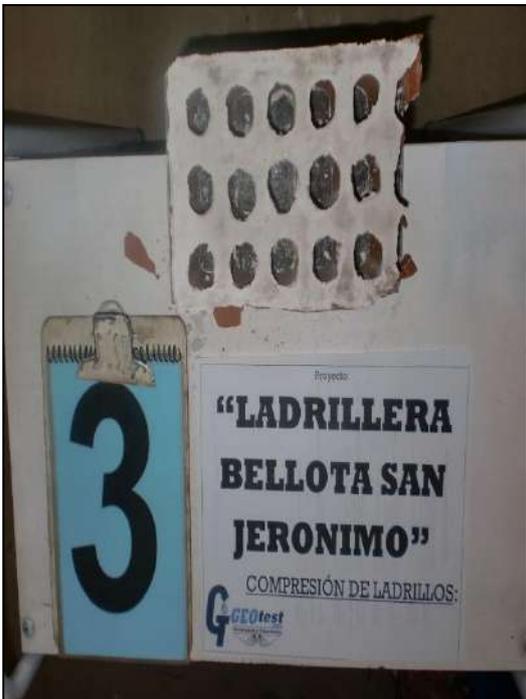
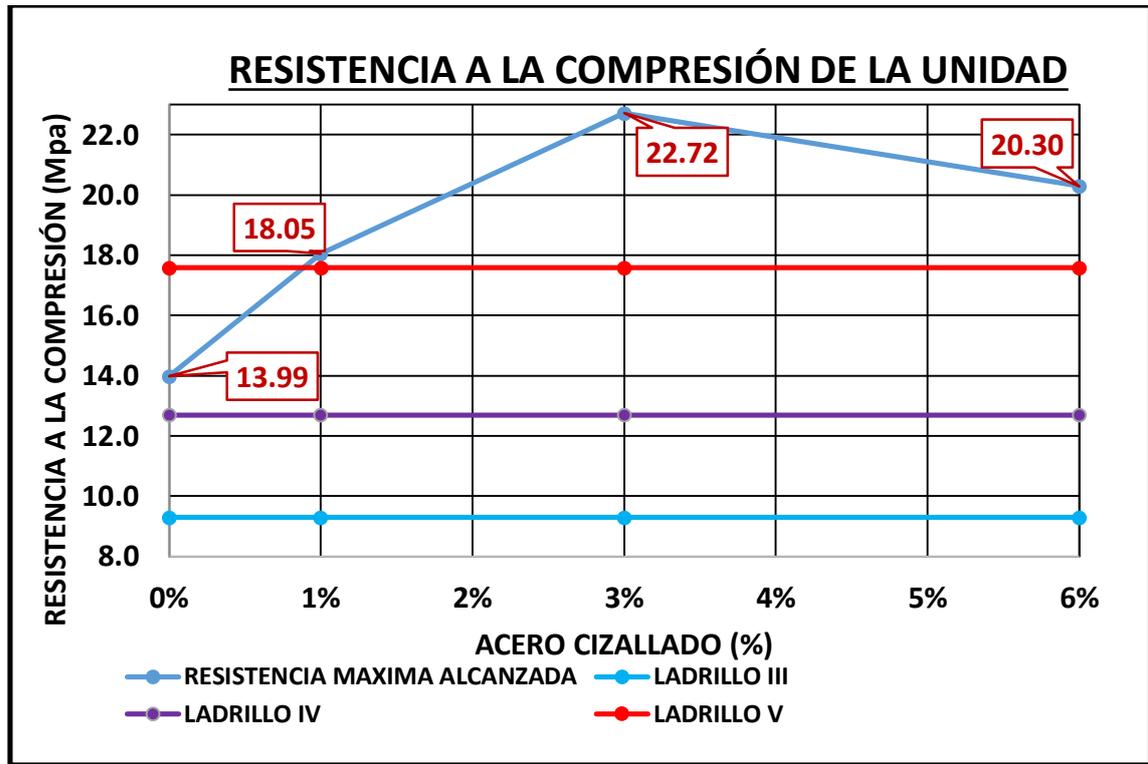


FOTO 39 Y 40: Muestras de las unidades de albañilería después del ensayo de compresión axial.

**“EVALUAR LA INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DE LAS CIZALLADURAS DE ACERO ESTRUCTURAL EN LA ADICIÓN DE LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA MÁS VENDIDAS EN LA CIUDAD DELCUSCO, ANALIZADAS EN LA LADRILLERA BELLOTA E.I.R.L, DE SAN JERÓNIMO-CUSCO”**

TABLA N° 06 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD									
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
	RESPONSABLE			JUAN CARLOS VARGAS SICLLA					
	ENSAYO			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
Muestra 0%	Ancho (cm)		Ancho(cm)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )	Pu(kg)	f'b(kg/cm <sup>2</sup> )
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1	14.13	14.10	14.12	23.90	23.75	23.83	<b>336.29</b>	25750.00	145.70
2	14.01	14.07	14.04	23.70	23.90	23.80	<b>334.15</b>	28060.00	158.00
3	13.88	13.97	13.93	24.00	23.75	23.88	<b>332.46</b>	38010.00	215.10
4	14.00	14.04	14.02	23.95	23.80	23.88	<b>334.73</b>	27350.00	153.50
5	14.07	14.08	14.08	23.90	23.85	23.88	<b>336.04</b>	29110.00	164.70
								Promedio	167.40
								s: Desv. Est.	27.55
								f'b (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>139.85</b>
								f'b (Mpa)	<b>13.99</b>
								CV:Coef. de var. %	16.45
Muestra 1%	Ancho (cm)		Ancho(cm)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )	Pu(kg)	f'b(kg/cm <sup>2</sup> )
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1	13.92	13.93	13.93	23.65	23.85	23.75	<b>330.72</b>	32130.00	181.00
2	13.86	13.92	13.89	23.90	23.75	23.83	<b>330.93</b>	34540.00	195.50
3	14.01	14.01	14.01	23.65	23.80	23.73	<b>332.39</b>	41750.00	236.30
4	13.91	14.01	13.96	23.65	23.80	23.73	<b>331.20</b>	36440.00	205.30
5	13.77	13.83	13.80	23.60	23.80	23.70	<b>327.06</b>	33840.00	190.60
								Promedio	201.74
								s: Desv. Est.	21.21
								f'b	<b>180.53</b>
								f'b (Mpa)	<b>18.05</b>
								CV:Coef. de var. %	10.52
Muestra 3%	Ancho (cm)		Ancho(cm)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )	Pu(kg)	f'b(kg/cm <sup>2</sup> )
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1	14.08	14.01	14.05	24.01	23.90	23.96	<b>336.45</b>	50050.00	283.20
2	14.04	14.09	14.07	23.95	23.80	23.88	<b>335.80</b>	38660.00	218.80
3	14.03	14.02	14.03	24.10	23.85	23.98	<b>336.25</b>	53650.00	303.60
4	14.07	13.99	14.03	24.00	23.90	23.95	<b>336.02</b>	41560.00	235.20
5	13.93	13.91	13.92	23.90	23.70	23.80	<b>331.30</b>	47320.00	268.30
								Promedio	261.82
								s: Desv. Est.	34.66
								f'b(kg/cm <sup>2</sup> )	<b>227.16</b>
								f'b (Mpa)	<b>22.72</b>
								CV:Coef. de var. %	13.24
Muestra 6%	Ancho (cm)		Ancho(cm)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )	Pu(kg)	f'b(kg/cm <sup>2</sup> )
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1	13.96	13.95	13.96	24.05	23.85	23.95	<b>334.22</b>	39550.00	223.80
2	14.09	14.05	14.07	23.95	23.80	23.88	<b>335.92</b>	33140.00	187.50
3	14.06	13.98	14.02	24.00	23.80	23.90	<b>335.08</b>	46290.00	261.90
4	14.11	14.06	14.09	23.90	23.80	23.85	<b>335.93</b>	43890.00	248.40
5	14.12	14.08	14.10	24.00	24.00	24.00	<b>338.40</b>	41580.00	235.30
								Promedio	231.38
								s: Desv. Est.	28.37
								f'b	<b>203.01</b>
								f'b (Mpa)	<b>20.30</b>
								CV:Coef. de var. %	12.26

### 3.2.2.a.1 DIAGRAMAS



### 3.2.2.a.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

SIN CIZALLADURA DE ACERO			TIPO V
COMPRESION AXIAL (UND)	139.85	KG/CM2	
COMPRESION AXIAL (UND)	13.99	Mpa	

CON CIZALLADURA DE ACERO 1%			TIPO V
COMPRESION AXIAL (UND)	180.53	KG/CM2	
COMPRESION AXIAL (UND)	18.05	Mpa	

CON CIZALLADURA DE ACERO 3%			TIPO V
COMPRESION AXIAL (UND)	227.16	KG/CM2	
COMPRESION AXIAL (UND)	22.72	Mpa	

CON CIZALLADURA DE ACERO 6%			TIPO V
COMPRESION AXIAL (UND)	203.01	KG/CM2	
COMPRESION AXIAL (UND)	20.30	Mpa	

De acuerdo a los resultados, las unidades de albañilería en estudio y elaboradas en la ladrillera “BELLOTA”, se tiene:

- ✓ La Unidad de albañilería King Kong 18 huecos tradicional, alcanzó una resistencia a compresión promedio de  $139.85 \text{ kg/cm}^2$  (13.99 Mpa), ladrillo clase V.
- ✓ La Unidad de albañilería King Kong 18 huecos con adición de 1% en peso de acero cizallado, alcanzó una resistencia a compresión promedio de  $180.53 \text{ kg/cm}^2$  (18.05 Mpa), ladrillo clase V.
- ✓ La Unidad de albañilería King Kong 18 huecos con adición de 3% en peso de acero cizallado, alcanzó una resistencia a compresión promedio de  $227.16 \text{ kg/cm}^2$ , (22.72 Mpa) ladrillo clase V.
- ✓ La Unidad de albañilería King Kong 18 huecos con adición de 6% en peso de acero cizallado, alcanzó una resistencia a compresión promedio de  $203.01 \text{ kg/cm}^2$  (20.30 Mpa) ladrillo clase V.

### 3.2.2.b COMPRESIÓN AXIAL (PILAS)

#### PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS PILAS:

- Riego de las unidades de albañilería

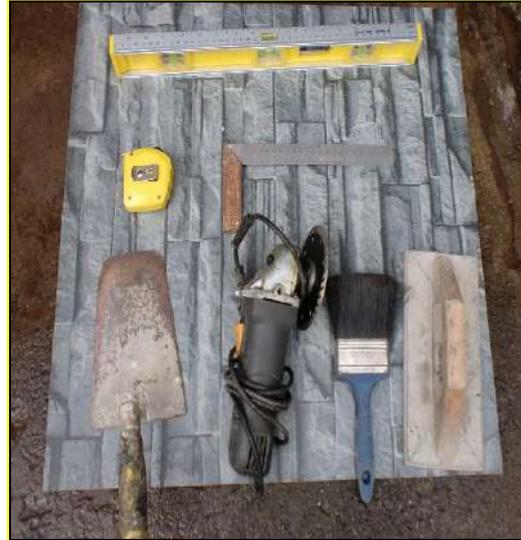


**FOTO 41:** Se regó con agua las unidades de albañilería 24 horas antes de la construcción de los prismas de albañilería, se procedió a regar los ladrillos de arcilla durante media hora.

- **Construcción de las pilas**

La construcción se realizó, controlando el alineamiento horizontal mediante el nivel de mano, la altura con la wincha (cinta métrica) y la verticalidad con un nivel y plomada.

Las juntas son de: 1.5cm.



**FOTO 42 y 43:** Instrumentos usados y aplomado de verticalidad de las pilas de unidades de albañilería usando plomada.



**FOTO 44:** NIVEL DE MANO, se utilizó para controlar el nivel la horizontalidad de las pilas.

## ASENTADO DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA Y ELABORACIÓN DE LAS PILAS



**FOTO 45 y 46:** Control de verticalidad y horizontal de la pila



**FOTO 47:** pila lista para el ensayo de compresión axial



**FOTO 48:** Vista de la pila de Ladrillos durante el Ensayo de Resistencia a la Compresión axial



**FOTO 49:** Vista de la pila de Ladrillos después del Ensayo de Resistencia a la Compresión axial



**FOTO 50:** falla localizada en la pila después del ensayo de compresión axial

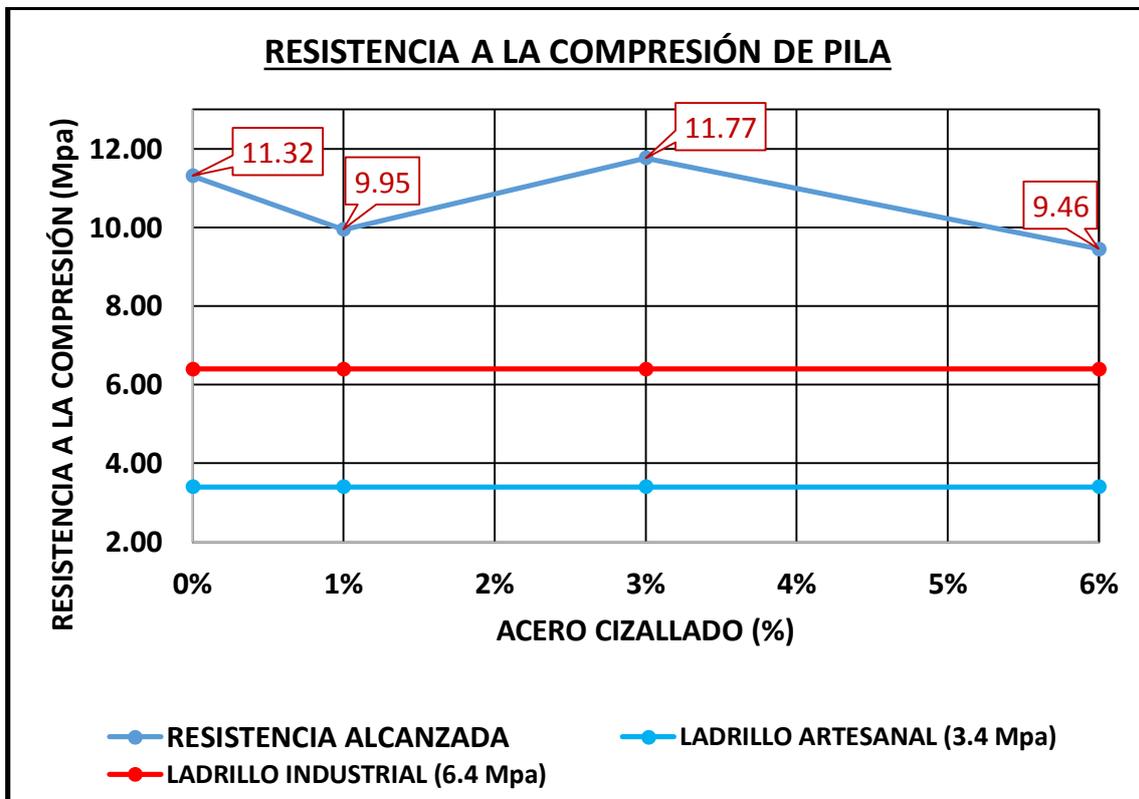
**“EVALUAR LA INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DE LAS CIZALLADURAS DE ACERO ESTRUCTURAL EN LA ADICIÓN DE LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA MÁS VENDIDAS EN LA CIUDAD DELCUSCO, ANALIZADAS EN LA LADRILLERA BELLOTA E.I.R.L, DE SAN JERÓNIMO-CUSCO”**

TABLA N° 07 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA PILA									
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
	RESPONSABLE			JUAN CARLOS VARGAS SICLLA					
	ENSAYO			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
Muestra 0%	Ancho (cm)		Ancho(cm m)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm2)	Pu(kg)	f'b(kg/cm2)
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1	14.13	14.10	14.12	23.90	23.75	23.83	<b>336.29</b>	26630.00	150.70
2	14.01	14.07	14.04	23.70	23.90	23.80	<b>334.15</b>	27560.00	156.00
3	13.88	13.97	13.93	24.00	23.75	23.88	<b>332.46</b>	23300.00	131.90
4	14.00	14.04	14.02	23.95	23.80	23.88	<b>334.73</b>	25160.00	142.40
5	14.07	14.08	14.08	23.90	23.85	23.88	<b>336.04</b>	28130.00	159.20
								Promedio	148.04
								s: Desv. Est.	11.04
								<b>f'm</b>	<b>137.00</b>
								CV:Coef. de var. %	7.46
Muestra 1%	Ancho (cm)		Ancho(cm m)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm2)	Pu(kg)	f'b(kg/cm2)
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1	13.92	13.93	13.93	23.65	23.85	23.75	<b>330.72</b>	27770.00	157.10
2	13.86	13.92	13.89	23.90	23.75	23.83	<b>330.93</b>	17170.00	97.14
3	14.01	14.01	14.01	23.65	23.80	23.73	<b>332.39</b>	24240.00	137.20
4	13.91	14.01	13.96	23.65	23.80	23.73	<b>331.20</b>	22130.00	125.20
5	13.77	13.83	13.80	23.60	23.80	23.70	<b>327.06</b>	23420.00	132.50
								Promedio	129.83
								s: Desv. Est.	21.77
								<b>f'm</b>	<b>108.06</b>
								CV:Coef. de var. %	16.77
Muestra 3%	Ancho (cm)		Ancho(cm m)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm2)	Pu(kg)	f'b(kg/cm2)
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1	14.08	14.01	14.05	24.01	23.90	23.96	<b>336.45</b>	26770.00	151.50
2	14.04	14.09	14.07	23.95	23.80	23.88	<b>335.80</b>	27330.00	154.70
3	14.03	14.02	14.03	24.10	23.85	23.98	<b>336.25</b>	27490.00	155.60
4	14.07	13.99	14.03	24.00	23.90	23.95	<b>336.02</b>	26390.00	149.40
5	13.93	13.91	13.92	23.90	23.70	23.80	<b>331.30</b>	27950.00	158.20
								Promedio	153.88
								s: Desv. Est.	24.88
								<b>f'm</b>	<b>129.00</b>
								CV:Coef. de var. %	16.17
Muestra 6%	Ancho (cm)		Ancho(cm m)	Largo (cm)		Largo(cm)	Área(cm2)	Pu(kg)	f'b(kg/cm2)
	a1	a2	ap	L1	L2	Lp			
1	13.96	13.95	13.96	24.05	23.85	23.95	<b>334.22</b>	20190.00	114.20
2	14.09	14.05	14.07	23.95	23.80	23.88	<b>335.92</b>	18330.00	103.70
3	14.06	13.98	14.02	24.00	23.80	23.90	<b>335.08</b>	24990.00	141.40
4	14.11	14.06	14.09	23.90	23.80	23.85	<b>335.93</b>	23440.00	132.60
5	14.12	14.08	14.10	24.00	24.00	24.00	<b>338.40</b>	22540.00	127.50
								Promedio	123.88
								s: Desv. Est.	14.98
								<b>f'm</b>	<b>108.90</b>
								CV:Coef. de var. %	12.09

### 3.2.2.b.1 CALCULO DE ESBELTEZ

Muestra 0%	Ancho (cm)		Ancho prom.(cm)	Altura (cm)		Altura prom.(cm)	Esbeltez (E=h/a)	CC	f'b(kg/cm2) correccion
	a1	a2	ap	h1	h2	hp			
1	14.13	14.10	14.12	31.61	32.00	31.81	2.25	0.76352	115.06
2	14.01	14.07	14.04	31.76	32.40	32.08	2.28	0.76626	119.54
3	13.88	13.97	13.93	31.96	32.10	32.03	2.30	0.76759	101.25
4	14.00	14.04	14.02	31.76	31.63	31.70	2.26	0.76416	108.82
5	14.07	14.08	14.08	31.42	31.20	31.31	2.22	0.76106	121.16
								f'm prom. (kg/cm2)	113.16
								f'm prom. (Mpa)	11.32
Muestra 1%	Ancho (cm)		Ancho prom.(cm)	Altura (cm)		Altura prom.(cm)	Esbeltez (E=h/a)	CC	f'b(kg/cm2) correccion
	a1	a2	ap	h1	h2	hp			
1	13.92	13.93	13.93	32.02	31.92	31.97	2.30	0.76721	120.53
2	13.86	13.92	13.89	31.09	31.84	31.47	2.27	0.76456	74.27
3	14.01	14.01	14.01	31.53	31.63	31.58	2.25	0.76360	104.77
4	13.91	14.01	13.96	32.65	31.65	32.15	2.30	0.76784	96.13
5	13.77	13.83	13.80	31.92	32.03	31.98	2.32	0.76907	101.90
								f'm prom. (kg/cm2)	99.52
								f'm prom. (Mpa)	9.95
Muestra 3%	Ancho (cm)		Ancho prom.(cm)	Altura (cm)		Altura prom.(cm)	Esbeltez (E=h/a)	CC	f'b(kg/cm2) correccion
	a1	a2	ap	h1	h2	hp			
1	14.08	14.01	14.05	31.56	31.54	31.55	2.25	0.76293	115.58
2	14.04	14.09	14.07	32.02	31.76	31.89	2.27	0.76474	118.30
3	14.03	14.02	14.03	31.96	31.52	31.74	2.26	0.76437	118.94
4	14.07	13.99	14.03	32.07	31.56	31.82	2.27	0.76476	114.26
5	13.93	13.91	13.92	32.00	31.92	31.96	2.30	0.76722	121.37
								f'm prom. (kg/cm2)	117.69
								f'm prom. (Mpa)	11.77
Muestra 6%	Ancho (cm)		Ancho prom.(cm)	Altura (cm)		Altura prom.(cm)	Esbeltez (E=h/a)	CC	f'b(kg/cm2) correccion
	a1	a2	ap	h1	h2	hp			
1	13.96	13.95	13.96	31.58	31.57	31.58	2.26	0.76433	87.29
2	14.09	14.05	14.07	32.03	31.61	31.82	2.26	0.76424	79.25
3	14.06	13.98	14.02	31.49	31.51	31.50	2.25	0.76297	107.88
4	14.11	14.06	14.09	31.62	31.60	31.61	2.24	0.76275	101.14
5	14.12	14.08	14.10	31.73	31.63	31.68	2.25	0.76297	97.28
								f'm prom. (kg/cm2)	94.57
								f'm prom. (Mpa)	9.46

### 3.2.2.b.2 DIAGRAMAS



### 3.2.2.b.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

SIN CIZALLADURA DE ACERO		
COMPRESION AXIAL (PILA)	113.16	kg/cm <sup>2</sup>
COMPRESION AXIAL (PILA)	11.32	Mpa

CON CIZALLADURA DE ACERO 1%		
COMPRESION AXIAL (PILA)	99.52	kg/cm <sup>2</sup>
COMPRESION AXIAL (PILA)	9.95	Mpa

CON CIZALLADURA DE ACERO 3%		
COMPRESION AXIAL (PILA)	117.69	kg/cm <sup>2</sup>
COMPRESION AXIAL (PILA)	11.77	Mpa

CON CIZALLADURA DE ACERO 6%		
COMPRESION AXIAL (PILA)	94.57	kg/cm <sup>2</sup>
COMPRESION AXIAL (PILA)	9.46	Mpa

### Resistencia a la compresión $f'm$

La norma nos da unos valores de  $f'm$ :

**TABLA N°24 RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA**

<b>TABLA 9 (**)</b>				
<b>RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa ( kg / cm<sup>2</sup>)</b>				
<b>Materia Prima</b>	<b>Denominación</b>	<b>UNIDAD</b> $f'_b$	<b>PILAS</b> $f'_m$	<b>MURETES</b> $v'_m$
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

(FUENTE: NORMA TECNICA E070 DE ALBAÑILERÍA).

#### 3.2.2.b.4 EN CUANTO AL MODO DE FALLA

Las pilas presentarán un tipo de falla frágil, concentrándose los esfuerzos en las caras frontales de las pilas, fallando éstas de manera repentina. Este tipo de falla es característica de las unidades, También tiene que ver en esto el mortero ya que si este hubiera tenido una mayor resistencia a la compresión que las unidades de albañilería, las fallas se hubieran tenido una mayor resistencia a la compresión que las unidades de albañilería, las fallas se hubieran presentado en los ladrillos por aplastamiento y trituración.

Como se puede ver en imágenes el mecanismo de falla predominante en los ensayos de las pilas es un agrietamiento vertical seguido de un descascamiento no predominante; finalizando con un aplastamiento en la base. Presentaron una grieta vertical en la cara más esbelta del prisma.



FOTO 51 y 52: falla de agrietamiento vertical



FOTO 53 y 54: falla agrietamiento vertical



FOTO 55 y 56: falla por aplastamiento y agrietamiento vertical

### 3.2.2.b.5 CONCLUSIONES

Por cálculos la compresión axial encontrada de los prismas ensayados es de 117.69 Kg/cm<sup>2</sup>(11.77Mpa), que sobrepasa lo que nos da la norma (65 Kg/cm<sup>2</sup>) La norma E070, para el ensayo de compresión axial de pilas el mínimo permitido para una Unidad de Arcilla – King Kong Industrial es de 65 Kg/cm<sup>2</sup>. Por consiguiente, la unidad cumple con los requerimientos establecidos por norma.

Como se puede observar en las fotos anteriores los prismas tienen una tendencia a falla de grieta vertical, y en algunas se observa que se trituro una unidad de la pila quizás se deba a la velocidad con la que fue aplicada la carga.

Según el reglamento se debe ensayar las pilas a la edad de 28 días, en este caso se ensayaron a los 25 días, por lo que se multiplico por el factor de corrección 1.

### **3.2.2.b.6 RECOMENDACIONES**

El transporte o movimiento de las pilas se debe realizar con cuidado.

La colocación de las pilas en los platos de la máquina de compresión debe realizarse cuidadosamente, alineando los ejes centroidales de las pilas con estos, para que el esfuerzo se reparta uniformemente.

Con lo referente al capeado se debe hacer con cuidado de manera que quede uniforme y liso para que al momento de ensayar el esfuerzo se reparta uniformemente.

Comprobar las dosificaciones en el mortero, (en nuestro caso la dosificación fue 1:3.5), para que no sucedan fallas por adherencia, ya que esto genera resultados erróneos

Al colocar las pilas en la máquina de compresión se deben cerrar las rejillas de protección para la seguridad de los que realizan el ensayo.

Se debe aplicar el esfuerzo con el gato hidráulico a una velocidad constante.

Ser cuidadosos con las tomas de lecturas, ya que de esto depende los resultados obtenidos.

### 3.2.2.c ENSAYO DE CORTE DIAGONAL

#### PROCEDIMIENTO.

- **GEOMETRÍA**

Las longitudes serán como mínimo de 60 x 60 y un máximo de 68 x 68 aproximadamente.

Colocados en 6 hiladas de 2.5 ladrillos por hilada aproximadamente con una junta de 1.5 cm.



**FOTO N°57:** Muestra del murete

- **CONSTRUCCIÓN**

Se seleccionaron los ladrillos eliminando los que tenían esquinas defectuosas o rajaduras, posteriormente se efectuó el corte de las unidades para el asentando de las mismas



**FOTO N°58:** Corte del ladrillo para la elaboración de muretes

El mortero utilizado fue cemento arena en una proporción de 1:3.5.

En el asentado de las unidades se trató de controlar la verticalidad de los muros, los espesores de juntas, y las alturas de las hiladas.



**FOTO N°59 y 60:** Control de las juntas en elaboración del murete

Finalmente se realizó el curado de los muretes.



**FOTO N°61:** Taponeo de agujeros donde irán los cabezales con mezcla 1:3



**FOTO N°62:** Colocado de capinng en zonas donde el prisma estará en contacto con los cabezales.



**FOTO N°63:** Traslado de prismas.



**FOTO N°64:** Equipo para realizar la compresión diagonal.



**FOTO N°65:** prisma antes del ensayo de corte diagonal.



**FOTO N°66:** prisma durante el ensayo de corte diagonal.



**FOTO N°67:** prisma después del ensayo de corte diagonal.

## **ENSAYO**

De cada murete se midió las longitudes de sus lados y la longitud diagonal.  
Se trasladó los muretes desde el lugar de construcción, hacia el laboratorio evitando sacudidas, saltos y volteos.  
El ensayo se realizó el 9 mayo del 2017 a una edad de 40 días.  
Se preparó el equipo a compresión.  
Se colocó el murete verificando la posición correcta del mismo, centrando los cabezales tanto superior como inferior.  
Para el montaje de los muretes no se empleó ningún instrumento adicional.  
Se aplicó la fuerza de manera continua a una velocidad constante.

## **Resistencia a compresión diagonal ( $v_m$ )**

La resistencia a compresión diagonal de cada murete ( $v_m$ ) se obtuvo dividiendo la carga de rotura entre el área de la diagonal:

$$v_m = \frac{P}{A}$$

Donde:

$P$  = Carga de rotura en kg.

$L_p, H_p$  = Lados del murete.

$D$  = Dimensión Diagonal

$$D = \sqrt{L_p^2 + H_p^2}$$

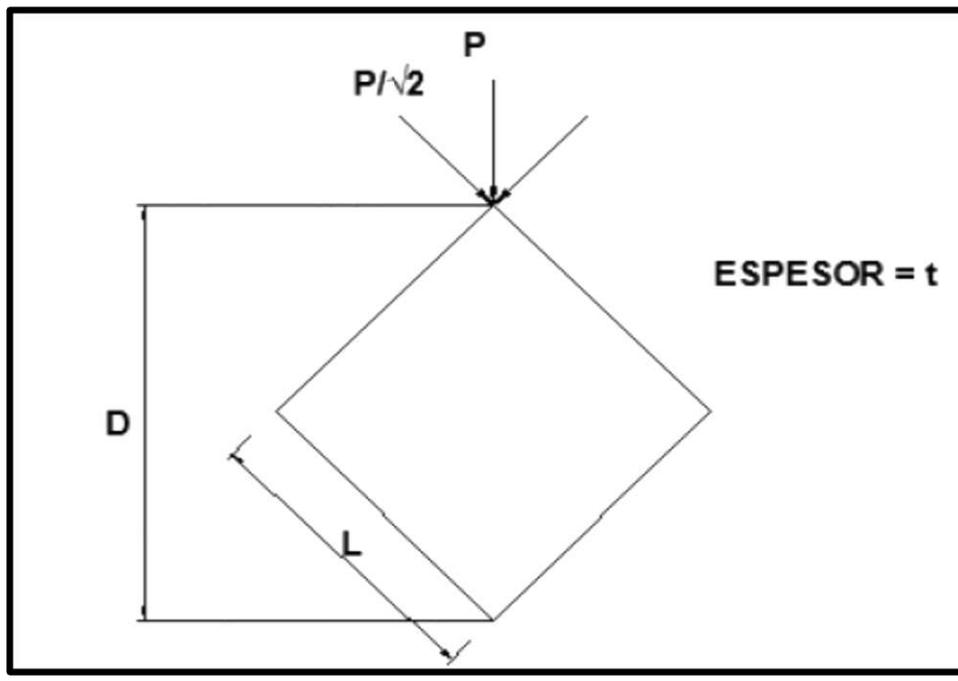
$t_p$  = Espesor del murete.

$A$  = Área de la diagonal

$$A = D * t_p$$

$v'_m$  = Resistencia a la compresión diagonal en kg/cm<sup>2</sup>.

FIGURA N°15: Aplicación de carga



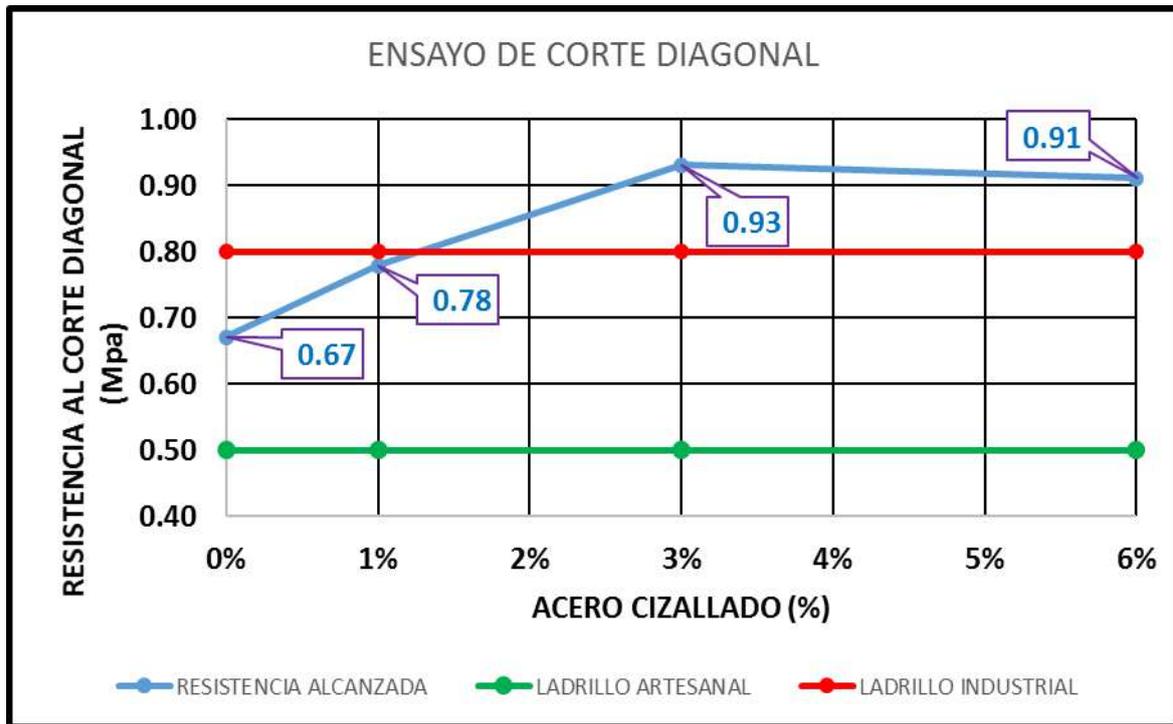
La resistencia característica ( $v_m$ ) de cada murete se halló restando una desviación estándar ( $\sigma$ ) al valor promedio de los 3 muretes ensayados. El restar una desviación estándar al valor promedio, estadísticamente, significa que el 84% de los muretes ensayados tendrá una resistencia mayor que el valor característico.

TABLA N° 08 COMPRESIÓN DIAGONAL										
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS									
	RESPONSABLE					JUAN CARLOS VARGAS SICLLA				
	ENSAYO					RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL				
Muestra 0%	LONGITUD		Lp (cm)	ALTURA		Hp (cm)	ESPESOR		t p (cm)	PSI
	L1(cm)	L2(cm)		H1(cm)	H2(cm)		t1(cm)	t2(cm)		
1	63.30	63.10	63.20	62.10	62.00	62.05	13.80	13.90	13.85	5400.00
2	63.20	63.40	63.30	61.60	61.80	61.70	14.00	13.80	13.90	4800.00
3	62.50	62.60	62.55	61.80	61.70	61.75	13.80	13.90	13.85	4600.00
Muestra 1%	LONGITUD		Lp (cm)	ALTURA		Hp (cm)	ESPESOR		t p (cm)	PSI
	L1(cm)	L2(cm)		H1(cm)	H2(cm)		t1(cm)	t2(cm)		
1	63.10	63.40	63.25	61.80	61.70	61.75	14.00	13.90	13.95	5200.00
2	63.40	63.60	63.50	61.90	61.60	61.75	13.90	13.80	13.85	6400.00
3	62.70	62.90	62.80	61.70	61.90	61.80	14.00	13.80	13.90	6200.00
Muestra 3%	LONGITUD		Lp (cm)	ALTURA		Hp (cm)	ESPESOR		t p (cm)	PSI
	L1(cm)	L2(cm)		H1(cm)	H2(cm)		t1(cm)	t2(cm)		
1	63.80	63.70	63.75	62.10	61.80	61.95	14.00	14.20	14.10	6600.00
2	63.00	63.20	63.10	61.40	61.60	61.50	14.00	13.90	13.95	6400.00
3	63.10	62.90	63.00	61.70	61.90	61.80	13.80	14.00	13.90	6800.00
Muestra 6%	LONGITUD		Lp (cm)	ALTURA		Hp (cm)	ESPESOR		t p (cm)	PSI
	L1(cm)	L2(cm)		H1(cm)	H2(cm)		t1(cm)	t2(cm)		
1	62.80	63.00	62.90	61.50	61.60	61.55	14.20	14.10	14.15	6400.00
2	63.10	63.20	63.15	61.50	61.30	61.40	14.00	14.00	14.00	6200.00
3	62.70	62.50	62.60	61.90	62.00	61.95	14.00	13.90	13.95	6400.00

**“EVALUAR LA INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DE LAS CIZALLADURAS DE ACERO ESTRUCTURAL EN LA ADICIÓN DE LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA MÁS VENDIDAS EN LA CIUDAD DELCUSCO, ANALIZADAS EN LA LADRILLERA BELLOTA E.I.R.L, DE SAN JERÓNIMO-CUSCO”**

TABLA N° 09 COMPRESIÓN DIAGONAL									
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
	RESPONSABLE	JUAN CARLOS VARGAS SICLLA							
	ENSAYO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL							
Muestra 0%	Lp (cm)	Hp (cm)	t p (cm)	D (cm)	P (lb)	P (kg)	ÁREA DE LA DIAGONAL	$v'_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
1	63.20	62.05	13.85	88.57	21600.00	9797.61	1226.68	7.99	
2	63.30	61.70	13.90	88.40	19200.00	8708.98	1228.70	7.09	
3	62.55	61.75	13.85	87.90	18400.00	8346.11	1217.35	6.86	
							Promedio	7.31	
							s: Desv. Est.	0.60	
							$v'_m$ (Mpa)	0.67	
							CV:Coef. de var. %	8.17	
Muestra 1%	Lp (cm)	Hp (cm)	t p (cm)	D (cm)	P (lb)	P (kg)	ÁREA DE LA DIAGONAL	$v'_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
1	63.25	61.75	13.95	88.40	20800.00	9434.73	1233.18	7.65	
2	63.50	61.75	13.85	88.50	25600.00	11611.98	1225.73	9.47	
3	62.80	61.80	13.90	87.90	24800.00	11249.10	1221.81	9.21	
							Promedio	8.78	
							s: Desv. Est.	0.98	
							$v'_m$ (Mpa)	0.78	
							CV:Coef. de var. %	11.22	
Muestra 3%	Lp (cm)	Hp (cm)	t p (cm)	D (cm)	P (lb)	P (kg)	ÁREA DE LA DIAGONAL	$v'_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
1	63.75	61.95	14.10	89.20	26400.00	11974.85	1257.72	9.52	
2	63.10	61.50	13.95	88.40	25600.00	11611.98	1233.18	9.42	
3	63.00	61.80	13.90	88.00	27200.00	12337.73	1223.20	10.09	
							Promedio	9.67	
							s: Desv. Est.	0.36	
							$v'_m$ (Mpa)	0.93	
							CV:Coef. de var. %	3.73	
Muestra 6%	Lp (cm)	Hp (cm)	t p (cm)	D (cm)	P (lb)	P (kg)	ÁREA DE LA DIAGONAL	$v'_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
1	62.90	61.55	14.15	88.20	25600.00	11611.98	1248.03	9.30	
2	63.15	61.40	14.00	88.30	24800.00	11249.10	1236.20	9.10	
3	62.60	61.95	13.95	88.10	25600.00	11611.98	1229.00	9.45	
							Promedio	9.28	
							s: Desv. Est.	0.18	
							$v'_m$ (Mpa)	0.91	
							CV:Coef. de var. %	1.89	

### 3.2.2.c.1 DIAGRAMAS



### 3.2.2.c.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

SIN CIZALLADURA DE ACERO		
COMPRESION DIAGONAL (MURETE)	0.67	Mpa

CON CIZALLADURA DE ACERO 1%		
COMPRESION DIAGONAL (MURETE)	0.78	Mpa

CON CIZALLADURA DE ACERO 3%		
COMPRESION DIAGONAL (MURETE)	0.93	Mpa

CON CIZALLADURA DE ACERO 6%		
COMPRESION DIAGONAL (MURETE)	0.91	Mpa

De acuerdo a la norma E-070, con respecto a las resistencias características de albañilería a corte puro ( $V'm$ ), se cumple con dicha resistencia requerida. Debido a que  $V'm$  promedio es: 0.82 Mpa y la norma nos da como máximo 0.8 Mpa, para ladrillos King Kong industrial.

El máximo valor obtenido en los ensayos de corte diagonal se obtuvo en las muestras que tuvieron la adición de 3% de acero cizalladura con un valor de 0.93 Mpa.

El valor mínimo que se obtuvo fueron en las muestras patrón (0% sin adición de cizalladura de acero), que alcanzaron un valor de 0.67 Mpa.

La adherencia entre la unidad de albañilería y el mortero no fue la adecuada, ya que el mortero penetra más de la mitad de la altura de las perforaciones de la unidad, por lo que el tipo de falla predominante de los ensayos fue el de falla por tensión diagonal en juntas.

Otro factor fue la succión de la unidad que influyó en la adherencia del mortero ya que el porcentaje de succión de la unidad es 55.61 gr/cm<sup>2</sup> por minuto

Las variables que afectan la adherencia bloque-mortero son: la cantidad de cemento y agua del mortero, el porcentaje de absorción de agua y la rugosidad de los bloques, así como la mano de obra.

### Resistencia a la compresión V'm

La norma nos da unos valores de V'm:

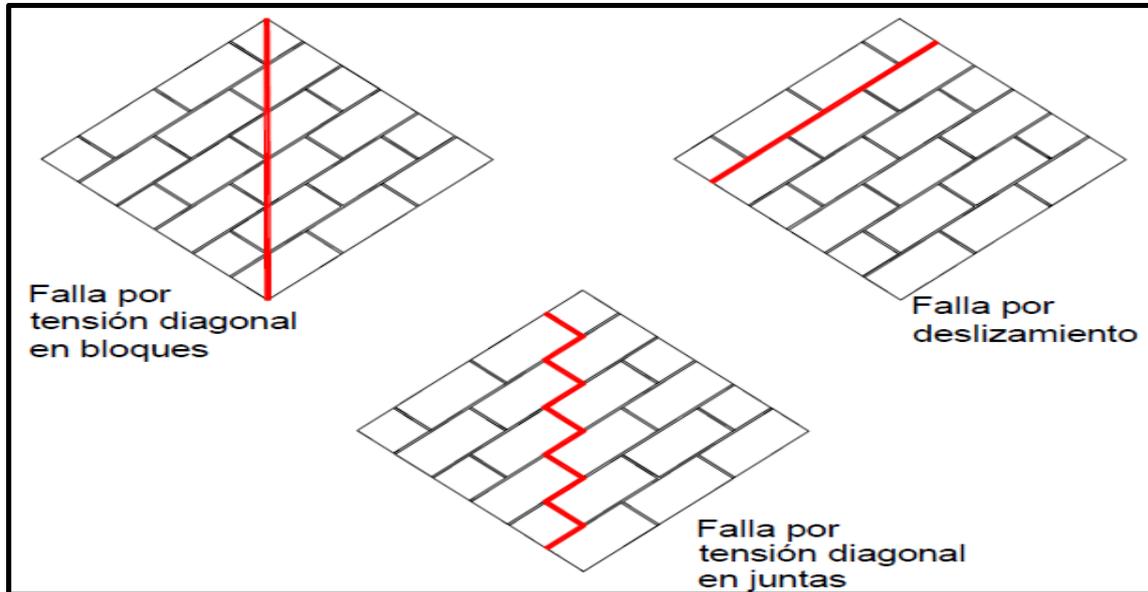
**TABLA N°25 RESISTENCIAS Y CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA**

<b>RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa ( kg / cm<sup>2</sup> )</b>				
<b>Materia Prima</b>	<b>Denominación</b>	<b>UNIDAD <math>f'_b</math></b>	<b>PILAS <math>f'_m</math></b>	<b>MURETES <math>v'_m</math></b>
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

(FUENTE: NORMA TECNICA E070 DE ALBAÑILERÍA).

### 3.2.2.c.3 TIPO DE FALLA

FIGURA N° 16 TIPOS DE FALLA EN MURETES SUJETOS A COMPRESIÓN DIAGONAL.



Los tipos de falla que se dieron fueron:

- falla escalonada en murete.



FOTO N°68 y 69: falla por tensión diagonal en juntas

-Trituración local de la unidad ubicada en la zona de contacto con el cabezal angular del equipo de ensayo.



**FOTO N°70 y 71:** falla en juntas y aplastamiento en la base de apoyo del cabezal

-Falla por deslizamiento



**FOTO N°72:** falla por deslizamiento

#### **3.2.2.c.4 RECOMENDACIONES**

El transporte o movimiento de los muretes se debe realizar con cuidado.

La colocación de los muretes en los cabezales de la máquina de compresión debe realizarse cuidadosamente, alineando los ejes centroidales de los muretes con estos, para que el esfuerzo se reparta uniformemente.

Se debe de rellenar con mezcla 1:3 los agujeros de los extremos donde irán colocados los cabezales metálicos.

Con lo referente al capeado se debe hacer con cuidado, de manera que quede uniforme y liso para que al momento de ensayar el esfuerzo se reparta uniformemente.

Comprobar las dosificaciones en el mortero, (en nuestro caso la dosificación fue 1:3.5).

Se debe aplicar el esfuerzo con el gato hidráulico a una velocidad constante.

Ser cuidadosos con las tomas de lecturas, ya que de esto depende los resultados obtenidos.

### CONCLUSIONES GENERALES

- ✓ Para el ensayo de variación dimensional, el ladrillo patrón usado (0%) los resultados obtenidos en el ensayo clasifican a los ladrillos como són de tipo V, mientras que las unidades con adición de cizalladura de acero (1%, 3%, 6%) los resultados obtenidos clasifican a los ladrillos que son de tipo V.
- ✓ En el ensayo de alabeo, el ladrillo patrón usado (0%) los resultados obtenidos en el ensayo clasifican a los ladrillos que son de tipo IV, mientras que las unidades con cizalladura de acero (1%, 3%, 6%) los resultados obtenidos en el ensayo clasifican a los ladrillos que son de tipo IV.
- ✓ En el ensayo de succión el ladrillo patrón usado (0%) los resultados obtenidos en el ensayo sobrepasaron la succión máxima permitida, mientras que las unidades con cizalladura de acero (1%, 3%, 6%) los resultados obtenidos en el ensayo sobrepasaron la succión máxima permitida por la norma que es de 20 gr/min/200 cm<sup>2</sup>.
- ✓ En el ensayo de absorción el ladrillo patrón usado (0%) los resultados obtenidos en el ensayo no sobrepasaron la absorción máxima permitida que es de 22%, mientras que las unidades con cizalladura de acero (1%, 3%, 6%) los resultados obtenidos en el ensayo no sobrepasaron la absorción máxima permitida por la norma que es de 22%.
- ✓ En el ensayo de área de vacíos los resultados obtenidos en las muestras sin cizalladura de acero y con cizalladura de acero tienes un área neta mayor que el 70% por lo que todas las unidades son de tipo sólida.
- ✓ En el ensayo de compresión axial (unidad) los resultados obtenidos en la muestra patrón (0%) alcanzaron una resistencia que clasificaron a los ladrillos de tipo IV, mientras en las unidades con cizalladura de acero (1%, 3%, 6%) alcanzaron una resistencia que se clasifico a los ladrillos de tipo V.

Resistencia und. patron	%	Resistencia con 1% de acero cizallado	% en aumento respecto a la und. patron	Resistencia con 3% de acero cizallado	% en aumento respecto a la und. patron	Resistencia con 6% de acero cizallado	% en aumento respecto a la und. patron
13.99	100.00	18.05	29.08	22.72	62.43	20.30	45.16

- ✓ En el ensayo de compresión axial (pila) los resultados obtenidos en la muestra patrón (0%) y las unidades con cizalladura de acero (1%, 3%, 6%) sobrepasaron las resistencias máximas para los ladrillos elaborados industrialmente.

Resistencia de pila patrón	%	Resistencia con 1% de acero cizallado	% en aumento respecto a la pila patrón	Resistencia con 3% de acero cizallado	% en aumento respecto a la pila patrón	Resistencia con 6% de acero cizallado	% en aumento respecto a la pila patrón
11.32	100.00	9.95	-12.06	11.77	4.00	9.46	-16.43

- ✓ En el ensayo de Corte Diagonal (muretes) los resultados obtenidos de las muestras patrón (0%) y las unidades con cizalladura de acero (1%, 3%, 6%) cumplen con la resistencia requerida por la norma para los ladrillos elaborados industrialmente.

Resistencia de murete patrón	%	Resistencia con 1% de acero cizallado	% en aumento respecto al murete patrón	Resistencia con 3% de acero cizallado	% en aumento respecto al murete patrón	Resistencia con 6% de acero cizallado	% en aumento respecto al murete patrón
0.67	100.00	0.78	16.08	0.93	38.75	0.91	35.69

## SUB CONCLUSIONES GENERALES

- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda el uso y elaboración de ladrillos con 3% de adición de cizalladura de acero.
- ✓ En el ensayo de variación dimensional, las muestras con 3% de adición de cizalladura de acero se obtuvo los mejores resultados.
- ✓ En el ensayo de alabeo, las muestras con 3% de adición de cizalladura de acero se obtuvo los mejores resultados.
- ✓ En el ensayo de succión es recomendable antes de usar un ladrillo en el asentado de muros se deberá mojar entre 10 a 15 horas antes.
- ✓ En el ensayo de absorción cumple, la absorción máxima permitida por la norma que es de 22%.
- ✓ En el ensayo de área de vacíos las muestras con 3% de acero cizallado tiene un área neta mayor que el 70% por lo que todas las unidades son de tipo sólida.
- ✓ En el ensayo de compresión axial (unidad) los resultados obtenidos en las muestras con 3% de cizalladura de acero alcanzaron una resistencia que se clasifico a los ladrillos de tipo V, que es de mejor calidad.
- ✓ En el ensayo de compresión axial (pila) los resultados obtenidos en la muestra con 3% de cizalladura de acero sobrepasaron las resistencias máximas para los ladrillos elaborados industrialmente, por lo que es recomendable la utilización de este ladrillo.
- ✓ En el ensayo de Corte Diagonal (muretes) los resultados obtenidos de las muestras con 3% de cizalladura de acero cumplen con la resistencia requerida por la norma para los ladrillos elaborados industrialmente, lo que se recomienda el uso de este ladrillo.

## ANEXOS

### BIBLIOGRAFÍA

- Norma técnica ITINTEC 331.017 octubre, 1978
- Norma técnica ITINTEC 331.018 octubre, 1978
- Norma técnica ITINTEC 331.019 octubre, 1982
- Normar técnica peruana (NTP)399.613 – 2005
- Universidad Nacional de Cajamarca sede-Jaén “Norma Técnica Peruana”
- Proceso Productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura
- Seminario Internacional innovación en Eco eficiencia para la Competitividad Industrial.
- H. Gallegos C. Casabone, Albañilería estructural.
- Ing. Tomás Flavio Abanto Castillo, Análisis y diseño de edificaciones de albañilería, 2da. Edición.
- Ing. Fernando Enciso Peralta, Ensayos a la unidad de albañilería.
- Ángel San Bartolomé, Febrero 2011.
- Norma Técnica E-070 de albañilería.
- Resolución Ministerial N° 011-2006 – Vivienda 2006.
- Norma Técnica IINTEC 311.017.
- Guía de las buenas prácticas para ladrilleras artesanales e industriales -2013
- Aceros Arequipa “Manual del maestro constructor”
- BOWLES, J. E. (1978). Manual de LABORATORIO DE SUELOS en Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia: EDITORIAL McGRAW

## CUADROS DE COSTOS DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS KING KONG 18 HUECOS SIN/CON ADICIÓN DE CIZALLADURA DE ACERO

COSTO DE PRODUCCION DEL LADRILLO KING KONG 18 TRADICIONAL				
TIPO DE LADRILLO	PERSONAL	PRODUCCION	UNIDAD	COSTO TOTAL
LADRILLO KING KONG	8	1	MILLAR	750

COSTO DE PRODUCCION DEL LADRILLO KING KONG 18 CON ADICION DE CIZALLADURA DE ACERO					
TIPO DE LADRILLO	PERSONAL	PRODUCCION	UNIDAD	COSTO DEL ACERO (1 %)	COSTO TOTAL
LADRILLO KING KONG	8	1	MILLAR	105	855

COSTO DE PRODUCCION DEL LADRILLO KING KONG 18 CON ADICION DE CIZALLADURA DE ACERO					
TIPO DE LADRILLO	PERSONAL	PRODUCCION	UNIDAD	COSTO DEL ACERO (3 %)	COSTO TOTAL
LADRILLO KING KONG	8	1	MILLAR	315	1065

COSTO DE PRODUCCION DEL LADRILLO KING KONG 18 CON ADICION DE CIZALLADURA DE ACERO					
TIPO DE LADRILLO	PERSONAL	PRODUCCION	UNIDAD	COSTO DEL ACERO (6 %)	COSTO TOTAL
LADRILLO KING KONG	8	1	MILLAR	630	1380

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

**UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA**  
**INFORME DE ANÁLISIS** N°0740-16-LAQ

SOLICITANTE: JUAN CARLOS VARGAS SICLLA

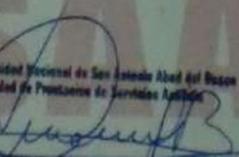
MUESTRA : ARCILLA  
(MATERIA PRIMA LADRILLERA BELLOTA)

FECHA : 0/21/10/2016

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

Sílice % SiO <sub>2</sub>	72.90
Sulfatos %	0.88
Carbonatos %	8.33
Calcio % CaO	4.20
Magnesio % MgO	0.30
Hierro % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.55
Aluminio % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.62
Potasio % K <sub>2</sub> O	1.21

Cusco, 26 de Octubre 2016

  
Responsable del Laboratorio de Análisis Químico

  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TIPO DE VARIABLE	DENOMINACION	DEFINICION O DESCRIPCION	INDICADOR	UND. DE MEDICION	INSTRUMENTO
VARIABLE INDEPENDIENTE	RESIDUOS DE CIZALLADURA	Cizalladura de acero ,obtenido del cizallaje de acero estructural que se utilizara en la elaboración de la unidad de albañilería King Kong 18 huecos	Tamaño máximo	mm.	BALANZA RECIPIENTE MALLA n° 40
		Porcentaje en peso de cizalladura de acero que permitirá evaluar la unidad de albañilería.	Porcentaje en peso	Peso (kg)	
VARIABLE DEPENDIENTE	CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA KING KONG 18 HUECOS CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS DE LA MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACION DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA KING KONG DE 18 HUECOS CON ADICION DE CIZALLADURA DE ACERO	Características de las unidades de albañilería King Kong 18 huecos.	Variación dimensional Alabeo Área de vacíos Succión Absorción Resistencia a la compresión axial(unidad) Resistencia a la compresión axial (pila) Resistencia a la compresión diagonal	(%) (mm) (%) (succion(gr/min/200cm2)) (%) (Mpa) (Mpa) (Mpa)	NT E.070 NTP 331.017 2003 NTP 339.613 2005 BALANZA HORNO CUÑA GRADUADA (ALABEO) REGLA METALICA CRONOMETRO RECIPIENTE PRENSA HIDRAULICA

**“EVALUAR LA INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS DE LAS CIZALLADURAS DE ACERO ESTRUCTURAL EN LA ADICIÓN DE LA FABRICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA MÁS VENDIDAS EN LA CIUDAD DELCUSCO, ANALIZADAS EN LA LADRILLERA BELLOTA E.I.R.L, DE SAN JERÓNIMO-CUSCO”**

TABLA DE ENCUESTAS				
RESPONSABLE	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
LUGAR	JUAN CARLOS VARGAS SICLLA			
FECHA	LADRILLERAS DE SAN JERÓNIMO			
	LADRILLERA	TIPO DE LADRILLO	CANTIDAD	FIRMA
1	Pamirán Conde Conde	SSK 18 huecos	22 millones/mos	Pamirán
2	Adrián Pilloco Ramos	SSK 18 huecos	28 " "	Adrián
3	Felix Tapero Condon	SSK 18 huecos, 1/2 band	25 " "	Felix
4	Estanislao Champi Conde	Blquer	30 " "	Estanislao
5	Benito Chuckyra tupaomqui	Blquer	25 " "	Benito
6	Jose Alpeyo Bellota Ramos	SSK 18 huecos	40 " "	Jose Alpeyo
7	Hilario Quispe Castro	Blquer	30 " "	Hilario
8	Francisco Zepate Castro	Blquer	35 " "	Francisco
9	Juan Zumalica Faro	SSK 18 huecos	35 " "	Juan Zumalica
10	Juanito Quispe Conde	Blquer	25 " "	Juanito
11	Juan Gutierrez Gutierrez	SSK 18 huecos	30 " "	Juan Gutierrez
12	Jose Tauri Quispe	Blquer y SSK 18 huecos	15 y 20 " "	Jose Tauri
13	Gladius Perez de Atayupomqui	Blquer	30 " "	Gladius
14	Juan Ore Quispe	Blquer	30 " "	Juan Ore
15	José Quispe Conde	SSK 18 huecos	35 " "	José Quispe
16	Eusebio Mamani Huallpa	SSK 18 huecos	40 " "	Eusebio
17	Harial Sanchez Condon	Blquer	35 " "	Harial
18	Hilario Rebollas Alcca	Blquer y SSK 18 huecos	15 y 25 " "	Hilario
19	Pascual Turpo Turpo	Blquer	30 " "	Pascual
20	Veronica Champi Chacon	SSK 18 huecos	25 " "	Veronica
21	Pedro Macho Quispe	SSK 18 huecos	30 " "	Pedro
22	Percy Rojas 991	SSK 18 huecos	20 " "	Percy
23	Santos Flores Jara	Blquer	25 " "	Santos
24	Timoteo Quispe Mamani	Blquer	20 " "	Timoteo
25	Vicki Hurtado Roque	SSK 18 huecos	25 " "	Vicki
26	Mamato Huaman Ayta	Blquer	30 " "	Mamato
27	Silvia Quispe Machaca	Blquer y SSK 18 huecos	15 y 20 " "	Silvia
28	Leonidas Valverde Cruz	SSK 18 huecos	35 " "	Leonidas
29	Juan Quispe Amicu	Blquer	30 " "	Juan
30	Esteban Ramos Quispe	SSK 18 huecos	40 " "	Esteban
31	Felix Ramos Yajera	SSK 18 huecos	30 " "	Felix
32	Flavio Mendigo Casaya	Blquer	30 " "	Flavio
33	Jose Quispe Cayo	SSK 18 huecos	25 " "	Jose
34	Edwin Ampas Coronado	Blquer SSK 18 huecos	20 y 20 " "	Edwin
35	Eduardo Cascoato Hancoo	SSK 18 huecos	25 " "	Eduardo
36	Orlito Churcittito	SSK 18 huecos	30 " "	Orlito
37	Celestino Chacon Cruz	Blquer	33 " "	Celestino

## PANEL FOTOGRÁFICO

### MATERIALES USADOS

#### VERIFICACIÓN DE LAS CANTERAS DE ARCILLA EN LAS LADRILLERAS DE SAN JERÓNIMO

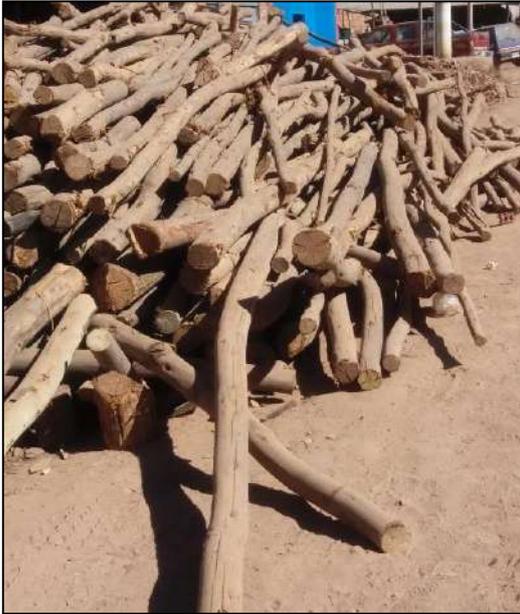


**Foto N° 01:** Visita a las canteras de arcilla de la ladrillera “**BELLOTA**”, en el distrito de San Jerónimo.



**Foto N° 02:** horno de la ladrillera “**BELLOTA**”, en el distrito de San Jerónimo.

## VERIFICACIÓN DEL COMBUSTIBLE UTILIZADO EN EL HORNEADO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA



**Foto N° 03:** Rollizos de eucalipto utilizados en el horneado de las unidades de albañilería.



**Foto N° 04:** Aserrín utilizado en el horneado de las unidades de albañilería.



**Foto N° 05:** Acero cizallado pesado en proporción para la fabricación de ladrillos 1%,3%,6% de adición de acero cizallado



**Foto N° 06:** Adición de cizalladura de acero a materia prima para la fabricación de ladrillos



**Foto N° 07:** Marcado de ladrillos elaborados con la adición de cizalladura en 1%,3%,6%



**Foto N° 08:** Secadero de ladrillos elaborados



Foto N° 09: Secadero de ladrillos elaborados con acero cizallado

### MAQUINARIA UTILIZADA EN LA FÁBRICA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA



Foto N° 10: Máquina extrusora, para la fabricación de ladrillos.



Foto N° 11: Máquina para la molienda de ladrillos

### UNIDADES DE ALBAÑILERÍA USADAS



Foto N° 12: Unidad de albañilería de la ladrillera “BELLOTA”

## ENSAYOS VARIACIÓN DIMENSIONAL



**Foto N° 13:** Unidades de albañilería para el ensayo de variación dimensional.



**Foto N° 14:** toma de medidas con vernier y regla metálica



Foto N° 15: toma de medidas con vernier

### ENSAYO DE ALABEO



Foto N° 16: Herramientas para el ensayo de alabeo

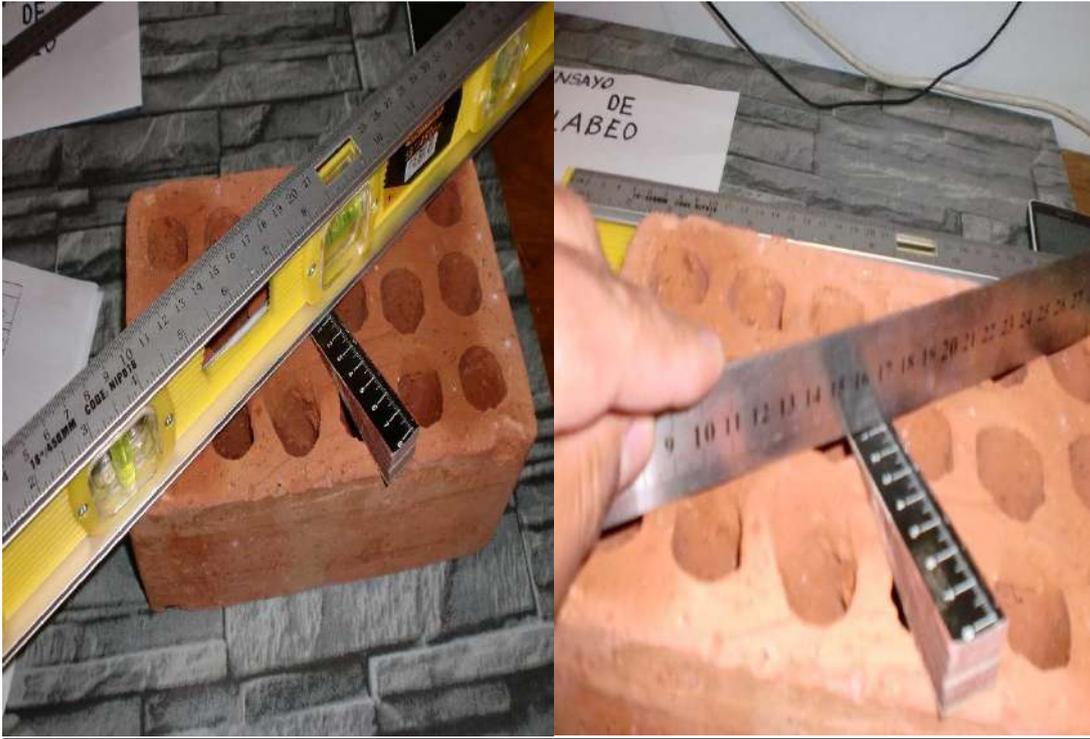


Foto N° 17: Lectura de medidas

### ENSAYO DE AREA DE VACIOS



Foto N° 18: Muestras de ladrillos para el ensayo de área de vacíos.



**Foto N° 19:** herramientas y llenado de arena a los huecos del ladrillo.



**Foto N° 20:** Nivelado con regla metálica y vaciado de arena para su pesado.



Foto N° 21: Vaciado de arena y pesado

### ENSAYO DE ABSORCIÓN



Foto N° 22: Pesado de las unidades de albañilería secas



**Foto N° 23:** Colocado de ladrillos a sumergir durante 24 horas



**Foto N° 24:** Pesado y secado de muestra después de 24 horas de estar sumergido.



Foto N° 25: muestras después de 24 horas de estar sumergido.

### ENSAYO DE SUCCIÓN



Foto N° 26: muestras para el ensayo de succión



**Foto N° 27:** herramientas y equipos para el ensayo de succión.



**Foto N° 28:** Pesado de los ladrillos secos antes de iniciar en ensayo de succión.



Foto N° 29: Sumergido del ladrillo durante 60 segundos.



Foto N° 30: Pesado de ladrillo después de secarlo



Foto N° 31: Muestras después del ensayo de absorción.

### AGREGADO USADO



Foto N° 32: Visita a la Cantera de Huambutio



**Foto N° 33:** Transporte de las unidades de albañilería de la ladrillera “BELLOTA”

**PROCESO DE REGADO DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA 24 HORAS ANTES DEL ASENTADO DE LAS PILAS Y MURETES**



**Foto N° 34:** Regado de las unidades de albañilería de la ladrillera “BELLOTA”



**Foto N° 35:** Cemento usado en la elaboración de pilas y muretes



**Foto N° 36:** Dosificación por volumen del cemento

## INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA EL ASENTADO DE LAS PILAS Y MURETES



**Foto N° 37: FROTACHO**, se utilizó para el asentado de pilas y muretes.



**Foto N° 38: WINCHA**, se utilizó para controlar el tamaño de espesor de junta de las pilas.



**Foto N° 39: PLOMADA**, se utilizó para controlar el nivel la verticalidad de las pilas.



**Foto N° 40: NIVEL DE MANO**, se utilizó para controlar el nivel la horizontalidad de las pilas y muretes.

## ASENTADO DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA Y ELABORACIÓN DE LOS MURETES



**Foto N° 41:** Herramientas usadas para el asentado de muretes.



**Foto N° 42:** Regado de las unidades de albañilería de la ladrillera “BELLOTA”



**Foto N° 43:** Corte de las unidades de albañilería para el trabado de los muretes.



**Foto N° 44:** aplomado de la verticalidad del murete.



**Foto N° 45:** aplomado de la verticalidad del murete.



**Foto N° 46:** Control de espesor de junta en elaboración de muretes

## RESULTADO DE LOS LABORATORIOS A COMPRESIÓN AXIAL



**Foto N° 47:** Capeado de las pilas antes de someterlas a compresión axial.



**Foto N° 48:** Maquina para ensayo a compresión utilizada para las pruebas de laboratorio.



**Foto N° 49:** Colocado de las pilas, para someterla a compresión.



**Foto N° 50:** Muestra de pila después de sometida a compresión



Foto N° 51: verificación del tipo de falla.

UBICACIÓN: \_\_\_\_\_  
 DISTRITO: \_\_\_\_\_  
 PROVINCIA: \_\_\_\_\_  
 REGIÓN: \_\_\_\_\_  
 SOLICITANTE: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

BRIQUETA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	RESISTENCIA	
				kgf	Kg/cm²
1	Brick No 2 02 Normal		01/04/17	25120	142.7
2	07 "		"	28060	158.0
3	04 " Acero		"	38010	212.1
4	17 " Ladrillo 1102		"	32130	181.0
5	11 " Ladrillo 1102		"	34540	195.5
6	11 "		"	41750	236.3
7	37 Ladrillos		"	50050	283.2
8	32 "		"	38660	218.8
9	31 "		"	53650	303.6
10	67 Ladrillos		"	39550	223.8
11	67 "		"	33140	184.5
12	67 "		"	46290	266.9
13					
14					

Foto N° 52: Toma de datos del ensayo de compresión axial

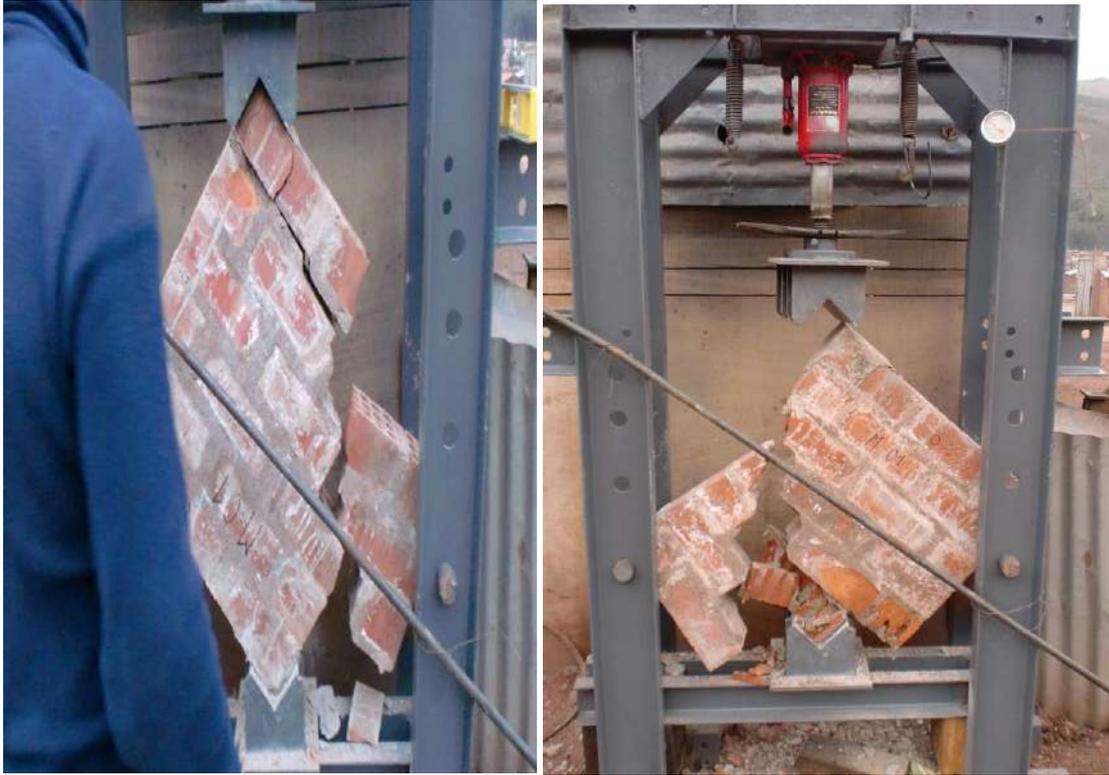
## RESULTADO DE LOS LABORATORIOS A COMPRESIÓN DIAGONAL



**Foto N° 53:** Muestra antes del ensayo de corte diagonal.



**Foto N° 54:** Muestra durante el ensayo de corte diagonal.



**Foto N° 55 y 56:** Muestra después del ensayo de corte diagonal.



**Foto N° 57 y 58:** Muestras después del ensayo de corte diagonal.