

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



## **TESIS**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNIDADES DE  
ALBAÑILERÍA DE SILLAR Y ARCILLA CALCINADA  
PARA USO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS  
UNIFAMILIARES DE 2 NIVELES, DE ACUERDO A LA  
NORMA E-070 ALBAÑILERÍA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER  
RONALD PAÚL MONTERO PERALTA**

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

**AREQUIPA-PERÚ**

**2016**

A mis padres Víctor Montero Rivas y Mariza Peralta Núñez, que en todo momento me brindaron su apoyo incondicional para la realización del presente trabajo.

A Br unella, por haberme dado una gran lección de vida y humildad en todo sentido.

A Rosa Palacios por su apoyo, formación educativa y moral en todos estos años.

A Dios, a quien le debo la fortaleza para el cumplimiento de mis anhelos.

Expreso un cordial agradecimiento a mi alma mater “Universidad Alas Peruanas” – Arequipa, a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y a toda la plana docente, quienes con sus enseñanzas impartidas me guiaron para poder llegar a culminar la carrera.

A todos aquellos que con su apoyo moral me animaron a continuar con el propósito de culminar mis estudios superiores y mi posterior titulación.

## **RESUMEN**

La tesis de investigación que presento se desarrolló mediante una metodología comparativa – explicativa, con el uso de técnicas experimentales y analíticas a fin de hacer la comprobación que unidades de sillar con dimensiones reducidas en comparación a los bloques utilizados actualmente cumplan con los requerimientos estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, tomando en cuenta la sección denominada Norma E.070 – Albañilería.

En la parte inicial de la investigación, mediante un planteamiento metodológico, se menciona la idea y la problemática para poder llegar al objetivo final del trabajo.

En una segunda parte, se detalla los antecedentes históricos conocidos; tales como la formación del sillar hasta la utilización del mismo en el ámbito de la construcción con el pasar de tiempo, las formas de trabajo y arquitectura de las edificaciones erguidas a base de este material en la ciudad de Arequipa.

En una tercera parte, se desarrolla la experimentación y comparación; empezando con la propuesta de una unidad de sillar y los posteriores ensayos a las mismas, comparados con unidades de arcilla calcinada tipo H-10.

Se describen los procedimientos de obtención de unidades, así como la elaboración de especímenes de albañilería con las mismas y sus posteriores ensayos (experimentales) bajo los parámetros de la norma regida dentro del Perú.

En una cuarta parte, se realiza la comparación de resultados y un análisis estructural a una vivienda unifamiliar usando el material de estudio (unidades de sillar) a manera de afianzar lo anteriormente obtenido y poder garantizar o no el uso de la misma. Además, se lleva a cabo un análisis de costo comparativo en la construcción de una vivienda con el uso de ladrillos de arcilla calcinada y unidades de sillar.

Finalmente, se dan a conocer las conclusiones de la investigación y a la vez se exhorta a tener en cuenta las recomendaciones planteadas, junto a una línea futura de investigación.

## **ABSTRACT**

The thesis research presented below, developed through a comparative – explanatory methodology, with the use of experimental and analytical techniques in order to check that, sillar units with reduced dimensions compared to the blocks, used currently, meet the requirements stipulated in the National Building Regulations of Peru, taking into account the section called Standard E.070 - Masonry.

The idea and the problems will be mention in the initial part of the investigation, by a methodological approach to reach the ultimate goal of the work.

In the second part historical known precedents, such as the formation of sillar, to the use of it in the field of construction with the passing of time, forms of work and architecture of the buildings pricked, based on this material in the city of Arequipa.

The third part, the development of experimentation will take place and the comparison, starting with the proposal of a unit of sillar and subsequent trials, compared with calcined clay units type H-10.

The description of the procedures to obtain units, and the preparation of specimens with the same masonry and subsequent trials (experimental) under standard parameters governed within Peru.

The fourth part is the comparison of results, where a structural analysis is performed, single-family housing using the study material (sillar units) by way of strengthening the previously obtained and be able to guarantee the use of it, or not. In Addition is consider revising to comparative cost analysis in building a house, using bricks and calcined clay sillar units.

Finally, disclosed the findings of research and at the same time we are encouraged to take into account the recommendations made, along with a future line of research.

## **INTRODUCCIÓN**

El Sillar es una piedra natural de origen volcánico muy abundante en el departamento de Arequipa, la cual ha sido utilizada en un gran número de edificaciones de uno y dos niveles demostrando cualidades favorables en la construcción para una región de sismicidad alta. Por lo general, el asentado de muros de sillar se viene dando con unidades cuyas dimensiones (55 x 30 x 20 cm) generalmente son mayores a la de los ladrillos de arcilla usados comúnmente para la albañilería tradicional.

En la actualidad, dada la necesidad de vivienda, debido al crecimiento poblacional que viene ocurriendo en Arequipa Metropolitana y el alto costo del metro cuadrado de vivienda construida; los nuevos pobladores se ven en la obligación de apostar por otras opciones en materiales, un claro ejemplo de esto se da en la zona denominada Cono Norte la cual está en su auge de crecimiento y expansión y en donde se puede ver claramente la utilización del sillar como unidad de albañilería en la construcción.

Cabe añadir que el tamaño de los bloques de sillar que se usan en la actualidad no están regidos a ninguna norma o reglamentación que defina su tamaño; por lo cual surge la necesidad de saber cuáles serían las dimensiones



necesarias de las unidades para que este material pueda funcionar de forma óptima en albañilería, de manera que cumpla con los requerimientos mínimos que exige la normativa que regula los parámetros.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
GRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	viii
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE TABLAS. ....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS. ....	xvii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xix
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO .....	20
1.1. PROBLEMA.....	20
1.1.1. FUNDAMENTACIÓN .....	20
1.1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	21
1.1.3. JUSTIFICACIÓN .....	21
1.1.4. LIMITACIONES Y RESTRICCIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.1.5. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.2.1. OBJETIVO GENERAL .....	23
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
1.3. HIPÓTESIS.....	24
1.4. VARIABLES.....	24
1.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	24
1.4.2. VARIABLES DEPENDIENTES .....	24
CAPÍTULO II: EL SILLAR COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.....	25
2.1. GENERALIDADES .....	25
2.2. EL SILLAR.....	26
2.2.1. ORIGEN Y FORMACIÓN DEL SILLAR .....	26
2.2.2. COMPOSICIÓN DEL SILLAR .....	29
2.2.3. YACIMIENTOS DE SILLAR EN AREQUIPA .....	31
2.3. UTILIZACIÓN DEL SILLAR COMO UNIDAD DE MAMPOSTERÍA EN CONSTRUCCIÓN .....	32
2.3.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS .....	32
2.3.2. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS .....	39
2.3.3. EXTRACCIÓN DEL SILLAR.....	41
2.3.4. UNIDADES DE SILLAR .....	44

---

CAPÍTULO III: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA Y CLASIFICACIÓN SEGÚN NORMA	47
3.1. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA	47
3.1.1. DEFINICIÓN	47
3.1.2. TIPOS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	48
3.1.3. CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES SEGÚN NORMAS	50
3.2. PROPIEDADES DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	51
3.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS	51
3.2.2. PROPIEDADES MECÁNICAS	51
3.3. ALBAÑILERÍA	52
3.3.1. DEFINICIÓN	52
3.3.2. CLASIFICACIÓN DE ALBAÑILERÍA (TIPOS)	52
3.4. MORTERO	54
3.4.1. DEFINICIÓN	54
3.4.2. COMPONENTES DEL MORTERO	54
3.4.3. CLASIFICACIÓN DE MORTEROS	55
3.5. MORTEROS DE CAL	56
3.5.1. DEFINICIÓN	56
3.5.2. VENTAJAS DE LOS MORTEROS DE CAL	57
3.5.3. DOSIFICACIÓN USUAL DE MORTEROS DE CAL	57
CAPÍTULO IV: OBTENCIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE SILLAR	59
4.1. ELECCIÓN DEL MATERIAL	59
4.1.1. ELECCIÓN DE CANTERA	59
4.1.2. TIPO DE SILLAR A EXTRAER	60
4.2. EXTRACCIÓN DEL MATERIAL	61
4.2.1. MANERA DE EXTRACCIÓN	61
4.2.2. PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL SILLAR	61
4.2.3. TRANSPORTE	62
4.3. OBTENCIÓN DE LAS UNIDADES DE SILLAR	63
4.3.1. ELECCIÓN DEL TAMAÑO	63
4.3.2. MECANISMO DE MOLDEADO	66
4.3.3. UNIDAD OBTENIDA	67
CAPÍTULO V: ELABORACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA	69
5.1. CONDICIONES PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESPECÍMENES	69
5.1.1. UNIDADES	69
5.1.2. MORTERO	70
5.1.3. DISEÑO DE LOS ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA	71

---

5.2. ELABORACIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA: UNIDAD DE ARCILLA CALCINADA H-10 .....	73
5.3. ELABORACIÓN DE MURETES DE ALBAÑILERÍA: UNIDAD DE ARCILLA CALCINADA H-10 .....	75
5.4. ELABORACIÓN DE PRIMAS DE ALBAÑILERÍA: UNIDADES DE SILLAR .....	76
5.5. ELABORACIÓN DE MURETES DE ALBAÑILERÍA: UNIDADES DESILLAR... ..	78
CAPÍTULO VI: ENSAYOS A LAS UNIDADES DE SILLAR OBTENIDAS .....	80
6.1. ENSAYO DE VARIBILIDAD DIMENSIONAL.....	80
6.2. ENSAYO DE POCENTAJE DE VACÍOS .....	83
6.3. ENSAYO DE ALABEO.....	86
6.4. ENSAYO DE ABSORCIÓN.....	89
6.5. ENSAYO DE ABSORCIÓN MÁXIMA.....	92
6.6. ENSAYO DE SUCCIÓN.....	95
6.7. ENSAYO DE DENSIDAD DE UNIDADES.....	98
6.8. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	101
6.9. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN (MÓDULO DE RUPTURA).....	105
6.10. .... ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NORMA ASTM C-1006) .....	109
6.11. CLASIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE SILLAR.....	112
CAPÍTULO VII: ENSAYOS A LOS ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA .....	114
7.1. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL: PRIMAS DE ALBAÑILERÍA .....	114
7.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES .....	120
7.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN DE LA ALBAÑILERÍA .....	125
CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS .....	129
8.1. MEMORIA DESCRIPTIVA .....	129
8.2. MEMORIA DEL CÁLCULO .....	130
8.2.1. GENERALIDADES.....	130
8.2.2. MATERIALES A USAR .....	130
8.2.3. CARGAS UNITARIAS.....	131
8.2.4. DENSIDAD DE MUROS .....	131
8.2.5. METRADO DE CARGAS .....	134
8.2.6. ANÁLISIS ESTÁTICO ANTE SISMO .....	135
8.2.7. CÁLCULO DEL CENTRO DE MASA .....	136
8.2.8. RIGIDEZ LATERAL DE MUROS.....	136

8.2.9. CÁLCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ .....	137
8.2.10. EXCENTRICIDAD Y MOMENTOS TORSORES .....	137
8.2.11. CÁLCULO DE CORTANTES POR TORSIÓN .....	138
8.2.12. CÁLCULO DE CORTANTES DIRECTAS POR MURO .....	139
8.2.13. CÁLCULO DE CORTANTES TOTALES POR MURO .....	140
8.2.14. CÁLCULO DE MOMENTOS PARA CADA MURO .....	141
8.2.15. VERIFICACIÓN MEDIANTE ESFUERZO AXIAL MÁXIMO .....	142
8.2.16. CONTROL DE FISURACIÓN .....	145
8.2.17. CONTROL DE LA DISTORSIÓN.....	147
8.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS.....	148
8.3.1. VIVIENDA CON USO DE LADRILLO H-10 .....	148
8.3.2. VIVIENDA CON USO DE UNIDADES DE SILLAR REDUCIDAS .....	149
8.3.3. COMPARACIÓN .....	149
8.3.4. ALTERNATIVAS .....	150
CAPÍTULO IX: ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	156
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	160
BIBLIOGRAFÍA.....	164
ANEXOS.....	166
PLANOS.....	216

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales. ....	50
Tabla 3.2 Granulometría de la arena gruesa. ....	55
Tabla 3.3 Tipos de mortero. ....	55
Tabla 3.4 Dosificación del mortero tipo P2. ....	56
Tabla 3.5 Dosificación del mortero a usar. ....	56
Tabla 6.1 Comparación de la variación dimensional. ....	83
Tabla 6.2 Comparación del porcentaje de vacíos. ....	86
Tabla 6.3 Comparación de alabeo de unidades. ....	89
Tabla 6.4 Comparación de absorción de unidades. ....	92
Tabla 6.5 Comparación de absorción máxima. ....	95
Tabla 6.6 Comparación de succión entre unidades. ....	98
Tabla 6.7 Comparación de densidades. ....	101
Tabla 6.8 Comparación de resistencia a compresión simple. ....	105
Tabla 6.9 Comparación de resistencia a tracción por flexión. ....	108
Tabla 6.10 Comparación de resistencia a tracción indirecta. ....	111
Tabla 6.11 Clasificación de las unidades. ....	112
Tabla 7.1 Incrementos de $f'm$ y $v'm$ por edad. ....	115
Tabla 7.2 Factores de corrección para $f'm$ . ....	115
Tabla 7.3 Resistencias características de la albañilería (**). ....	116
Tabla 7.4 Comparación de resistencia a compresión de prismas. ....	119
Tabla 7.5 Métodos de cálculo de resistencias. ....	120
Tabla 7.6 Comparación de resistencia a compresión diagonal de muretes. ....	125
Tabla 7.7 Limitaciones de uso de las unidades de albañilería. ....	128
Tabla 8.1 Densidad de muros. ....	132
Tabla 8.2 Resultado de metrado de cargas. ....	134
Tabla 8.3 Resultados del cálculo de cortante. ....	135
Tabla 8.4 Centro de masas de la estructura. ....	136
Tabla 8.5 Centro de rigidez de la estructura. ....	137
Tabla 8.6 Excentricidad en la estructura. ....	138
Tabla 8.7 Momentos torsores totales. ....	138
Tabla 8.8 Resultados de cortantes por torsión. ....	139
Tabla 8.9 Resultado de cortantes directas. ....	139
Tabla 8.10 Cortantes totales. ....	140
Tabla 8.11 Momentos para cada muro. ....	141

Tabla 8.12 Resultados de la verificación por esfuerzo axial máximo: Primer nivel. .....	143
Tabla 8.13 Resultados de la verificación por esfuerzo axial máximo: Segundo nivel.....	143
Tabla 8.14 Resultados de control por fisuración: Primer nivel. ....	146
Tabla 8.15 Resultados de control por fisuración: Segundo nivel.....	146
Tabla 8.16 Desplazamientos relativos y distorsiones por nivel. ....	147
Tabla 8.17 Verificación de cumplimiento de los límites de distorsión.....	148
Tabla A.1 Variabilidad dimensional: Unidad de sillar .....	167
Tabla A.2 Variabilidad dimensional: Ladrillo H-10.....	168
Tabla A.3 Porcentaje de vacíos: Unidad de sillar.....	169
Tabla A.4 Porcentaje de vacíos: Ladrillo H-10.....	169
Tabla A.5 Alabeo: Unidad de sillar.....	170
Tabla A.6 Alabeo: Ladrillo H-10.....	170
Tabla A.7 Ensayo de absorción: Unidad de sillar.....	171
Tabla A.8 Ensayo de absorción: Ladrillo H-10.....	171
Tabla A.9 Absorción máxima: Unidad de sillar.....	172
Tabla A.10 Absorción máxima: Ladrillo H-10.....	172
Tabla A.11 Ensayo de succión: Unidad de sillar. ....	173
Tabla A.12 Ensayo de succión: Ladrillo H-10. ....	173
Tabla A.13 Densidad de unidades: Unidad de sillar.....	174
Tabla A.14 Densidad de unidades: Ladrillo H-10.....	174
Tabla A.15 Ensayo de resistencia a la compresión: Unidad de sillar (1). ....	175
Tabla A.16 Ensayo de resistencia a la compresión: Unidad de sillar (2). ....	176
Tabla A.17 Ensayo de resistencia a la compresión: Ladrillo H-10.....	177
Tabla A.18 Ensayo de resistencia a tracción por flexión: Unidad de sillar.....	178
Tabla A.19 Ensayo de resistencia a tracción por flexión: Ladrillo H-10.....	179
Tabla A.20 Ensayo de resistencia a tracción indirecta: Unidad de sillar.....	180
Tabla A.21 Ensayo de resistencia a tracción por flexión: Ladrillo H-10.....	181
Tabla A.22 Ensayo de resistencia a la compresión axial: Ladrillo H-10. ....	182
Tabla A.23 Ensayo de resistencia a la compresión axial: Unidad de sillar, mortero: 1:4.....	183
Tabla A.24 Ensayo de resistencia a la compresión axial: Unidad de sillar, mortero: 1:1:4.....	183
Tabla A.25 Ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes: Ladrillo H- 10.....	184

---

Tabla A.26 Ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes: Unidad de sillar, mortero: 1:4.....	185
Tabla A.27 Ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes: Unidad de sillar, mortero: 1:1:4.....	185
Tabla A.28 Identificación de muros portantes.....	186
Tabla A.29 Cálculo de cargas: Primer nivel.....	186
Tabla A.30 Cálculo de cargas: Segundo nivel.....	187
Tabla A.31 Cálculo del centro de masa: Primer nivel.....	187
Tabla A.32 Cálculo del centro de masa: Segundo nivel.....	188
Tabla A.33 Cálculo de la rigidez: Primer nivel.....	189
Tabla A.34 Cálculo de la rigidez: Segundo nivel.....	189
Tabla A.35 Cálculo del centro de rigidez: Primer nivel.....	190
Tabla A.36 Cálculo del centro de rigidez: Segundo nivel.....	190
Tabla A.37 Cálculo de excentricidades por nivel.....	191
Tabla A.38 Cálculo de momentos torsores por nivel.....	191
Tabla A.39 Cálculo de cortantes por torsión: Primer nivel.....	192
Tabla A.40 Cálculo de cortantes por torsión: Segundo nivel.....	192
Tabla A.41 Cálculo de cortantes directas: Primer nivel.....	193
Tabla A.42 Cálculo de cortantes directas: Segundo nivel.....	193
Tabla A.43 Cálculo de las cortantes totales: Primer nivel.....	194
Tabla A.44 Cálculo de las cortantes totales: Segundo nivel.....	194
Tabla A.45 Cálculo de los momentos totales por nivel.....	195
Tabla A.46 Cálculo y verificación de muros por esfuerzo axial: Primer nivel.....	195
Tabla A.47 Cálculo y verificación de muros por esfuerzo axial: Segundo nivel.....	196
Tabla A.48 Cálculo y verificación de muros por fisuración: Primer nivel.....	196
Tabla A.49 Cálculo y verificación de muros por fisuración: Segundo nivel.....	197



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Actividad piroclástica y posterior relleno del material en las cuencas.	28
Figura 2.2 Cantera de Añashuayco. ....	32
Figura 2.3 Construcción tipo bóveda dentro del Convento de Santa Catalina.....	33
Figura 2.4 Utilización del sillar en construcción de arcos.....	34
Figura 2.5 Ménsulas de sillar en los balcones de las casonas coloniales. ....	35
Figura 2.6 Daño en construcción tipo arco en la Plaza de Armas de Arequipa a consecuencia del sismo de 2001.....	36
Figura 2.7 Momento del colapso de la torre derecha de la catedral. ....	36
Figura 2.8 Tipo de daños generados por el sismo de 1979 en edificaciones de sillar.....	38
Figura 2.9 Extracción y labrado de bloques de sillar: Añashuayco. ....	42
Figura 2.10 Bloques de sillar de 55x32x20 cm. ....	44
Figura 2.11 Vista de utilización de unidades de albañilería de sillar en muros: Barrio de San Lázaro.....	45
Figura 3.1 Sistema de albañilería armada. ....	52
Figura 3.2 Sistema de albañilería confinada. ....	53
Figura 4.1 Vista en planta de la unidad propuesta. ....	65
Figura 4.2 Vista en isométrico de la unidad propuesta. ....	65
Figura 4.3 Unidad de sillar terminada. ....	68
Figura 5.1 Diseño de prismas de albañilería: Ladrillo H-10.....	71
Figura 5.2 Diseño de muretes de albañilería: Ladrillo H-10. ....	72
Figura 5.3 Diseño de prismas de albañilería: Unidad de sillar. ....	72
Figura 5.4 Diseño de muretes de albañilería: Unidad de sillar. ....	73
Figura 5.5 Prismas de albañilería: Ladrillo H-10. ....	74
Figura 5.6 Muretes de albañilería: Ladrillo H-10. ....	76
Figura 5.7 Prismas de albañilería: Unidad de sillar.....	77
Figura 5.8 Muretes de albañilería: Unidad de sillar.....	79
Figura 6.1 Toma de medidas: Unidad de sillar.....	82
Figura 6.2 Toma de medidas: Ladrillo H-10.....	82
Figura 6.3 Obtención de los contornos de las hendiduras: Ladrillo H-10. ....	85
Figura 6.4 Sección dibujada: Ladrillo H-10. ....	85
Figura 6.5 Ensayo de alabeo: Unidad de sillar.....	88
Figura 6.6 Ensayo de alabeo: Ladrillo H-10.....	88
Figura 6.7 Ensayo de absorción: Secado de muestras en el horno. ....	91

Figura 6.8 Ensayo de absorción: Muestras sumergidas. ....	91
Figura 6.9 Ensayo de absorción máxima: Ebullición de unidades.....	94
Figura 6.10 Ensayo de absorción máxima: Registro de peso. ....	94
Figura 6.11 Ensayo de succión: Unidad de sillar. ....	97
Figura 6.12 Ensayo de succión: Ladrillo H-10.....	97
Figura 6.13 Ensayo de densidad de unidades: Registro del peso de unidades luego de la ebullición. ....	100
Figura 6.14 Ensayo de densidad de unidades: Registro del peso sumergido de unidades.....	100
Figura 6.15 Ensayo de compresión simple: Unidad de sillar.....	104
Figura 6.16 Ensayo de compresión simple: Ladrillo H-10. ....	104
Figura 6.17 Resistencia a la tracción por flexión.....	106
Figura 6.18 Ensayo de tracción por flexión: Unidades de sillar. ....	107
Figura 6.19 Ensayo de tracción por flexión: Ladrillo H-10. ....	108
Figura 6.20 Resistencia a la tracción indirecta.....	109
Figura 6.21 Ensayo de tracción indirecta: Unidades de sillar.....	110
Figura 6.22 Ensayo de tracción indirecta: Ladrillo H-10.....	111
Figura 7.1 Ensayo de resistencia a compresión de prismas: Unidades de sillar. ....	118
Figura 7.2 Ensayo de resistencia a compresión de prismas: Ladrillo H-10. ....	119
Figura 7.3 Ensayo de resistencia a compresión diagonal de muretes: Ladrillo H-10.....	123
Figura 7.4 Ensayo de resistencia a compresión diagonal de muretes: Unidad de sillar.....	123
Figura 7.5 Falla escalonada en murete de unidades de sillar (Mortero 1:4).....	124
Figura 7.6 Falla en murete de unidades de sillar (Mortero 1:1:4).....	124
Figura 8.1 Estructuración de la vivienda. ....	133
Figura 8.2 Hilo diamantado.....	152
Figura 8.3 Apertura de la trinchera utilizando los equipos de hilo diamantado...	153
Figura 8.4 Modelo de corte paralelo una vez perforado el barreno horizontal....	154
Figura 8.5 Ejemplo de corte horizontal con hilo diamantado.....	154
Figura 8.6 Máquina de corte por hilo diamantado en cantera. ....	155
Figura 8.7 Equipo de hilo de corte con hilo diamantado con más de 02 poleas.	155

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 6.1 Ensayo de porcentaje de vacíos. ....	86
Gráfico 6.2 Ensayo de absorción.....	92
Gráfico 6.3 Ensayo de absorción máxima. ....	95
Gráfico 6.4 Ensayo de succión. ....	98
Gráfico 6.5 Ensayo de densidad de unidades. ....	101
Gráfico 6.6 Ensayo de resistencia a compresión simple.....	105
Gráfico 6.7 Ensayo de resistencia a tracción por flexión.....	108
Gráfico 6.8 Ensayo de resistencia a tracción indirecta.....	111
Gráfico 7.1 Ensayo de resistencia a la compresión de prismas. ....	119
Gráfico 7.2 Ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes. ....	125

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

#### **1.1. PROBLEMA**

##### **1.1.1. FUNDAMENTACIÓN**

La utilización del sillar es común en el área de Arequipa, en especial en la etapa primaria de construcción de viviendas en las zonas de los alrededores de la misma (nuevos asentamientos humanos).

La problemática parte de que en la actualidad no se ha determinado un estudio del comportamiento de unidades de sillar con dimensiones menores a las que se usan hoy en día a comparación de las unidades de arcilla calcinada usadas comúnmente, las cuales se rigen bajo los parámetros establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

El proyecto surgió con la necesidad de poder determinar mediante una investigación si el comportamiento de unidades de sillar

---

con dimensiones similares a las de la albañilería tradicional es óptimo para la utilización de las mismas en sistemas de albañilería a ser usada en viviendas unifamiliares de máximo 02 niveles.

### **1.1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Carencia de un análisis comparativo de unidades de sillar reducidas frente a unidades de arcilla calcinada, a fin de determinar si el uso de las unidades de sillar (reducidas) es seguro y óptimo para su utilización en sistemas de albañilería en viviendas unifamiliares.

### **1.1.3. JUSTIFICACIÓN**

La importancia de esta investigación está ligada a que en la actualidad las unidades de sillar utilizadas para construcciones son de dimensiones relativamente de mayor tamaño (55 x 30 x 20 cm) frente a las utilizadas comúnmente (unidades de arcilla de 24 x 14 x 10 cm), lo cual dificulta en parte el manejo de las mismas y el transporte. Además, no existen datos propuestos a cerca de la utilización de una unidad de sillar reducida para albañilería.

Cabe mencionar también que la gran cantidad de materia prima que tenemos en Arequipa en la zona de Añashuayco, se presenta como alternativa para la explotación industrial de esta piedra volcánica; empleando energía limpia que no genere contaminación, como en el caso del quemado de unidades de arcilla.

Además, queremos contribuir la propuesta de una unidad de sillar cuyas dimensiones sean similares a las de arcilla usadas actualmente; puesto que estas no están normadas o estipuladas según reglamento de manera que puedan trabajar óptimamente en albañilería.

#### **1.1.4. LIMITACIONES Y RESTRICCIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

- Falta en la actualidad en el Perú normativa para el uso de unidades de material pétreo, la cual determine parámetros para los ensayos y cálculo estructural del uso de las mismas en sistemas de albañilería estructural. A causa de esto el análisis comparativo se llevó a cabo bajo los regimientos de la actual Norma E.070-Albañilería que rige en el país hasta el momento.
- El análisis se realizó solamente para el uso de unidades en viviendas unifamiliares de 02 pisos máximo.
- En la actualidad, no se elaboran unidades de sillar de menores dimensiones a las de 55 x 30 x 20 cm.

#### **1.1.5. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

- La presente tesis abarca el tema de la utilización del sillar explotado de la quebrada denominada Añashuayco, como unidad de albañilería en la construcción.
- Análisis comparativo del comportamiento y uso de las unidades en viviendas unifamiliares de máximo 02 niveles.
- Determinación de una unidad óptima con dimensiones reducidas a las utilizadas en la actualidad.
- Uso de una unidad que no genere contaminación ambiental (como en el caso del quemado para las unidades de arcilla calcinada), cuya extracción y modelamiento se realiza con energía limpia – no contaminante.

## **1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar comparativamente unidades de albañilería de sillar y arcilla calcinada para el uso en la construcción de viviendas de 02 niveles, de acuerdo a los requisitos de la norma E-070 Albañilería.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir las dimensiones adecuadas para la unidad de sillar, que permitan su óptimo funcionamiento, según lo requerido por la Norma Técnica E-070 - Albañilería.
- Medir las propiedades mecánicas y físicas de la unidad de sillar definida, mediante la realización de los ensayos de compresión ( $f'_b$ ), absorción, alabeo y muestreo.
- Medir la resistencia a la compresión a las pilas ( $f'_m$ ) y compresión diagonal ( $V'_m$ ) de muretes conformados por la unidad de sillar, de conformidad con las normas E 070, NTP 399.613 y NTP 339.604.
- Analizar comparativamente las propiedades mecánicas y físicas de la unidad de sillar propuesta y la unidad de arcilla (mecanizada) usadas generalmente, de acuerdo a la Norma Técnica E-070 Albañilería.
- Analizar comparativamente la variable costos (insumos y mano de obra) de la unidad de sillar propuesta y la unidad de arcilla (mecanizada) usadas generalmente.

### **1.3. HIPÓTESIS**

- Los resultados obtenidos en referencia a resistencias y comportamiento de unidades de sillar, se asemejan a los del uso de unidades de arcilla calcinada.
- La unidad de sillar propuesta está dentro de los parámetros establecidos según la norma para la utilización de la misma en diseño de viviendas unifamiliares.
- El uso de la cal en el mortero de asentado ayudará a reducir el secado de la mezcla a causa de la absorción de la unidad, permitiéndole garantizar que obtenga la resistencia adecuada.

### **1.4. VARIABLES**

#### **1.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Analizar el comportamiento de unidades de sillar reducidas frente al comportamiento de unidades de arcilla calcinada.

#### **1.4.2. VARIABLES DEPENDIENTES**

- Proponer una unidad de sillar con dimensiones reducidas a manera que funcione óptimamente en el sistema de albañilería estructural de viviendas unifamiliares.



## **CAPÍTULO II**

### **EI SILLAR COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN**

#### **2.1. GENERALIDADES**

El sillar es uno de los materiales de origen mineral más abundantes en la región Arequipa, debido a la alta actividad volcánica ocurrida en dicha zona anteriormente tal como constan en los antecedentes históricos.

El uso del sillar para construcciones en Arequipa datan desde antes de la colonización del Perú por parte de España, pero al llegar los colonizadores intentaron prohibir el uso de este material a manera de imponer sus técnicas constructivas a base de adobe, no fue hasta después del terremoto del año 1582 que los albañiles españoles se vieron con grandes dificultades para reconstruir la ciudad y optaron por el uso del sillar para el uso de las construcciones, adaptándolo al estilo barroco acostumbrado de la época. Los muros de sillar de las edificaciones que aún se mantienen en pie tienen anchos entre los 50 y 90 centímetros, llegando, en algunos casos, a superar los 120 centímetros en el caso de algunas iglesias.

---

En la actualidad, este material viene siendo utilizado como unidad de albañilería, en su mayoría para la construcción de cercos o como primera etapa en levantamiento de viviendas unifamiliares en el caso de invasiones, como claro ejemplo se puede observar las zonas que conforman los alrededores de la ciudad (Sector denominado Cono Norte). La utilización masiva de dicho material en una parte específica de la ciudad es a consecuencia de la cercanía de la quebrada de Añashuayco ubicada al noroeste de Arequipa en la cual podemos encontrar un yacimiento de sillar blanco de aproximadamente 18 km de longitud, el más usado por su facilidad de corte.

## **2.2. EL SILLAR**

### **2.2.1. ORIGEN Y FORMACIÓN DEL SILLAR**

William F. Jenks (1945) afirma que la formación del sillar se debió a causa de una erupción volcánica ocurrida hace aproximadamente 800 000 años mediante las fisuras ubicadas en la zona del Chachani. Resultado de esta gran erupción la lava con una gran carga de gas fue empujada por las faldas de dicho volcán con una violencia impresionante que hizo que el material silícico se fraccionara en pequeños fragmentos.

Dicho gas ya cargado de finas partículas se mantuvo en forma de masa móvil por la superficie del suelo y a consecuencia de las altas temperaturas que presentaban se expandió a gran velocidad a través del territorio que hoy ocupa Arequipa y parte de Yura llenando de esa manera todas las depresiones posibles que encontraba a su paso hasta el punto de detenerse al pie de las barreras formadas por la cadena de “La Caldera” y las montañas situadas al Noroeste del río Yura debido al gran peso que presentaba; dejando en toda esta zona un manto de material parecido al de la ceniza y las partículas

rocosas se asentaron y comenzaron a consolidarse dando paso a la formación del sillar.

Al producirse la fisura o las fisuras por donde fue lanzada esta masa de lava cargada de gas, los bordes de esta fisura (bordes andesíticos) se destrozaron y sus residuos fueron asimilados por la nube ardiente. Así pues, al no tener ya la suficiente temperatura para fundirlos, la nube los transportó en ese estado e incorporó a su masa. Así es como pasaron a formar parte de la masa de sillar.

Cabe mencionar que luego de la gran erupción ocurrida le sucedieron a estas varias erupciones con el mismo final: el recubrimiento de la zona de la llanura y al finalizar, la actividad volcánica dejó como resultado una capa de 250 m de espesor de sillar (Jenks, 1945).

A diferencia de lo propuesto por Jenks, Clarence N. Femer explica que la masa expulsada puede haber sido expulsado a manera de rebalsamiento por los orificios de la corteza terrestre y no por las fisuras volcánicas del Chachani como afirma Jenks; dicha masa contenía partículas disgregadas por la acción de los gases liberados, esta masa se desplazó consecuentemente como un derrame incandescente.

Femer explica que una de las características más notorias en el sillar es la forma heterogénea en la mezcla de los componentes como fragmentos de vidrio piedra pómez y parte de lava con alta densidad. De la misma manera hace la diferencia del sillar de acuerdo a la época glaciario, llamándolos sillares antiguos o pre glaciares y sillares recientes (Femer).

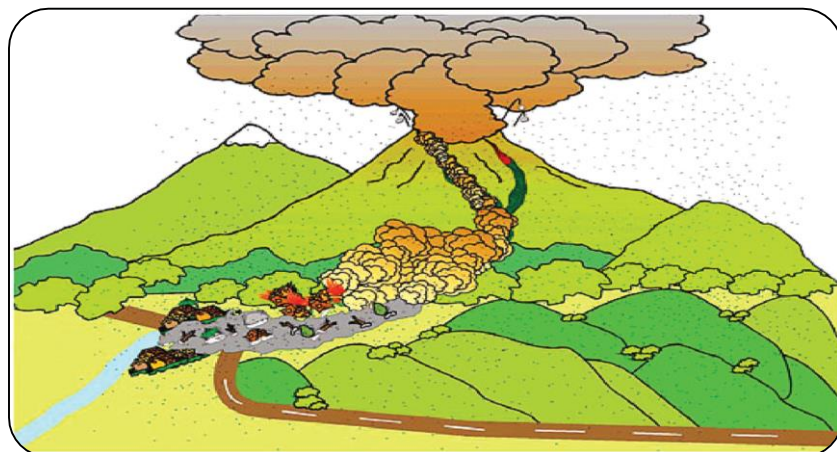
Algo muy recalcante de mencionar es a cerca de la composición del sillar, dado que en este predomina la presencia de

material muy silíceo (una riolita); en cambio el material resultante de las posteriores erupciones de los volcanes de Arequipa presenta y predominan enormemente las andesitas.

En síntesis, se puede decir que el sillar es una roca ignimbrita dentro de la calificación de efusiva, dado que luego del derramamiento sobre la superficie terrestre ha tenido un proceso de enfriamiento rápido.

Posteriormente, se realizaron estudios que demostraron que las rocas ignimbritas de la zona son a consecuencia de erupciones expulsadas de la caldera del Chachani y mediante imágenes Landsat en vistas verticales y observaciones laterales de imágenes de radar ERS pudo ser identificada su pertenencia a dicha caldera la cual tuvo su formación el Plioceno Superior, la cual a raíz de una erupción arrojó las ignimbritas de Arequipa. Seguidamente una serie de estrato-volcanes andesíticos se emplazaron interiormente y en los bordes de la caldera como el Misti (García, Chorowicz, & Legros, 1997)

**Figura 2.1 Actividad piroclástica y posterior relleno del material en las cuencas**



**Fuente: Entidades del geosistema de las canteras de sillar de Añashuayco, en Arequipa (Revista: Espacio y desarrollo, 2007).**

## **2.2.2. COMPOSICIÓN DEL SILLAR**

La composición del sillar es muy similar a la que presenta una riolita, de la misma manera se han identificado diferentes elementos químicos tales como el litio, rubidio y estroncio. Consta de la presencia esencial de feldespato potásico, oligoclasa, cuarzo, vidrio, biótica y óxido de hierro, los cuales están distribuidos de una manera irregular.

En su mayoría, las materias principales son piedra pómez, andesitas y escorias. Las inclusiones de andesitas son generalmente redondeadas y angulares.

Según el estudio realizado por la Universidad Nacional de Ingeniería el año 1966, se determinaron los siguientes resultados (Carrauri & Zorrilla, 1966):

### **Estudio Macroscópico:**

- Color blanquísimo.
- Estado ligeramente intemperada.
- Grano fino.
- Textura vitro fragmental.
- Minerales plagioclasas, biotita, vidrio volcánico.

### **Estudio Microscópico:**

<b>Mineral</b>	<b>Observaciones</b>
Plagioclasas (Na Si 03)	En cristales fragmentados y frescos, parece corresponder a una variedad ácida. La cristalización de los individuos es incompleta.

Biotita (Si O3 (OH) Fe)	En pajillas sueltas, así como en fragmentos de cristales.
Vidrio volcánico (Si O2)	Constituye toda la matriz donde se asocian íntimamente.
Esquirra	Conforman parte de la matriz, son abundantes.
Material Devitrificado (Si O2) despóticos.	Constituido por esferulitos posiblemente.
Trozos líticos (Na Si O3)	De naturaleza volcánica de texturas variadas.

Otros datos, estudios y ensayos realizados arrojan las siguientes propiedades químicas y físicas del sillar blanco (Proy. Desarrollo Inclusivo de la Ruta del Sillar, 2014)

### ***Propiedades Físicas (Sillar blanco)***

- Textura: Porosa y absorbente de líquidos y soluciones salinas.
- Presencia de fractura terrosa.
- Color: se presenta en colores blanco, rosado y crema.
- Resistencia al calor.
- Peso específico de masas: 1.65 gr/cm<sup>3</sup>
- Peso específico de masa superficial: 1.65 gr/cm<sup>3</sup>
- Peso Específico aparente: 2.05 gr/cm<sup>3</sup>
- Mal conductor de temperatura.
- Material permeable.
- Velocidad de penetración de agua es de 5.40 ml/min.

### **Propiedades Químicas (Sillar blanco)**

- Brillo: opaco.
- Peso específico: 1.26 gr/cm<sup>3</sup>
- Absorción: 30.5 %.
- Capilaridad promedio: 33.80 %.

### **2.2.3. YACIMIENTOS DE SILLAR EN AREQUIPA**

Dentro de Arequipa podemos encontrar los siguientes yacimientos de sillar:

- La Pampa, situada al Norte de Miraflores, sillar blanco de mala calidad (pesado y poco resistente a la compresión), gran eflorescencia, lo que malogra los tarrajeos de yeso, es el de mayor uso en las antiguas construcciones de Arequipa.
- Pampa Chica, cerca de la anterior, sillar duro, es el que se ha utilizado en el Puente Bolognesi, presenta dificultad para su extracción y por eso que actualmente está abandonado. Es un sillar amarillento.
- Añashuayco, en el Noroeste de Arequipa, tiene el aspecto de una gran muralla, en una longitud de 18 km aproximadamente, y es de fácil corte. Aquí podemos encontrar sillar blanco.
- Los Quicos, corre paralela a la quebrada de Añashuayco.
- Yura, Quishuarani y Añashuayco, proporcionan el sillar rosado. De estas variedades de sillar, los más cotizados son: el sillar blanco y el sillar rosado (Lara Galindo, 1988).

**Figura 2.2** *Cantera de Añashuayco*



*Fuente: CIED Arequipa.*

## **2.3. UTILIZACIÓN DEL SILLAR COMO UNIDAD DE MAMPOSTERÍA EN CONSTRUCCIÓN**

### **2.3.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

#### **A. PRIMERAS CONSTRUCCIONES DE SILLAR**

Se tienen indicios que la utilización del sillar como material de construcción data de tiempos prehistóricos tal y como lo comprueba el centro arqueológico Pampa la estrella en el distrito de Uchumayo y la ciudadela de sillar de Mallorca ubicado en el valle de Pachana en Chuquibamba.

La arquitectura de la Arequipa de antaño respondió también a las condiciones telúricas del suelo, rodeado de volcanes y cumbres nevadas. Los muros de sillería de las edificaciones tienen anchos entre los 50 y 90 centímetros, llegando, en algunos casos, a superar los 120 centímetros en el caso de algunas iglesias.



La técnica constructiva original implementada en la época de la colonia incluía el uso de morteros especiales a los que se solía agregar claras de huevo, con la finalidad de incrementar las capacidades de adherencia de las unidades de sillares, los que se utilizaron tanto en muros como en techos, estos últimos con forma de bóvedas de cañón, sobre las cuales se efectuaron rellenos de carga muerta aligerada, para dar las pendientes necesarias para facilitar la evacuación de las aguas de lluvia, así como para contar con el peso necesario para mantener las bóvedas bajo suficiente presión externa.

**Figura 2.3 Construcción tipo bóveda dentro del Convento de Santa Catalina**



**Fuente: Wikipedia.**

De igual manera, los arcos y las gradas de las edificaciones fueron hechos también con sillar, demostrando que su uso era muy variado, inclusive en algunos patios se puede apreciar el sillar como parte del piso acabado, mezclado con piedras de río, a manera de tablero de ajedrez.

**Figura 2.4 Utilización del sillar en construcción de arcos**



**Fuente: Página web del Monasterio de Santa Catalina ([santacatalina.org](http://santacatalina.org)).**

Una de las grandes y más notorias construcciones a base de sillar es la Catedral de Arequipa, de estilo neoclásico en sus fachadas, utiliza el mismo tamaño de bloques que la primera pero mantiene unas torres esbeltas y altas, no habiendo correspondencias materiales en estas piezas verticales, las que han sido reconstruidas en varias ocasiones después de cada terremoto importante.

José Muñoz Calderón afirma que con la llegada de nuevos sistemas constructivos que tienen un comportamiento antisísmico notable, como el hormigón armado y los muros confinados de ladrillo, además de la primera, aunque corta, puesta en escena de la arquitectura moderna en Arequipa; el sillar pasa a ser un material expresivamente valorado pero estructuralmente postergado por otros materiales más eficientes; sumado a algunos factores de costos y de transporte ve su uso muy disminuido en obras que cada vez incluyen menos sillar. No obstante, en algunos ejemplos de arquitectura moderna y del estilo neocolonial se inician algunas exploraciones materiales del sillar como recubrimiento que en la mayoría de casos se manifiestan como analogías metafóricas e

historicistas que buscan replicar expresiones de las construcciones coloniales y republicanas.

**Figura 2.5 Ménsulas de sillar en los balcones de las casonas coloniales**



*Fuente: AECI Arequipa.*

## **B. SISMICIDAD EN AREQUIPA Y EFECTOS DE ESTA EN LAS EDIFICACIONES DE SILLAR**

Según datos históricos, el uso del sillar en la ciudad de Arequipa se masificó luego del terremoto de 1582, en el cual las construcciones de la época sufrieron grandes daños quedando la ciudad casi en su totalidad destruida, a raíz de esto los albañiles de la época optaron por la utilización de un material que resistiera más a los movimientos telúricos presentando como buena opción la utilización de bloques de sillar para la construcción de vivienda, iglesias, monasterios, palacios, etc.

De esta manera, Arequipa soportó a lo largo del tiempo varios sismos de magnitud considerable siendo el último registrado el día 23 de junio de 2001 cuya magnitud fue de  $M_w = 8.4$ , sismo en el cual resultaron dañadas varias construcciones coloniales a base de sillar, claro ejemplo tenemos el desplome

de una de las torres de la catedral, el interior de la misma y un daño en el diseño del arco izquierdo.

**Figura 2.6 Daño en construcción tipo arco en la Plaza de Armas de Arequipa a consecuencia del sismo de 2001**



**Fuente: Fotografía, Eduardo Fierro (CIP).**

**Figura 2.7 Momento del colapso de la torre derecha de la catedral**



**Fuente: Efectos del sismo del 23 de junio del año 2001 en la zona sur del Perú, Antonio Blanco Blasco.**

Pero este no fue el único sismo que causó estragos en la ciudad de Arequipa, en el II congreso de Ingeniería Civil en Cuzco, 1980, se expuso el tema a cerca de los efectos del sismo

del 16 de febrero de 1970 en las edificaciones de sillar en Arequipa (San Bartolomé & Bariola, 1980).

El sismo fue registrado a las 5 horas 9 minutos y 14 segundos, hora local y con una duración del movimiento significativo de 45 segundos. La intensidad máxima alcanzó el grado VII en la ciudad de Camaná en la escala MSK debido a condiciones especiales del suelo que favorecieron la ampliación local de la intensidad.

En la zona céntrica de la ciudad de Arequipa la mayoría de las edificaciones son de sillar, algunas datan del siglo XVI.

En algunos casos, se realizaron reparaciones introduciendo adecuadamente elementos de concreto armado (Convento de Santa Rosa, Iglesia de San Pedro); en otros casos, se trató de reparaciones consistentes en el simple resane de rajaduras.

Las edificaciones de sillar son generalmente de uno a dos pisos, el sistema de techado en algunos casos es en base a bóvedas del mismo sillar o entablado de madera; otra forma muy común consiste en rieles y bloques de sillar colocados de manera semejante a un techo aligerado.

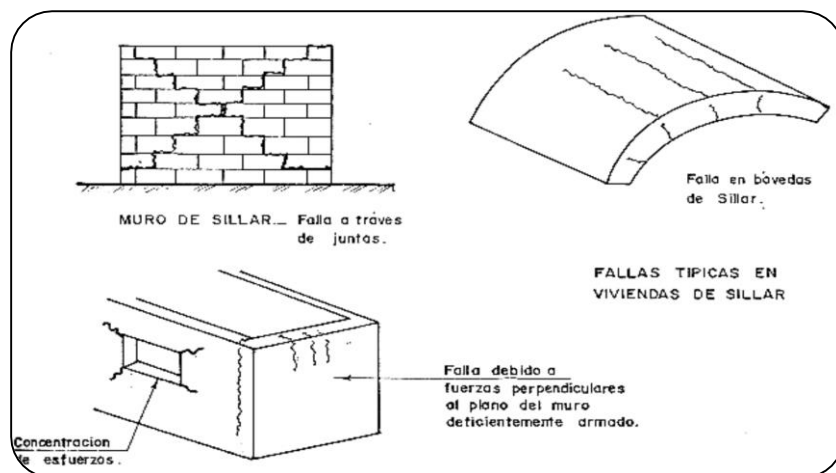
En la construcción rústica se utiliza techos de calamina. Para el asentado de los bloques de sillar se usa morteros de cemento en la zona urbana. En zonas rurales y pueblos jóvenes se usa pirca de sillar con morteros de barro o inclusive acomodado sin mortero. Solo en contados casos, las construcciones de sillar poseen elementos de confinamiento.

El comportamiento de las estructuras de sillar se asemeja al de la mampostería de ladrillo no confinado, se presentan fisuras en las esquinas (encuentro de muros), rajaduras por tracción diagonal en muros y demás fisuración de las bóvedas. La falla escalonada en los muros se presenta a través de las juntas, el mortero se debilita con el tiempo al estar en contacto con el sillar.

En las bóvedas, las rajaduras se presentan en la parte superior debido a que en esta zona las compresiones son mínimas, pudiendo desaparecer por efecto de la vibración. Asimismo, un mínimo desplazamiento relativo entre los muros de soporte hace que se desprendan los bloques en la bóveda y pueda sobrevenir el colapso por inestabilidad.

Otra falla típica es la caída de muros o parapetos que carecen de resistencia en dirección perpendicular a su plano, tal es el caso de los muros de fachada no amarrados convenientemente al resto de la estructura.

**Figura 2.8 Tipo de daños generados por el sismo de 1979 en edificaciones de sillar**



**Fuente: II Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 1980.**

### **2.3.2. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS**

En la ciudad de Arequipa, se observan mayormente 3 sistemas constructivos de muros utilizando el sillar: albañilería no reforzada, albañilería confinada y albañilería de bloques de sillar apilados, sin mortero de junta, éste último se da mayormente en los pueblos jóvenes, como una primera etapa constructiva, hasta que consiguen el dinero suficiente para asentarlos.

En las edificaciones antiguas de sillar, se observa que se usó el mortero cal-arena para el asentado de los bloques, sin ningún refuerzo metálico que le proporcione ductilidad al conjunto; en las edificaciones que se levantan actualmente, se está utilizando el mortero cemento-arena y esto posiblemente influenciado por la tecnología del ladrillo de arcilla.

Los espesores de muros son variables, dependiendo de la altura de los mismos. En las edificaciones recientes, tanto en las urbanizaciones residenciales como en pueblos jóvenes ya consolidados, se observa el uso de columnas y vigas de confinamiento, semejante a la albañilería con ladrillo de arcilla confinada. Los bloques de sillar en este caso son asentados con mortero cemento-arena y colocados de canto dando espesores de muro de 20 cm.

Tanto las juntas exteriores como interiores son solaqueadas. Las edificaciones que siguen este sistema constructivo, mayormente son de uno de dos pisos.

Los entresijos y techos de las edificaciones antiguas están constituidas por bloques de sillar, colocados formando superficies curvas como cúpulas, arcos, medios cilindros, etc. o combinaciones de ellas, con la finalidad de hacer trabajar al sillar a la compresión.

De esta forma se lograba techar grandes luces como se observa en las bóvedas de las iglesias. En los entresijos, la superficie horizontal y plana se conseguía mediante rellenos.

El empuje horizontal hacia afuera, que producen techados en curva, se contrarresta mediante el uso de contrafuertes. Los entresijos y techos de edificaciones modernas de sillar son de aligerado convencional.

En cuanto al uso del sillar en elementos estructurales, podemos decir que esta piedra tiene una capacidad resistente a la compresión bastante cercana a la de un ladrillo de arcilla tipo II. Esta característica es la que permite utilizarlo en albañilería portante y en techados de forma curva donde mayormente trabaja a la compresión. Su uso también proliferó en épocas pasadas, en las construcciones de pilares de puentes (Grau y Bolognesi en Arequipa) y de edificaciones altas.

Una de las características arquitectónicas del sillar es que su color blanco o rosado, le proporciona a las edificaciones una apariencia muy bella, lo que ha sido y es explotado muy hábilmente por los arquitectos y constructores en Arequipa. Así también, siendo el sillar una piedra relativamente blanda, lo que facilita su tallado en cualquier forma, ha permitido dar a las fachadas de una serie de edificios arequipeños, apariencias barrocas o churriguerescas.

De otro lado, las instalaciones eléctricas y sanitarias en edificaciones de sillar, son convencionales, con tuberías empotradas o vistas. Para el empotramiento normalmente se procede al picado de los muros y luego de colocada la tubería, al relleno correspondiente.



El mayor deterioro que se nota en el sillar de los muros, es por humedecido y secado, este deterioro es mayor cuando contiene sales solubles. Como el porcentaje de absorción del sillar es alto, su uso en climas húmedos no es nada recomendable.

Otro deterioro que se observa en las capas de pintura látex es el fácil desprendimiento de la superficie de sillar. Es por esta razón que mayormente se recurre a la aplicación de pintura a base de cal.

Las vibraciones sísmicas han producido y producen la separación de los boques de sillar y el derrumbe correspondiente. Es raro observar que haya fallado el bloque por tracción diagonal, lo común es la falla del mortero de asiento por falta de adhesividad del mortero.

### **2.3.3. EXTRACCIÓN DEL SILLAR**

Según F. Arredondo *“Hay varias consideraciones que hacer antes del establecimiento de una cantera. En primer lugar hay que excavar la menor cantidad posible de materiales inútil. Ocurre a veces que sólo interesa obtener bloques de determinadas dimensiones, y entonces, como todos los fragmentos más pequeños son puro desperdicio, se debe disponer una zona de ataque en la cantera y unos procedimientos de explotación que produzcan la menor cantidad posible de dichos tamaños. Por otra parte, es frecuente que la parte superior del macizo a explotar, llamada montera, esté constituida por terreno de aluvión o tierra vegetal que hay que eliminar antes de comenzar la explotación definitiva”* (Arredondo, 1967).

Las canteras de sillar de Arequipa son explotadas a cielo abierto en forma muy rudimentaria para lo cual se procede a eliminar el estrato superficial de arena y tierra que cubre el sillar.

Según William Jenks (1945) el espesor del estrato de sillar en la quebrada de Añashuayco tiene un máximo de 250 m mostrándose a simple vista grandes murallones de más o menos 25 m, ya que se ha abierto una gran brecha, a lo largo de la cual se encuentran una extraordinaria cantidad de pequeños fragmentos (Jenks, 1945).

De todas las canteras ya mencionadas, Añashuayco es considerado como una de las que posee el mejor sillar; está ubicada en la quebrada del mismo nombre, a unos 5 km del centro de la ciudad y se explota sillar blanco y rosado, la cantera cuenta con vías de acceso carrozables que permiten el ingreso de camiones hasta las mismas canteras. Como generalmente estas vías son angostas y de fuerte pendiente, solo camiones de bajo tonelaje pueden ingresar, los que transportan en cada viaje media tarea (100 piezas de sillar).

Los obreros que trabajan el sillar proceden a derrumbar a los murallones ("PILCOS"), que son grandes bloques de sillar, los que posteriormente, ya en el fondo de la quebrada, son partidos en bloque medianos y estos finalmente partidos en bloques, en forma de paralelepípedos, listos para su venta.

**Figura 2.9 Extracción y labrado de bloques de sillar: Añashuayco**



**Fuente: Andina (andina.com.pe).**

El sillar en los murallones se encuentra constituyendo grandes bloques verticales (PILCOS). La explotación se inicia con el derrumbe de estos grandes bloques trabajándose de arriba hacia abajo y utilizando barretones de 1 1/4" y 50 cm de largo con puntas planas para palanquear y volcar los bloques y, en algunos casos, pólvora para el removido previo. El trabajo de volado de los bloques por el peligro que acarrea, obliga a los canteros a trabajar amarrados con sogas.

Para el moldeo de los bloques volcados al pie de los murallones, en bloques más pequeños, se utilizan:

- Cuñas de 1" y 20 cm de largo de punta plana.
- Lampas.
- Barreta chuso.
- Platinas (muelles de camión).
- Barretas de 1 1/4" de punta y pala de 1.50 m de largo.
- Combas de 12 lb. de peso y en algunos casos combas de 16 lb.
- Estiércol de burro, caballo o ganado vacuno.

Para el moldeo de un bloque se sigue el siguiente procedimiento:

- a) Con la punta de la barreta se hace una perforación de aproximadamente 2" de profundidad.
- b) Se rellena la perforación con el estiércol.
- c) Se introduce la cuña en la perforación con la punta colocada en la dirección que se desea partir el bloque.
- d) Se aplica un golpe fuerte en la cuña metálica con la comba, consiguiéndose de esta forma partir el bloque en la dirección deseada.

La barreta chuso y las platinas son utilizadas para levantar y voltear los bloques. El cantero procede con la operación de partido hasta lograr un tamaño apropiado, formado el paralelepípedo a golpe de comba y, con la pala de la barreta, uniformiza las superficies.

El uso del estiércol tiene por finalidad ajustar la cuña en la perforación, de lo contrario este pulveriza localmente el sillar sin presión, también se corre el peligro de que se ajuste en el taladro, siendo muy difícil su extracción.

**Figura 2.10 Bloques de sillar de 55x32x20 cm**



**Fuente: Página web, Divagaciones y Arquitectura**  
**([divagarquitectura.blogspot.pe](http://divagarquitectura.blogspot.pe)).**

#### **2.3.4. UNIDADES DE SILLAR**

Normalmente los bloques de sillar para la construcción, se preparan en forma de paralelepípedos de grandes dimensiones, pero posibles de ser manipulados por un solo hombre.

Las superficies de estos paralelepípedos tal como salen de la cantera son bastante irregulares, ya que son conformados en forma bastante burda con la comba y la pala de la barreta. El albañil en obra se ve obligado a tener que refinarlas antes de su asentado.

**Figura 2.11 Vista de utilización de unidades de albañilería de sillar en muros: Barrio de San Lázaro**



*Fuente: [arquitectperu.blogspot.pe](http://arquitectperu.blogspot.pe)*

Se distingue 2 tipos de bloques de sillar, según su calidad:

- a) Tipo tabique
- b) Tipo ripio

El tipo tabique es el que tiene buena configuración y es empleado en la construcción de edificaciones, se preparan en dos dimensiones:

- Bloque corriente 20 x 32 x 55 cm.
- Bloque especial 20 x 25 x 60 cm.

El tipo ripio es el bloque irregular y que no tiene la forma de un paralelepípedo o que no tiene la dimensión pre-establecida.

Este tipo de bloques es empleado normalmente en la construcción de cercos en las chacras.

El bloque especial a pesar de tener un volumen menor que el bloque corriente, su costo es mayor debido a su menor sección que obliga al cantero a tener cuidado en su tallado.

En la actualidad, el sillar es comercializado mediante tareas; cada tarea consta de 200 bloques de sillar con las dimensiones anteriormente mencionadas. Su uso se viene incrementando debido a las nuevas poblaciones que se establecen a las afueras de Arequipa Metropolitana, quienes utilizan el material como unidades de albañilería para la construcción de viviendas.

En esta tesis se opta por proponer una unidad de albañilería de sillar de dimensiones similares a los de las unidades de arcilla calcinada usadas actualmente, así ofrecer un mejor manejo de las unidades al momento de construir. De la misma manera, realizamos el análisis de diferentes muestras (pilas) utilizando variadas dosificaciones de mezcla para el mortero a fin de identificar cuál de las opciones presentadas funciona mejor para su uso en viviendas unifamiliares.

## **CAPÍTULO III**

### **UNIDADES DE ALBAÑILERÍA Y CLASIFICACIÓN SEGÚN NORMA**

#### **3.1. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA**

##### **3.1.1. DEFINICIÓN**

Según la Norma Técnica E.070 – Albañilería, se denomina como unidad de albañilería a los ladrillos y bloques de arcilla cocida de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca o tubular.

Ladrillo es denominada 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 (Norma Técnica E.070, 2006).

Las unidades podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.

---

### **3.1.2. TIPOS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**

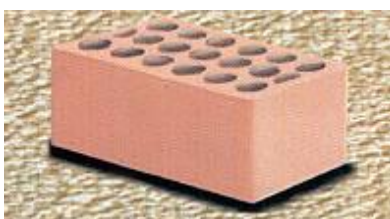
Unidad de Albañilería. Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Pueden ser sólida, hueca, alveolar y/o tubular.

#### **A. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA SÓLIDA (O MACIZA)**

Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

Macizos corrientes: se emplean para toda clase de muros. En el mercado los hay de varias dimensiones, como se verá más adelante.

Ladrillón: denominado también bomba, king-kong, etc. empleado en muros portantes, en aquellos que van a soportar cargas apreciables.

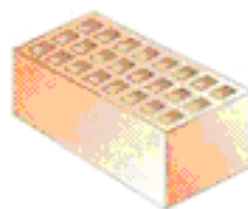


#### **B. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA HUECA**

Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.



Utilizados para muros en pisos altos, a fin de disminuir los pesos; usados también en los techos de concreto armado del tipo llamado techo aligerado.

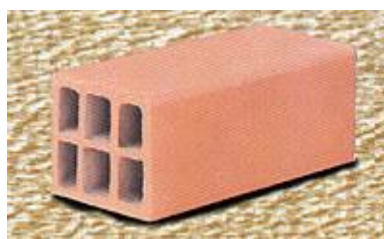


### **C. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ALVEOLAR**

Unidad de albañilería sólida o hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados.

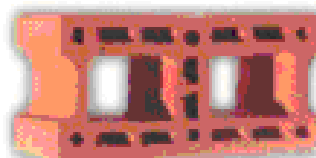
### **D. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA TUBULAR (O PANDERETA)**

Unidad de albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento, empleados para aligerar el peso de los muros.



### E. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA APILABLE

Es la unidad de albañilería alveolar que se asienta sin mortero



### F. PASTEROS

Usados como revestimiento, o para impermeabilizar azoteos, y para pisos rústicos y de poco tráfico.

### 3.1.3. CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES SEGÚN NORMAS

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 3.1 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)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

Fuente: Norma Técnica E.070, 2006.

## **3.2. PROPIEDADES DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**

### **3.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS**

Entre las propiedades físicas de las unidades de arcilla podemos mencionar las siguientes:

- Sin materias extrañas.
- De color uniforme.
- Sin resquebrajaduras o grietas.
- Debe tener sonido metálico al golpearlo.
- Variabilidad dimensional.

### **3.2.2. PROPIEDADES MECÁNICAS**

La resistencia de los ladrillos es siempre mucho mayor que la de los morteros con los cuales se les asienta.

La resistencia a la compresión es mayor a 15 kg/cm<sup>2</sup>, la cual puede llegar al doble en los ladrillos macizos prensados, y bien quemados.

Un coeficiente de trabajo para albañilería de ladrillos muy aceptado entre nosotros, es el de 10 kg/cm<sup>2</sup>.

La densidad de los ladrillos varía entre 1.6 a 2.5; generalmente se prescribe densidad 2.0 para ladrillos que se van a usar en buena albañilería. La densidad del polvo de ladrillo varía entre 2.5 a 2.9.

### **3.3. ALBAÑILERÍA**

#### **3.3.1. DEFINICIÓN**

La Norma Técnica E.070, define a la albañería como un material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

#### **3.3.2. CLASIFICACIÓN DE ALBAÑILERÍA (TIPOS)**

##### **A. 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.

**Figura 3.1 Sistema de albañilería armada**

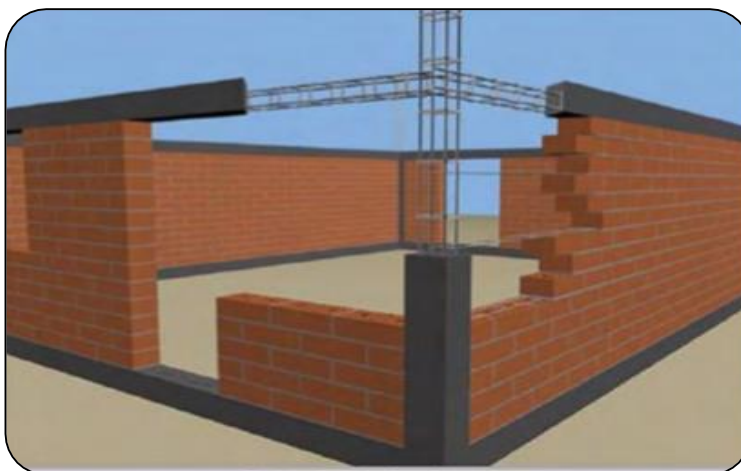


**Fuente: chilecubica.com**

## **B. 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.

**Figura 3.2 Sistema de albañilería confinada**



*Fuente: Foro ConstruAprende (construaprende.com).*

## **C. ALBAÑILERÍA NO REFORZADA**

Albañilería sin refuerzo (albañilería simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de la Norma E.070.

## **D. ALBAÑILERÍA REFORZADA O ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL**

Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de la Norma E.070.

### **3.4. MORTERO**

#### **3.4.1. DEFINICIÓN**

La Norma E.070 define al mortero como una mezcla constituida por aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua de tal manera proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado.

La norma añade que para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610.

#### **3.4.2. COMPONENTES DEL MORTERO**

##### **a) MATERIAL AGLOMERANTE**

- Cemento Portland o cemento adicionado normalizados
- Cal hidratada normalizada de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.

##### **b) AGREGADO FINO**

Debe ser arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la siguiente tabla:

**Tabla 3.2 Granulometría de la arena gruesa**

MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 a 100
N° 16 (1,18 mm)	70 a 100
N° 30 (0,60 mm)	40 a 75
N° 50 (0,30 mm)	10 a 35
N° 100 (0,15 mm)	2 a 15
N° 200 (0,075 mm)	Menos de 2

Fuente: Norma Técnica E.070, 2006.

### c) AGUA

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

### 3.4.3. CLASIFICACIÓN DE MORTEROS

La Norma E.70 clasifica a los morteros en función al uso estructural que tendrá la albañilería a construir. El tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes.

**Tabla 3.3 Tipos de mortero**

TIPO	COMPONENTES			USOS
	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Fuente: Norma Técnica E.070, 2006.

El mortero a usar en la tesis es tipo P2, el cual indica la dosificación siguiente según reglamento:

**Tabla 3.4 Dosificación del mortero tipo P2**

<i>Tipo de mortero</i>	<i>Cemento</i>	<i>Cal</i>	<i>Arena</i>
<i>P2</i>	<i>1</i>	<i>0 a 1/2</i>	<i>4 a 5</i>

**Fuente: Norma Técnica E.070, 2006.**

Pero por tratarse de unidades de sillar se optó por aumentar la dosificación de la cal, de manera que le dé mayor plasticidad y retentividad de humedad al mortero, siendo la nueva dosificación la siguiente:

**Tabla 3.5 Dosificación del mortero a usar**

<i>Tipo de mortero</i>	<i>Cemento</i>	<i>Cal</i>	<i>Arena</i>
<b><i>P2</i></b>	<b><i>1</i></b>	<b><i>1</i></b>	<b><i>4</i></b>

**Fuente: Elaboración propia.**

## **3.5. MORTEROS DE CAL**

### **3.5.1. DEFINICIÓN**

Dado a que el sillar es un material absorbente, es necesario el uso de cal en el mortero para el asentado del mismo.

Se puede definir como mortero de cal a aquellos morteros que están fabricados con cal, cemento, arena y agua.

La cal empleada puede ser aérea o hidráulica, con la diferencia de fraguar en contacto con el aire (aérea) o en agua (hidráulica).



### 3.5.2. VENTAJAS DE LOS MORTEROS DE CAL

Entre las diferentes ventajas de los morteros de cal podemos citar las siguientes:

- Mayor adherencia
- Mayor plasticidad
- Incremento de la permeabilidad al vapor
- Disminución de eflorescencias
- Menor retracción y fisuración

Las resistencias mecánicas serán más elevadas y los tiempos de fraguado más cortos cuanto mayor sea el contenido de cemento; pero serán menos plásticos y menos permeables al vapor de agua, con mayor posibilidad de tendencia a la fisuración por retracción (Aidico, Manual de morteros de cal.).

### 3.5.3. DOSIFICACIÓN USUAL DE MORTEROS DE CAL

El Arq. William Palomino indica las siguientes sugerencias a cerca de la preparación de morteros de cal (Palomino Bellido, s.f.):

- **Cal aérea.** Se conoce con este nombre a la cal que es capaz de fraguar con el CO<sub>2</sub> del aire, vulgarmente como “cal blanca”, comercialmente se obtiene en estado de semihidratación debido a un proceso incompleto de apagado, para el presente caso se recomienda el empleo de hidróxido de calcio resultante como subproducto de la degeneración de acetileno a partir de carburo de calcio.

\* Por razones de uniformidad de las mezclas se urge que se emplee en forma de polvo seco.

- **Arena natural.** Será procedente de río, limpia, libre de materia orgánica, limo o arcilla, su granulometría será tal que un 100 % pase la malla de 150  $\mu\text{m}$  (N<sup>o</sup> 100), consecuentemente no deberá contener más de 3,0 % de material fino que pase la malla de 75  $\mu\text{m}$  (N<sup>o</sup> 200).
- **Grava clasificada-** La granulometría de la grava clasificada será tal que cumpla con las limitaciones de la norma ASTM C33 para tamaño N<sup>o</sup> 7 o 12,5 a 4,74 mm (3/8" a N<sup>o</sup> 8). Procedimiento de dosificación.
- Los dos objetivos principales de la dosificación son: Primero que la relación A/C no supere 0,68 y segundo que la mezcla sea lo suficiente fluida que permita su colocación en las grietas, en consecuencia en obra se procederá a la medición de los constituyentes en concordancia con la propuesta de proporciones de mezcla de 2.02, por ningún motivo la cantidad de agua total (agua libre que pudiera contener los agregados más el agua empleada para el mezclado), deberá superar los 29 litros de agua, por cada bolsa de cemento.
- **Mezclas definitivas.** Si por alguna circunstancia la mezcla propuesta no resultase lo suficiente fluida, podrán disminuirse en las proporciones propuestas, las cantidades de arena y grava en forma proporcional hasta conseguir la fluidez requerida para la mezcla, considerándose dichas proporciones como las definitivas, las mismas que para los efectos de su preparación en obra podrán ser convertidas en volúmenes preferentemente para tandas completas de una bolsa entera. En caso de requerirse tandas de menor volumen, la dosificación se hará proporcionalmente, pero el cemento necesariamente deberá ser por peso, dichos pesos permitirán controlar la relación A/C de cada tanda.

## **CAPÍTULO IV**

### **OBTENCIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE SILLAR**

#### **4.1. ELECCIÓN DEL MATERIAL**

##### **4.1.1. ELECCIÓN DE CANTERA**

Se procedió por la elección de la cantera a usar para la extracción de la materia prima, en este caso se optó por la cantera de Añashuayco ubicada en la quebrada del mismo nombre al Noroeste de la Ciudad de Arequipa.

Añashuayco queda ubicada exactamente de 12 km del centro de la ciudad de Arequipa. Se puede acceder a la zona por medio de transporte terrestre y posteriormente dentro de ella a pie.

El clima en la zona de la quebrada de Añashuayco, por ser una región yunga árida, presenta un clima cálido moderado, con escasas precipitaciones pluviales; pero en años de precipitaciones pluviales en la zona se producen lloqllas provenientes de las estribaciones del complejo volcánico Chachani, generando erosión

---

valle abajo e incrementando el caudal del río Chili (Trujillo Vera, 2007).

Presenta un recorrido de este a oeste con una pendiente de 12%, el terreno de la cantera se encuentra entre dos farallones erguidos verticalmente casi en su totalidad con una altura máxima de 32 m.

Tradicionalmente, esta es la cantera de la cual se extrae la mayoría del material sillar existente en las construcciones de Arequipa, tanto en la ciudad como comunidades aledañas.

Como se mencionó, esta formación de sillar se originó producto de erupciones volcánicas de aproximadamente 800 000 años en la zona de Chachani, el material cubrió un espesor de aproximadamente 250 m como máximo.

#### **4.1.2. TIPO DE SILLAR A EXTRAER**

Haciendo un análisis y observación de la cantera elegida y también por datos recolectados mediante revisiones bibliográficas, en Añashuayco se pueden encontrar sillar blanco y rosado; la presencia del segundo es baja a comparación del sillar blanco, el cual es el predominante en esta zona.

Se decidió extraer sillar blanco para la realización de la presente tesis, por el hecho que este es el tipo que más se emplea en las construcciones que podemos observar hoy en día en Arequipa.

## **4.2. EXTRACCIÓN DEL MATERIAL**

### **4.2.1. MANERA DE EXTRACCIÓN**

La manera usual de extracción del sillar empezó con el derrumbe de los murallones (llamados generalmente pilcos), grandes bloques de este material que a continuación son fraccionados en bloques de menor tamaño para su posterior partido en los bloques tradicionales (55 x 30 x 20 cm aproximadamente). El derribo de estos bloques es realizado con barretas de punta planas, de manera que ayuden a palanquear y girar el material.

### **4.2.2. PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL SILLAR**

- Se selecciona el bloque a extraer.
- A continuación, se procede a eliminar los residuos superficiales con ayuda de cinceles y barretas.
- Se realiza la preparación de cuñeras y/o entalladuras con ayuda de barretas de 50 cm con punta plana.
- Una vez realizadas las entalladuras se procede a colocar las cuñas de tipo platineras.
- Usualmente se suele colocar rieles como expansores dentro de las entalladuras.
- Con ayuda de una gata hidráulica, se expande la abertura dentro de la cuñera.
- Se hace el preparamiento del bloque a abatir, en este paso el operador es sujetado con sogas a manera de arnés para garantizar su seguridad.
- El bloque es abatido con ayuda de barretas, el mismo cae a la zona interior.
- Para el fraccionamiento del bloque primario, se procede a encuadrar y marcar la piedra.

- Nuevamente, se preparan cuñeras a lo largo de las marcas señaladas.
- El proceso se repite similar al primario con la colocación de cuñas metálicas, esta vez de menor tamaño.
- Con ayuda de cinceles y combas se procede a fraccionar el bloque en fracciones más pequeñas.
- Una vez obtenidas las unidades (bloques más pequeños) se procede a medir y marcar nuevamente el sillar a las medidas deseadas (En este caso las dimensiones serán las usuales 55 x 30 x 20 cm).
- Finalmente, se realiza el perfilado con ayuda de combas y el posterior labrado.
- Las unidades son apiladas para su transporte.

#### **4.2.3. TRANSPORTE**

Una vez labradas y obtenidas las unidades, estas son transportadas en camiones, cada unidad tiene un peso de aproximadamente 25 kg por unidad. Generalmente, los bloques de sillar son comercializados (en estas medidas) por tareas; cada tarea consta de 200 unidades.

El transporte del material obtenido fue hecho en camiones hasta la planta de cortado para el posterior acabado y perfilado final.

El cortado fue realizado mediante el apoyo de la empresa “Industria del sillar y piedras naturales EIRL”, ubicada en el zona de Zamácola, Cerro Colorado, Arequipa.

### **4.3. OBTENCIÓN DE LAS UNIDADES DE SILLAR**

#### **4.3.1. ELECCIÓN DEL TAMAÑO**

Para elegir el tamaño óptimo de la unidad se tuvo en consideración distintos aspectos como el peso y manipulación de la misma, de manera que pueda ser manipulada por una sola persona y una sola mano para que logre la denominación de unidad de albañilería. Además, el espesor de la misma fue elegido bajo la determinación del espesor efectivo, la cual está definida en norma E-070.

#### **Consideración del espesor efectivo**

Se optó por elegir un espesor efectivo de 17 cm, a manera que tenga una aproximación al espesor efectivo de la albañilería tradicional de 14 cm.

Según la Norma E 070, el espesor efectivo de los muros portantes está regido por la siguiente fórmula:

$$t \geq \frac{h}{20} \quad \text{Para las Zonas Sísmicas 2 y 3}$$
$$t \geq \frac{h}{25} \quad \text{Para la Zona Sísmica 1}$$

Donde  $h$  = es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo.

Al contar con 17 cm de espesor, la unidad cumple con lo requerido según normativa; en el caso de Arequipa pudiéndose construir muros de hasta 3.4 m de altura.

Se consideró también este espesor de la unidad a manera de prueba, puesto que en la presente investigación se demostrará si la unidad elegida puede funcionar de manera óptima con los tamaños escogidos.

En comparación con las medidas estándares de un ladrillo tipo IV, H-10, de dimensiones 24 x 14 x 10 cm, se determinaron las dimensiones restantes de la unidad apostando por el aumento de sus dimensiones de la siguiente manera:

- Largo = 28.00 cm
- Ancho = 17.00 cm
- Altura = 12.00 cm

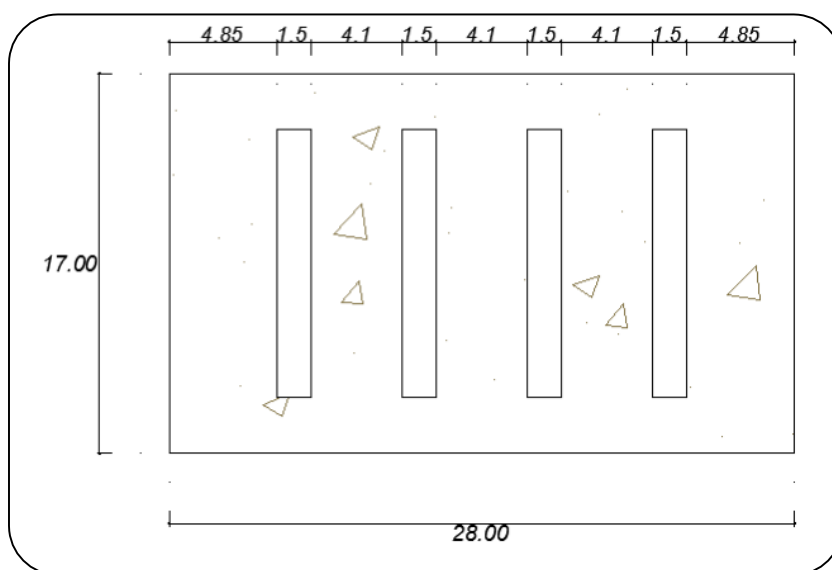
### ***Hendiduras en la unidad***

A manera de ofrecer partes rugosas, se optó por adicionarle a la unidad de sillar 04 hendiduras en las caras de asentado, de manera que tenga mejor adherencia con el mortero y mayor resistencia al corte; las hendiduras planteadas serán de las siguientes dimensiones:

- Largo = 12.00 cm
- Ancho = 1.50 cm
- Profundidad = 1.00 cm

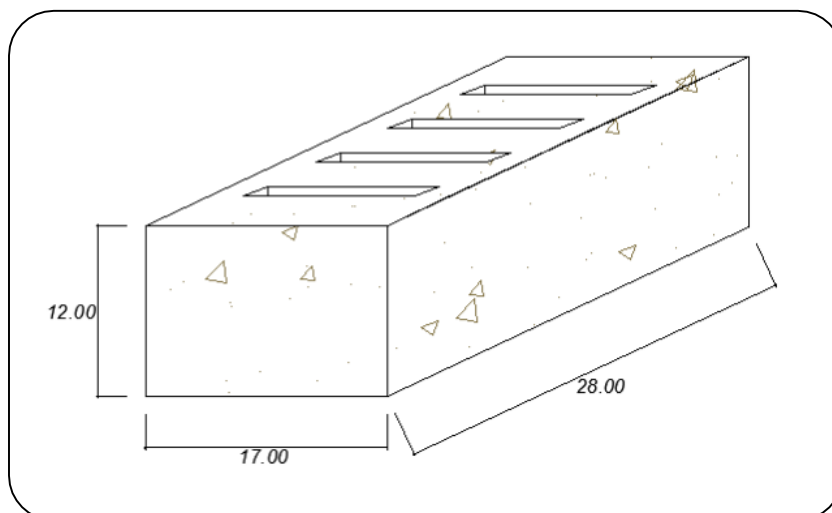


**Figura 4.1 Vista en planta de la unidad propuesta**



**Fuente: Elaboración propia.**

**Figura 4.2 Vista en isométrico de la unidad propuesta**



**Fuente: Elaboración propia.**

#### **4.3.2. MECANISMO DE MOLDEADO**

El mecanismo de moldeado escogido fue el seccionamiento de las unidades mediante cortadora industrial.

Se llevó a cabo el siguiente procedimiento para la obtención de las unidades propuestas:

- Se extrajeron unidades de sillar convencionales de 55 x 30 x 20 cm, siguiendo los pasos de la extracción en cantera como se detalla en el ítem 3.2.3 (Proceso de extracción del sillar).
- Se transportaron los bloques de sillar en camiones hasta la planta de cortado.
- Se procedió con el marcado de los bloques a manera de obtener un total de 04 unidades de sillar (28 x 17 x 12 cm) por bloque.
- Se realizaron cortes a los lados del sillar obteniendo un bloque de lados lisos de 48 x 28 x 17 cm.
- Una vez obtenido el bloque de sillar liso se continuó con el seccionamiento de la pieza de 04 partes iguales obteniendo de esta manera las unidades de 28 x 17 x 12 cm.
- Se procedió al marcado de las unidades para la perforación de las hendiduras en las caras de asentado (sección de 17 x 12 cm). Las medidas marcadas fueron de 1.5 cm de ancho por 12.00 cm de largo, cada hendidura tuvo un espaciamiento de 2.5 cm a la cara más larga de la unidad y de 4.85 cm a la cara más corta; entre las hendiduras, la distancia fue de 4.10 cm tal como se muestra en la figura 4.1.

- Con ayuda de la cortadora industrial se procedió a cortar la unidad en las caras de asentado a manera de obtener las hendiduras deseadas.
- Finalmente, se procede a la limpieza de las unidades y al almacenamiento de las mismas.

#### **4.3.3. UNIDAD OBTENIDA**

Se obtuvo una unidad de sillar de medidas 28 x 17 x 12 cm con 04 hendiduras de 1.5 cm de ancho 12 cm de largo y 1.5 cm de profundidad a cada lado de la unidad en las caras para el asentado de las mismas.

Dichas unidades obtenidas se llevaron a diferentes ensayos de laboratorio a fin de poder obtener sus propiedades físicas y mecánicas.

También se construyeron pilas muretes a fin de poder obtener la resistencia al corte de los muros elaborados con este tipo de unidad mediante los ensayos correspondientes para la obtención de datos.

Se hizo el análisis comparativo de la unidad de sillar con unidades de arcilla calcinada Tipo IV, H-10 de medidas 24 x 14 x 10 cm, mediante la realización de los mismos ensayos anteriormente mencionados, a manera de comprobar si las dimensiones dadas a la unidad son las óptimas para que funcione de la misma forma o mejor que una unidad de arcilla calcinada.

**Figura 4.3 Unidad de sillar terminada**



**Fuente: Elaboración propia.**

## **CAPÍTULO V**

### **ELABORACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA**

Una vez obtenidas las unidades de sillar se procedió con la adquisición de unidades de arcilla calcinada H-10 mecanizado marca El Diamante; de medidas 24 x 14 x 10 cm para poder realizar la comparación entre el comportamiento de las unidades de sillar y estas. La albañilería a evaluar será de tipo portante.

#### **5.1. CONDICIONES PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESPECÍMENES**

##### **5.1.1. UNIDADES**

Se utilizaron las unidades anteriormente mencionadas, de arcilla calcinada y las unidades de sillar obtenidas mediante el moldeado de cortadora industrial.

---

### **5.1.2. MORTERO**

Se optó por la utilización de los siguientes morteros:

- **Mortero Tipo 1:4 (Cemento, arena)**

Para la conformación de los prismas y muretes con unidades de arcilla calcinada, se utilizó este tipo de mortero dado que es el más común usado en la actualidad para el asentado de ladrillo de las condiciones de la unidad adquirida para morteros de muros portantes (*Tabla 3.3 Tipos de morteros*).

Para la conformación de primas y muretes con unidades de sillar, se utilizó también esta dosificación a manera de comparar el comportamiento de las unidades en conjunto asentadas con mortero común, teniendo en consideración que el sillar es un material con un grado de absorción elevada.

Se utilizó arena gruesa y cemento tipo IP Yura.

- **Mortero Tipo 1:1:4 (Cemento, cal, arena)**

Para la conformación de los prismas y muretes con unidades de sillar se decidió usar la dosificación 1:1:4, adicionándole cal, según la norma E070 que nos da parámetros a cerca de los morteros con cal (*Tabla 3.4 Dosificación de mortero P2*). Para muros portantes establece que la proporción de la cal será de 1/2, pero en este caso por tratarse de sillar y en mera acción experimental se decidió por usar una proporción de 1 (*Tabla 2.5 Dosificación a tomar para el mortero*).

Los materiales usados fueron cal aérea, arena gruesa y cemento tipo IP Yura.

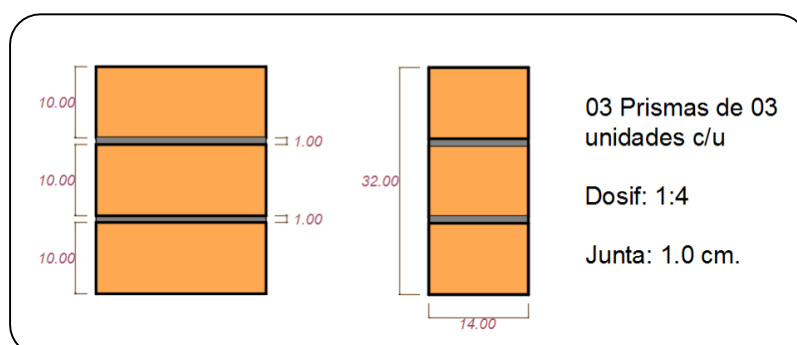
### 5.1.3. DISEÑO DE LOS ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA

Los especímenes elaborados tuvieron las siguientes características en cuanto al diseño de los mismos:

- **Prismas de albañilería: Unidades de arcilla calcinada H-10**

Se propuso la construcción de 03 especímenes para los posteriores ensayos, de 03 unidades apiladas una sobre otra con una junta de mortero de dosificación 1:4 de 1.0 cm de espesor tal y como se detalla a continuación:

**Figura 5.1** Diseño de prismas de albañilería: Ladrillo H-10

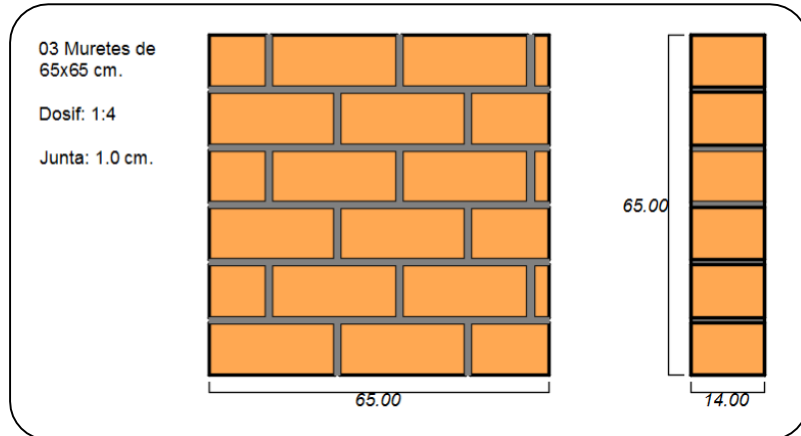


**Fuente:** Elaboración propia.

- **Muretes de albañilería: Unidades de arcilla calcinada H-10**

Se propuso la construcción de 03 especímenes para los posteriores ensayos, muretes de medidas de 65 x 65 cm con junta de mortero de dosificación 1:4 de 1.0 cm de espesor tal y como se detalla a continuación:

**Figura 5.2** Diseño de muretes de albañilería: Ladrillo H-10



Fuente: Elaboración propia.

- **Prismas de albañilería: Unidades de sillar**

Se propuso la construcción de 06 especímenes para los posteriores ensayos, de 03 unidades apiladas una sobre otra 03 primas con una junta de mortero de dosificación 1:4 de 2.0 cm de espesor y los restantes 03 con una junta de mortero de dosificación 1:1:4 de 2.0 cm de espesor tal y como se detalla a continuación:

**Figura 5.3** Diseño de prismas de albañilería: Unidad de sillar



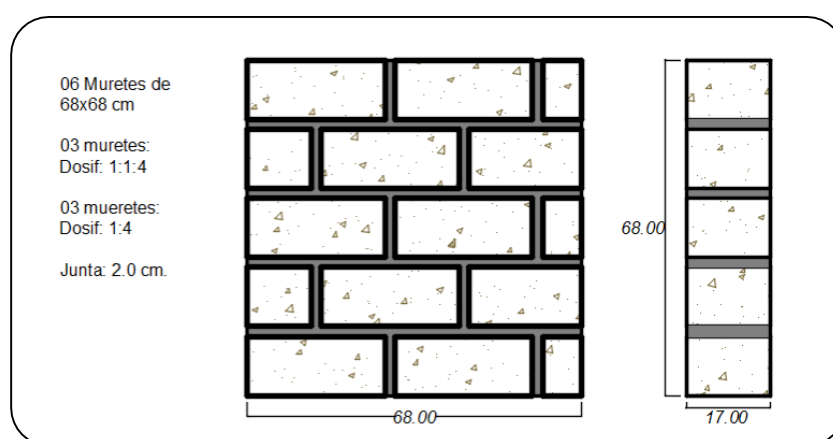
Fuente: Elaboración propia.



- **Muretes de albañilería: Unidades de sillar**

Se propuso la construcción de 06 especímenes para los posteriores ensayos, 03 muretes de 68 x 68 cm con una junta de mortero de dosificación 1:4 de 2.0 cm de espesor y los restantes 03 con una junta de mortero de dosificación 1:1:4 de 2.0 cm de espesor tal y como se detalla a continuación:

**Figura 5.4** Diseño de muretes de albañilería: Unidad de sillar



**Fuente:** *Elaboración propia.*

## **5.2. ELABORACIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA: UNIDAD DE ARCILLA CALCINADA H-10**

Se llevó a cabo la elaboración de los primas de albañilería con unidades de arcilla calcinada H-10

### **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- 09 unidades de arcilla calcinada H-10
- Cemento Portland Tipo IP
- Arena gruesa
- Agua
- Plomada

## **B. PROCEDIMIENTO**

- Se sumergieron las unidades en agua de manera que queden totalmente saturadas antes del asentamiento.
- Se procedió a realizar la mezcla de mortero con dosificación 1:4.
- Sobre una superficie plana y en ambiente protegido de corrientes de aire se procedió con el asentado de las unidades a manera de prismas o pilas de 03 unidades cada uno.
- Con ayuda de la plomada se verificó la nivelación de los primas.
- Seguidamente se procede con el curado durante el tiempo que sea conveniente.
- Se deja que la muestra tenga una edad de 28 días.

**Figura 5.5 Prismas de albañilería: Ladrillo H-10**



**Fuente: Elaboración propia.**

### **5.3. ELABORACIÓN DE MURETES DE ALBAÑILERÍA: UNIDAD DE ARCILLA CALCINADA H-10**

#### **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- Unidades de arcilla calcinada H-10
- Cemento Portland Tipo IP
- Arena gruesa
- Agua
- Cortadora industrial
- Plomada

#### **B. PROCEDIMIENTO**

- Se sumergieron las unidades en agua de manera que queden totalmente saturadas antes del asentamiento.
- Se procedió a realizar la mezcla de mortero con dosificación 1:4.
- Sobre una superficie plana y en ambiente protegido de corrientes de aire se procedió con el asentado de las unidades a manera de obtener un murete de 65 x 65 cm.
- Con ayuda de la plomada se verificó la nivelación de los primas.
- Seguidamente se procede con el curado durante el tiempo que sea conveniente.
- Se deja que la muestra tenga una edad de 28 días.

**Figura 5.6 Muretes de albañilería: Ladrillo H-10**



*Fuente: Elaboración propia.*

#### **5.4. ELABORACIÓN DE PRIMAS DE ALBAÑILERÍA: UNIDADES DE SILLAR**

##### **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- 18 Unidades de sillar
- Cemento Portland Tipo IP
- Arena gruesa
- Agua
- Cal aérea
- Plomada

##### **B. PROCEDIMIENTO**

- Con ayuda de una cortadora industrial se procedió al corte de las unidades a manera puedan encajar a la perfección para la construcción de los muretes.
- Se sumergieron las unidades en agua de manera que queden totalmente saturadas antes del asentamiento.

- Se procedió a realizar la mezcla de mortero con dosificación 1:4. Sobre una superficie plana y en ambiente protegido de corrientes de aire, se procedió con el asentado de las unidades a manera de obtener un murete de 68 x 68 cm.
- Con ayuda de la plomada, se verificó la nivelación de los primas.
- Se construyeron 03 muretes con dosificación 1:4.
- Se prosiguió con el procedimiento previamente descrito, pero con una dosificación de 1:1:4 (cemento, cal, arena) para la construcción de 03 primas más.
- Seguidamente, se procede con el curado durante el tiempo que sea conveniente. Se deja que la muestra tenga una edad de 28 días.

**Figura 5.7 Prismas de albañilería: Unidad de sillar**



**Fuente: Elaboración propia.**

## **5.5. ELABORACIÓN DE MURETES DE ALBAÑILERÍA: UNIDADES DE SILLAR**

### **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- Unidades de sillar
- Cemento Portland Tipo IP
- Arena gruesa
- Agua
- Cal aérea
- Cortadora industrial
- Plomada

### **B. PROCEDIMIENTO**

- Con ayuda de una cortadora industrial se procedió al corte de las unidades a manera que puedan encajar a la perfección para la construcción de los muretes.
- Se sumergieron las unidades en agua de manera que queden totalmente saturadas antes del asentamiento.
- Se procedió a realizar la mezcla de mortero con dosificación 1:4.
- Sobre una superficie plana y en ambiente protegido de corrientes de aire, se procedió con el asentado de las unidades a manera de prismas o pilas de 03 unidades cada uno.
- Con ayuda de la plomada, se verificó la nivelación de los primas.
- Se construyeron 03 prismas con dosificación 1:4.
- Se prosiguió con el procedimiento previamente descrito, pero con una dosificación de 1:1:4 (cemento, cal, arena) para la construcción de 03 primas más.

- Seguidamente, se procede con el curado durante el tiempo que sea conveniente.
- Se deja que la muestra tenga una edad de 28 días.

**Figura 5.8 Muretes de albañilería: Unidad de sillar**



**Fuente: Elaboración propia.**

## **CAPÍTULO VI**

### **ENSAYOS A LAS UNIDADES DE SILLAR OBTENIDAS**

A continuación, se muestran los ensayos realizados a las siguientes unidades:

- Unidad de sillar obtenida (28 x 17 x 12 cm).
- Unidad de arcilla calcinada H-10 (24 x 14 x 10 cm), tomada como referencia para la comparación (mecanizada marca El Diamante).

Los ensayos que a continuación se muestran fueron realizados en el Laboratorio de Concreto y E.M.C de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

#### **6.1. ENSAYO DE VARIBILIDAD DIMENSIONAL**

Se tomó como referencia el procedimiento indicado mediante la Norma NTP 399.613 y 399.604.

De la misma manera, se tendrán en cuenta los parámetros determinamos por la Norma E 070. (*Tabla 3.1 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales*)

---



## **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- 10 unidades de sillar y 10 unidades de arcilla calcinada H-10.
- Regla metálica con precisión al milímetro.

## **B. PROCEDIMIENTO**

- Seleccionar una muestra de 10 elementos de cada tipo de unidad a comparar.
- Usando la regla metálica, se procederá a medir cada unidad en las 03 dimensiones (largo, ancho, alto) con precisión de 1.00 mm. Deben tomarse 4 medidas por dimensión.
- Se recomienda usar los puntos medios de los bordes de cada cara al momento de tomar cada medida.
- Se promediará todas las medidas hechas a manera de obtener las dimensiones finales.
- La obtención de la variabilidad dimensional se obtiene en porcentaje (%) , mediante la siguiente fórmula:

$$V = \left( \frac{Mn - Mp}{Mn} \right) \times 100$$

Donde:

$V$  : Variabilidad dimensional (%)

$Mn$  : Medida nominal especificada por el fabricante (mm)

$Mp$  : Medida promedio (mm)

**Figura 6.1 Toma de medidas: Unidad de sillar**



**Fuente: Elaboración propia.**

**Figura 6.2 Toma de medidas: Ladrillo H-10**



**Fuente: Elaboración propia.**

## C. RESULTADOS

**Tabla 6.1 Comparación de la variación dimensional**

Clase de unidad	Variación de dimensiones (Máx en porcentajes)		
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm
Unidad de sillar	-	-0.02%	0.25%
	-	Tipo V	Tipo V
Arcilla calcinada H-10	1.25%	0.96%	0.50%
	Tipo V	Tipo V	Tipo V

Fuente: Elaboración propia.

### 6.2. ENSAYO DE POCENTAJE DE VACÍOS

El objetivo principal del siguiente ensayo es determinar el área de vacíos que contienen las unidades a comparar.

Para clasificar las unidades de albañilería de acuerdo al % de vacíos, tenemos las siguientes definiciones:

- **Unidad de albañilería hueca.** Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano. b.
- **Unidad de albañilería sólida (o maciza).** Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano

## **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- Unidades de albañilería a estudiar
- Cortadora industrial
- Papel carbón
- AutoCAD (Software)
- Hojas bond A-4

## **B. PROCEDIMIENTO**

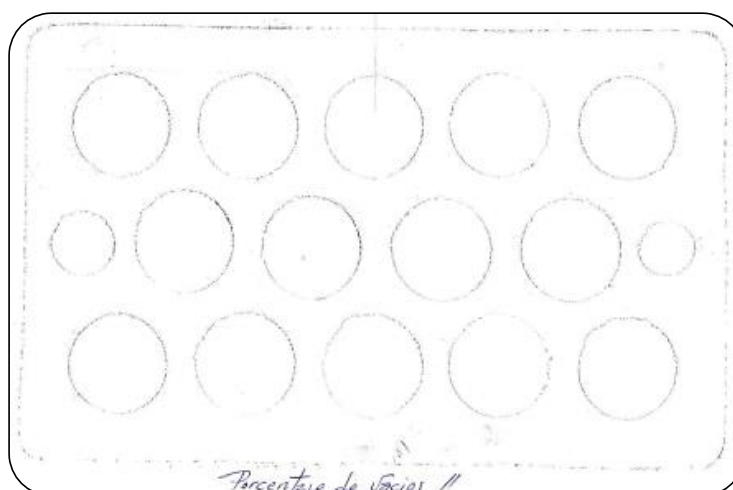
- Con ayuda de la cortadora industrial se realizó el corte de la parte central de cada ladrillo H-10 (en el caso de las unidades de sillar, este corte no se llegó a realizar dado que es una unidad maciza y las hendiduras generadas solo poseen una profundidad de 1.0 cm; el ensayo se realizará directamente en las caras).
- Colocar encima de las unidades cortadas primero la lámina de papel carbón y luego el papel bond A-4, de manera que la parte de tinta quede en contacto con el papel bond.
- Con mucho cuidado, con ayuda de los dedos, ejercer presión en los alveolos siguiendo suavemente la textura y forma de los mismos.
- Finalmente, escanear las secciones dibujadas en el papel y mediante el software AutoCAD calcular las áreas de las unidades.

**Figura 6.3 Obtención de los contornos de las hendiduras: Ladrillo H-10**



**Fuente: Elaboración propia.**

**Figura 6.4 Sección dibujada: Ladrillo H-10**



**Fuente: Elaboración propia.**

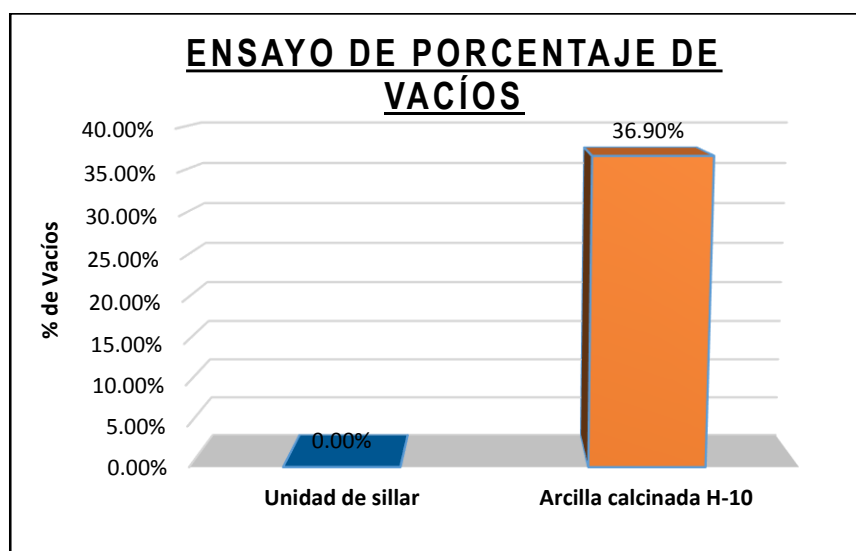
### C. RESULTADOS

Tabla 6.2 Comparación del porcentaje de vacíos

Clase de unidad	Porcentaje de vacíos (%)
Unidad de sillar	0.00%
Arcilla calcinada H-10	36.90%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6.1 Ensayo de porcentaje de vacíos



Fuente: Elaboración propia.

### 6.3. ENSAYO DE ALABEO

Para la realización del ensayo de alabeo de unidades se seguirá el procedimiento determinado según la norma NTP 399.613.

Según el alabeo se puede presentar como concavidad o convexidad, al igual que en el ensayo de variabilidad dimensional; el alabeo también influencia en el espesor de la junta de mortero.

## **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- 02 cuñas de acero graduadas en mm.
- 10 unidades de sillar y 10 unidades de arcilla calcinada H-10.
- 01 regla metálica.

## **B. PROCEDIMIENTO**

- Se utilizaron las mismas muestras usadas en el ensayo de variabilidad dimensional.

### ***Medición de la concavidad***

- Se colocó el borde recto de la regla longitudinalmente en dirección diagonal a la cara mayor de la unidad.
- En caso presente concavidad, se debe introducir la cuña en la flecha máxima y tomar lectura del valor medido.

### ***Medición de la convexidad***

- Se colocó el borde recto de la regla longitudinalmente en dirección diagonal a la cara mayor de la unidad.
- En caso presente convexidad, se debe introducir 2 cuñas; cada una en un vértice a manera de buscar un apoyo de la regla sobre la diagonal, para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida, se toma lectura del valor medido.

**Figura 6.5 Ensayo de alabeo: Unidad de sillar**



**Fuente: Elaboración propia.**

**Figura 6.6 Ensayo de alabeo: Ladrillo H-10**



**Fuente: Elaboración propia.**



## C. RESULTADOS

**Tabla 6.3 Comparación de alabeo de unidades**

Clase de unidad	Alabeo (máximo en mm)
Unidad de sillar	1.5
	<b>Tipo V</b>
Arcilla calcinada H-10	2.0
	<b>Tipo V</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

### 6.4. ENSAYO DE ABSORCIÓN

La realización del ensayo de absorción a las unidades se hará bajo el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.604 y 3991613.

Este ensayo determina la absorción, la cual representa a la permeabilidad en las unidades de albañilería; su valor depende netamente de la porosidad del material de la cual está constituida la unidad ya que esta absorberá agua al mortero al momento del asentado de las unidades.

Si la absorción de la unidad de albañilería es mayor a 22 % será más porosa y de baja resistencia al intemperismo.

La absorción de una unidad se calcula con la siguiente expresión:

$$Abs = \left( \frac{P_{sat} - P_{seco}}{P_{seco}} \right) \times 100$$

Donde:

*Abs* : Absorción (%)

*Psat* : Peso saturado de la unidad (g)

*Pseco* : Peso seco (g)

## **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- 05 unidades de cada tipo de unidad a evaluar (sillar y arcilla calcinada)
- 01 cortadora industrial
- 01 balanza electrónica
- Horno

## **B. PROCEDIMIENTO**

- Una vez seleccionadas las 5 unidades por cada tipo de unidad a evaluar (sillar y arcilla calcinada) se procederá con ayuda de la cortadora industrial a seccionarlas por la mitad.
- En el horno a temperatura constante de 110°C – 115 °C, se secan las unidades por un lapso mínimo de 24 horas y se procede a pesarlos luego del secado.
- Se dejan enfriar a temperatura ambiente.
- Una vez fríos se sumergen en agua por un lapso de 24 horas.
- Finalmente, se secan superficialmente y se procede al pesado de las mismas.

**Figura 6.7** Ensayo de absorción: Secado de muestras en el horno



**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Figura 6.8** Ensayo de absorción: Muestras sumergidas



**Fuente:** *Elaboración propia.*

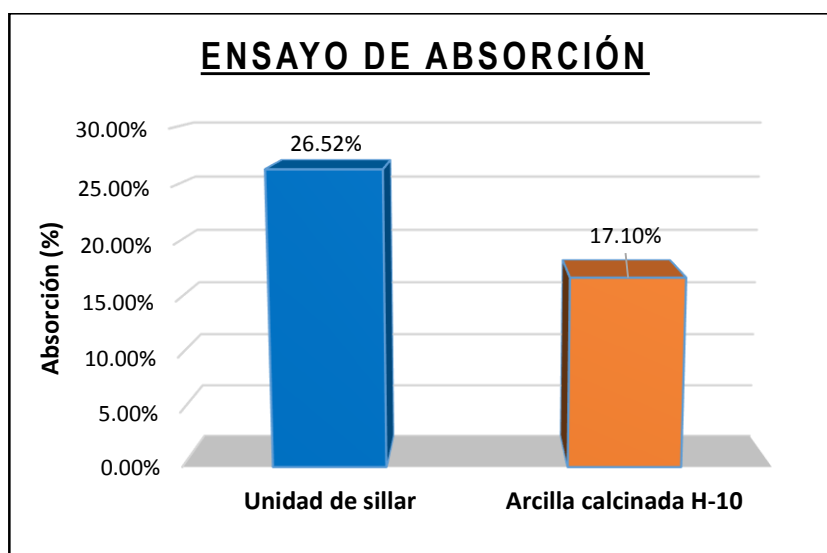
## C. RESULTADOS

Tabla 6.4 Comparación de absorción de unidades

Clase de unidad	Absorción (%)
Unidad de sillar	26.52%
Arcilla calcinada H-10	17.10%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6.2 Ensayo de absorción



Fuente: Elaboración propia.

### 6.5. ENSAYO DE ABSORCIÓN MÁXIMA

Este ensayo tiene como finalidad medir la impermeabilidad de las unidades de albañilería y es usado para limitar el uso de las unidades.

La absorción máxima de las unidades se calculará mediante la siguiente expresión:

$$AbsMax = \left( \frac{Psat - Pseco}{Pseco} \right) \times 100$$

Donde:

*AbsMax* : Absorción máxima de la unidad (%)

*Psat* : Peso saturado de la unidad (g)

*Pseco* : Peso seco (g)

## **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- 05 unidades de cada tipo de unidad a evaluar (sillar y arcilla calcinada)
- 01 balanza electrónica
- 01 cocina industrial
- Horno

## **B. PRODECIMIENTO**

- Las unidades son secadas al horno por un tiempo determinado de 24 horas, a temperatura constante de 110°C - 115 °C.
- Una vez transcurridas las 24 horas, se extraen del horno y se pesan; anotando los respectivos datos.
- En un contenedor metálico, se colocan las unidades sumergidas en agua destilada y utilizando la cocina industrial, se procede a mantener en estado de ebullición durante 5 horas; teniendo el debido cuidado que al agua circule libremente y a la vez reponiendo el agua evaporada.
- Al pasar este tiempo, se prosigue con el secado superficial de las unidades. Posteriormente se pesan.

**Figura 6.9** Ensayo de absorción máxima: Ebullición de unidades



**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Figura 6.10** Ensayo de absorción máxima: Registro de peso



**Fuente:** *Elaboración propia.*

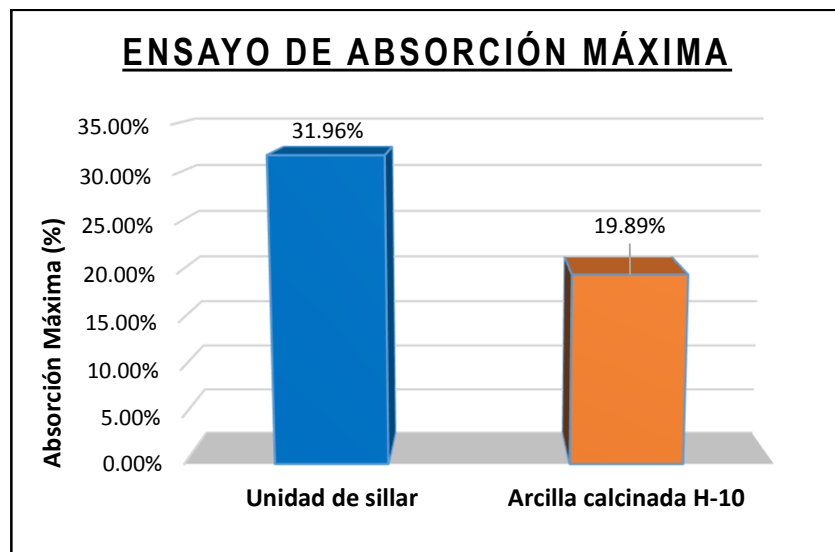
## C. RESULTADOS

Tabla 6.5 Comparación de absorción máxima

Clase de unidad	Absorción máxima (%)
Unidad de sillar	31.96%
Arcilla calcinada H-10	19.89%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6.3 Ensayo de absorción máxima



Fuente: Elaboración propia.

### 6.6. ENSAYO DE SUCCIÓN

Con ayuda de este ensayo se podrá determinar la velocidad inicial con la que una unidad de albañilería absorbe agua mediante la capilaridad.

La recomendación nos dice que la succión no deberá superar los 0.45 g/cm<sup>2</sup>.min. En caso la succión sea mayor a 0.15 g/cm<sup>2</sup>.min, se deberá sumergir la unidad en agua antes del asentado para de esta manera poder evitar la deshidratación del mortero y asegurar una buena adherencia unidad-mortero.

## **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- 05 unidades de cada tipo de unidad a evaluar (sillar y arcilla calcinada, en el caso de las unidades de sillar se utilizaron medias unidades)
- 01 recipiente, de vidrio rectangular de manera que cuente de una profundidad de 12.5 mm.
- 04 soportes de vidrio o metal no corrosible, de sección rectangular de 5 mm de altura y un ancho no menor de 10 mm.
- 01 balanza electrónica.
- Horno
- Cronómetro

## **B. PROCEDIMIENTO**

- Con ayuda de una cortadora industrial se procedió al corte de las unidades de sillar.
- Las unidades son secadas en el horno por un lapso de 24 horas a temperatura constante de 110°C a 115°C.
- Trascurrido el tiempo, se retiran las unidades y se dejan enfriar.
- Medir con precisión de 1 mm los lados de las caras a sumergir de las unidades.
- Se coloca el recipiente de vidrio sobre una superficie plana de manera que se pueda garantizar una nivelación horizontal.
- Los soportes son colocados dentro del recipiente de vidrio para que soporte la unidad; a continuación, con ayuda de una manguera, se llena la bandeja a velocidad constante de manera que se pueda reponer el agua para garantizar un constante nivel de agua (el recipiente usado estará graduado, de manera que solo se pueda rellenar 01 cm).



- Se procede a colocar la unidad sobre los soportes de vidrio por un periodo de 1 minuto, pasado el tiempo se retira.
- Finalmente, secar superficialmente la unidad y pesarla. Registrar la lectura del peso.

**Figura 6.11 Ensayo de succión: Unidad de sillar**



**Fuente: Elaboración propia.**

**Figura 6.12 Ensayo de succión: Ladrillo H-10**



**Fuente: Elaboración propia.**

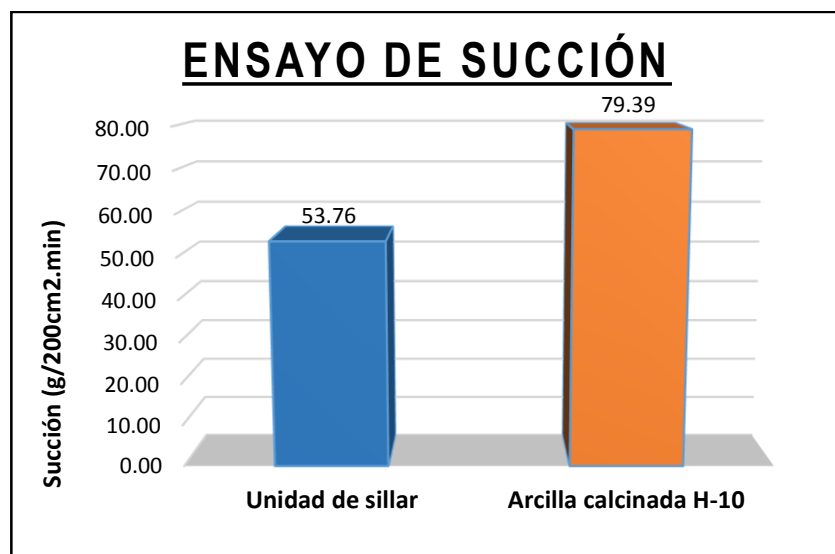
## C. RESULTADOS

Tabla 6.6 Comparación de succión entre unidades

Clase de unidad	Succión (g/200cm <sup>2</sup> .min)
Unidad de sillar	53.76
Arcilla calcinada H-10	79.39

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6.4 Ensayo de succión



Fuente: Elaboración propia.

### 6.7. ENSAYO DE DENSIDAD DE UNIDADES

Mediante este ensayo obtendremos la relación entre la masa y el volumen de la unidad de sillar.

Cabe recalcar que la densidad es proporcional a la resistencia de cada unidad.

La densidad de las unidades se calculará mediante la siguiente expresión:

$$V = P_{seco} - P_{sum} \quad D = \left( \frac{P_{seco}}{V} \right)$$

Donde:

$P_{seco}$  : Peso seco de la unidad (g)

$P_{sum}$  : Peso sumergido de la unidad (g)

$V$  : Volumen de la unidad

$D$  : Densidad de la unidad (g/cm<sup>3</sup>)

## **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- 05 unidades de cada tipo de unidad a evaluar (sillar y arcilla calcinada)
- 01 balanza electrónica
- 01 cocina industrial
- Horno

## **B. PROCEDIMIENTO**

- Las unidades son secadas al horno por un tiempo determinado de 24 horas, a temperatura constante de 110°C - 115 °C.
- Una vez transcurridas las 24 horas, se extraen del horno y se pesan; anotando los respectivos datos.
- En un contenedor metálico, se colocan las unidades sumergidas en agua destilada y utilizando la cocina industrial, se procede a mantener en estado de ebullición durante 3 horas; teniendo el debido cuidado que al agua circule libremente y a la vez reponiendo el agua evaporada.
- Luego del proceso, se secan superficialmente las unidades y se prosigue a pesarlas.

- De manera inmediata, se realizará el pesado en estado sumergido con la balanza electrónica acondicionada en el aparato a suspensión

**Figura 6.13** *Ensayo de densidad de unidades: Registro del peso de unidades luego de la ebullición*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Figura 6.14** *Ensayo de densidad de unidades: Registro del peso sumergido de unidades*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

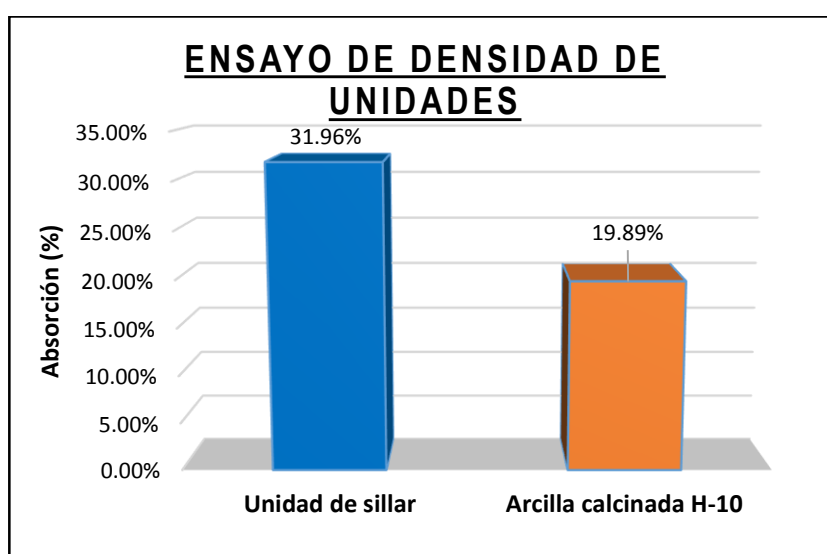
## C. RESULTADOS

**Tabla 6.7 Comparación de densidades**

Clase de unidad	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Unidad de sillar	1.31
Arcilla calcinada H-10	1.74

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 6.5 Ensayo de densidad de unidades**



Fuente: Elaboración propia.

### 6.8. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

El ensayo de resistencia a compresión es muy importante ya que nos ayuda a determinar la resistencia de las unidades, la cual es una de las propiedades principales de la misma.

La norma RNE E.070 utiliza como parámetro la resistencia a compresión de las unidades de albañilería para su respectiva clasificación (Tabla 2.1 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales).

La norma ITINTEC 331.019 especifica la forma de muestreo para las unidades.

Las muestras a usar serán medias muestras de la unidad completa, en el caso del sillar utilizaremos muestras completas ya que la resistencia a la compresión depende netamente del área.

Las muestras deben ir recubiertas con una capa hecha de una mezcla que contenga de 40% a 60% de azufre en polvo, completándose con arcilla refractaria u otro material inerte, antes de ser colocadas en la prensa hidráulica.

Siguiendo los lineamientos de la Norma RNE E.070 nos indica que la resistencia característica  $f'b$  es el resultado promedio de los resultados obtenidos menos la desviación estándar de los mismos.

La resistencia a la compresión es obtenida mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

- $f'b$  : Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup> o MPa)
- $P$  : Carga de rotura aplicada por la máquina
- $A$  : Promedio de las áreas brutas de las superficies de contacto superior e inferior.

La resistencia final será obtenida mediante la siguiente fórmula:

$$f'b = f'b \text{ prom} - \sigma$$

Donde:

- $f'b$  : Resistencia a la compresión
- $f'b \text{ prom}$  : Resistencia a la compresión promedio
- $\sigma$  : Desviación estándar

Debido a que la comparación se realizará bajo los lineamientos de la Norma RNE E 0.70, las muestras de sillar serán ensayadas bajo los parámetros de la misma.

## **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- 05 medias muestras de ladrillo de arcilla calcinada H-10
- 05 muestras de unidades de sillar
- Prensa hidráulica
- Regla metálica con precisión al milímetro
- Azufre en polvo

## **B. PROCEDIMIENTO**

- Se llevan las muestras al horno para su respectivo secado.
- Una vez retiradas del horno se procede a medir los lados de las caras que estarán a compresión.
- En una cocina preparar la mezcla del capeado, la cual debe contener de 40 a 60 % de azufre en polvo; por separado lubricar un molde con petróleo para evitar la adherencia del azufre al molde.
- Una vez obtenida la mezcla, se vierte sobre el molde e inmediatamente se colocan las muestras ejerciendo una leve presión de las mismas a manera de obtener un recubrimiento uniforme; se dejan enfriar a temperatura ambiente, una vez enfriado, hacer lo mismo con la otra cara de la unidad.
- Se colocarán las muestras en la prensa a manera que se le ejerza presión a una velocidad constante de 1.2 mm/min.
- Una vez que la muestra falle se retira la misma y se registra la lectura de la fuerza ejercida por la prensa.
- El ensayo se realizó de la misma manera para las unidades de sillar, dado con la acotación que en este tipo de unidades se

debe tener un mayor cuidado al momento de capear por el hecho de que la absorción de la misma es mayor a la de una unidad de arcilla calcinada.

- Una vez obtenidas los resultados de las muestras se procede con el trabajo de gabinete para determinar la resistencia a compresión de las muestras.

**Figura 6.15** Ensayo de compresión simple: Unidad de sillar



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 6.16** Ensayo de compresión simple: Ladrillo H-10



*Fuente: Elaboración propia.*



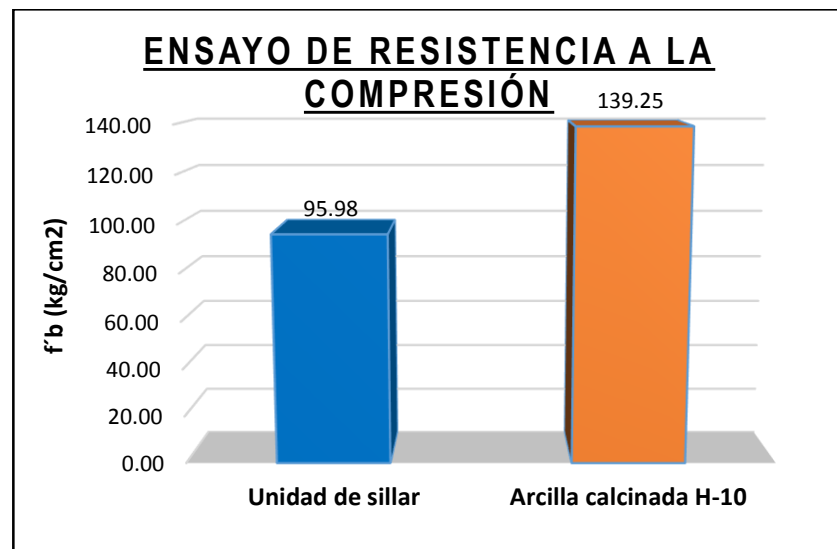
## C. RESULTADOS

Tabla 6.8 Comparación de resistencia a compresión simple

Clase de unidad	f' b (kg/cm <sup>2</sup> )
Unidad de sillar	95.98
	Tipo III
Arcilla calcinada H-10	139.25
	Tipo IV

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6.6 Ensayo de resistencia a compresión simple



Fuente: Elaboración propia.

### 6.9. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN (MÓDULO DE RUPTURA)

El módulo de ruptura constituye básicamente a un parámetro de medida de la calidad de las unidades. Generalmente, la evaluación de unidades a este ensayo se realiza cuando se mantiene la incertidumbre de utilizar unidades de misma clase.

El ensayo consiste en aplicar a la unidad fuerza a manera de tracción por flexión con ayuda de 03 barras de acero cuyo diámetro debe estar comprendido entre 1/8 a 1/12 de la longitud de la altura promedio de la unidad; una barra es colocada en la parte media superior y las otras dos en la parte inferior dejando a la vez una longitud entre ambas denominada Luz.

La resistencia a la tracción por flexión de la unidad se calculará de la siguiente manera:

$$f'_{b_{tf}} = \frac{3PL}{2bt^2}$$

Donde:

$f'_{b_{tf}}$  : Resistencia a la tracción por flexión (kg/cm<sup>2</sup> o MPa).

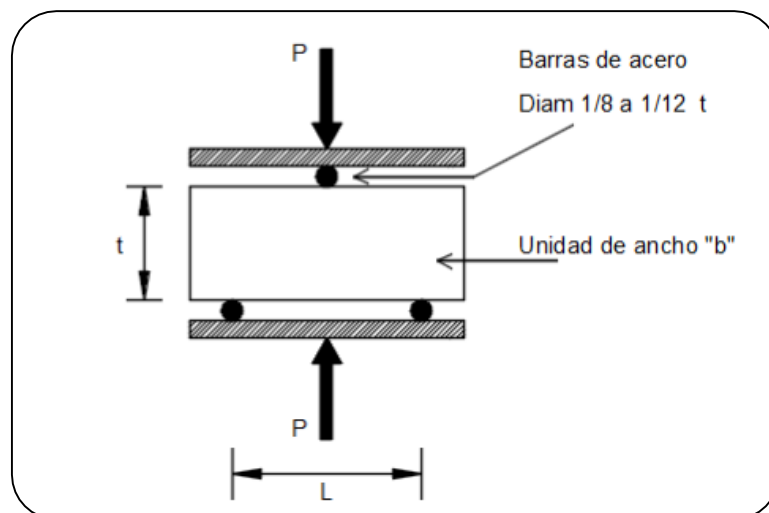
$P$  : Carga aplicada por la prensa.

$L$  : Luz entre los apoyos inferiores.

$b$  : Ancho de la unidad.

$t$  : Altura de la unidad.

**Figura 6.17 Resistencia a la tracción por flexión**



Fuente: Elaboración propia.

## **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- 05 unidades de cada tipo de unidad a evaluar (sillar y arcilla calcinada)
- Prensa hidráulica.
- 03 barras cilíndricas de acero.
- Regla metálica con precisión al milímetro.

## **B. PROCEDIMIENTO**

- Con ayuda de 01 plancha de acero de 1", la cual se coloca en la parte inferior de la prensa, se procede a colocar las unidades sobre las 02 barras de acero.
- En la parte superior se colocará la tercera barra en la parte media de la unidad.
- Se procede a ajustar la prensa y se mide la luz dejada por las barras inferiores (de eje a eje).
- Se ejerce presión sobre la unidad y se toma registro de la lectura arrojada al momento de la falla.

**Figura 6.18** *Ensayo de tracción por flexión: Unidades de sillar*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Figura 6.19 Ensayo de tracción por flexión: Ladrillo H-10



Fuente: Elaboración propia.

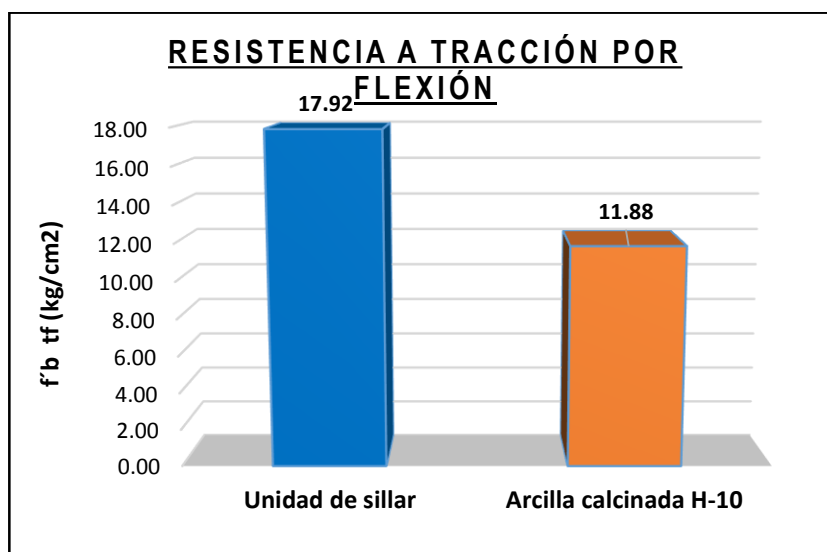
## C. RESULTADOS

Tabla 6.9 Comparación de resistencia a tracción por flexión

Clase de unidad	f' b tf (kg/cm <sup>2</sup> )
Unidad de sillar	17.92
Arcilla calcinada H-10	11.88

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6.7 Ensayo de resistencia a tracción por flexión



Fuente: Elaboración propia.

## 6.10. ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (NORMA ASTM C-1006)

Este ensayo se efectúa en una máquina de compresión sobre una unidad entera con ayuda de 02 barras de acero cuyo diámetro debe oscilar entre 1/8 a 1/12 la altura de la unidad a ensayar.

La fuerza es aplicada a manera de compresión en una banda estrecha en toda su longitud originando una fuerza de tracción ortogonal lo que hará que la unidad se rompa a tracción.

La resistencia a la tracción indirecta de las unidades será calculada de la siguiente manera:

$$f'_{bt} = \frac{2P}{\pi bt}$$

Donde:

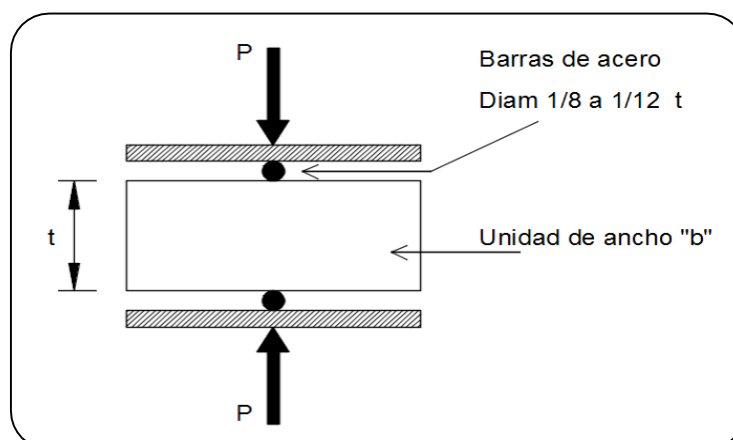
$f'_{bt}$  : Resistencia a la tracción por indirecta (kg/cm<sup>2</sup> o MPa).

$P$  : Carga aplicada por la prensa.

$b$  : Ancho de la unidad.

$t$  : Altura de la unidad.

**Figura 6.20 Resistencia a la tracción indirecta**



**Fuente: Elaboración propia.**

## **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- 05 unidades de cada tipo de unidad a evaluar (sillar y arcilla calcinada)
- Prensa hidráulica
- 03 barras cilíndricas de acero
- Regla metálica con precisión al milímetro

## **B. PROCEDIMIENTO**

- Con ayuda de 01 plancha de acero de 1", la cual se coloca en la parte inferior de la prensa, se procede a colocar las unidades sobre una barra de acero.
- En la parte superior se colocará la segunda barra en la parte media de la unidad.
- Se procede a ajustar la prensa y se ejerce presión sobre la unidad a velocidad constante.
- Se toma registro de la lectura arrojada al momento de la falla.

**Figura 6.21** *Ensayo de tracción indirecta: Unidades de sillar*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Figura 6.22 Ensayo de tracción indirecta: Ladrillo H-10



Fuente: Elaboración propia.

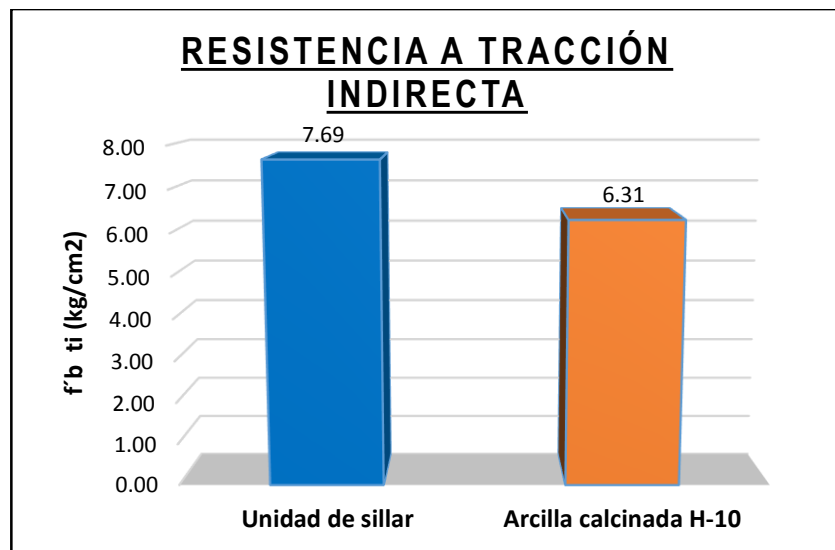
## C. RESULTADOS

Tabla 6.10 Comparación de resistencia a tracción indirecta

Clase de unidad	$f'_{b\ ti}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Unidad de sillar	7.69
Arcilla calcinada H-10	6.31

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6.8 Ensayo de resistencia a tracción indirecta



Fuente: Elaboración propia.

## 6.11. CLASIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE SILLAR

En esta tesis, la evaluación de las unidades se hizo bajo los parámetros establecidos en la norma RNE E.070; dado que a la actualidad no hay normativa vigente en el país que clasifique las unidades de material pétreo según las características similares que hay para las unidades de arcilla calcinada y/o concreto.

En este caso el sillar, protagonista de la presente investigación, fue puesto a prueba según los ensayos usados para la óptima clasificación de las unidades de albañilería con el fin de hacer un análisis comparativo del comportamiento de ambas unidades.

La norma RNE E.070 define que las características requeridas para que una unidad sea usada en el diseño estructural (*Tabla 2.1 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales*) dependerá básicamente de:

- Variación dimensional
- Alabeo
- Resistencia a la compresión

Luego de la realización de los ensayos para demostrar y obtener las características físicas y mecánicas de las unidades se muestra la siguiente tabla:

**Tabla 6.11 Clasificación de las unidades**

Clase de Unidad	Variación de Dimensiones (Máx en porcentajes)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia Característica a la compresión $f'_b$ mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	Clasificación
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm			
Sillar	-	-0.02%	0.25%	1.5	95.98	Tipo III
	-	Tipo V	Tipo V	Tipo V	Tipo III	
Arcilla calcinada H-10	1.25%	0.96%	0.50%	2	139.25	Tipo IV
	Tipo V	Tipo V	Tipo V	Tipo V	Tipo IV	

Fuente: *Elaboración propia.*



La unidad de arcilla calcinada H-10 cumple con la normativa para ser considerada una unidad Tipo IV.

En cambio, la unidad de sillar como podemos observar supera las expectativas en lo que se refiere a variación dimensional y alabeo, cumpliendo ampliamente los límites indicados por la normativa llegando a ser considerado en un primer momento un ladrillo tipo V; pero al momento de la resistencia a compresión se comprobó que este llegó a un valor promedio de 95.98 kg/cm<sup>2</sup> lo cual lo califica como una unidad Tipo III para el diseño estructural, como la compresión es esencial para la clasificación de la unidad, esta será clasificada como una unidad **Tipo III**.

En otras acotaciones, se puede mencionar que la unidad de sillar supera ampliamente a la unidad de arcilla calcinada en su porcentaje de absorción; lo cual es clave fundamental para el momento del asentado dado que al no haber una buena saturación de las unidades podría ocasionar problemas como succión excesiva de agua dejando al mortero seco e impidiendo un adecuado fraguado del mismo y posteriores fallas por adherencia.

## **CAPÍTULO VII**

### **ENSAYOS A LOS ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA**

#### **7.1. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL: PRIMAS DE ALBAÑILERÍA**

Este ensayo nos determinará la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, de manera empírica por efectos de esbeltez.

El ensayo fue realizado bajo los parámetros establecidos para muros de albañilería portante en el capítulo 5 (Resistencia de prismas de albañilería) de la Norma E.070 – Albañilería.

También se tomaron como referencia los apuntes determinados en la norma NTP 399.605.

El ensayo generalmente se realiza en una máquina universal de compresión aplicando cargas a una velocidad constante hasta que el espécimen falle.

---

Los especímenes llamados prismas o pilas deben estar compuestos por 02 a más unidades enteras, con una altura no muy excesiva. Al momento del ensayo, las muestras deben cumplir obligatoriamente con una edad no menor de 28 días; en caso la edad de los prismas sea menor, se procederá a corregir por los siguientes factores:

**Tabla 7.1 Incrementos de  $f'_m$  y  $v'_m$  por edad**

INCREMENTO DE $f'_m$ y $v'_m$ POR EDAD			
Edad		14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1,10	1,00

Fuente: Norma Técnica E.070, 2006.

La resistencia a la compresión axial de las pilas depende también de la esbeltez (relación de la altura entre el espesor del prisma). Según la norma E.070, los  $f'_m$  deben ser corregidos por los siguientes factores de corrección establecidos de acuerdo a la esbeltez del prisma a estudiar:

**Tabla 7.2 Factores de corrección para  $f'_m$**

FACTORES DE CORRECCIÓN DE $f'_m$ POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

Fuente: Norma Técnica E.070, 2006.

Las pilas deberán a la vez presentar una esbeltez comprendida entre 2 a 5 y poseer un alto no menor a 30 cm.

Las resistencias promedio especificadas en la normativa peruana son las que se muestran a continuación:

**Tabla 7.3 Resistencias características de la albañilería (\*\*)**

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa ( kg / cm <sup>2</sup> )				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD $f'_b$	PILAS $f'_m$	MURETES $v'_m$
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)
Silice-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 Técnica E.070, 2006.

(\*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

(\*\*) El valor  $f'_b$  se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de  $f'_c = 13,72$  MPa (140 kg cm<sup>2</sup>). El valor  $f'_m$  ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma.

La manera de obtención de los valores se realizará con la siguiente fórmula:

$$f'_m = \frac{P}{A} \times C$$

Donde:

$f'_m$  : Resistencia a la compresión axial (kg/cm<sup>2</sup> o MPa)

$P$  : Carga de rotura aplicada por la máquina.

$A$  : Área transversal a la fuerza.

$C$  : Factor de corrección por esbeltez.

La resistencia final será obtenida mediante la siguiente fórmula:

$$f'm = f'm \text{ prom} - \sigma$$

Donde:

- $f'm$  : Resistencia a la compresión axial.  
 $f'm \text{ prom}$  : Resistencia a la compresión axial promedio.  
 $\sigma$  : Desviación estándar.

## **A. MATERIALES Y EQUIPOS**

- 03 prismas elaborados con ladrillo de arcilla calcinada H-10 y mortero 1:4.
- 03 prismas elaborados con unidades de sillar y mortero 1:4.
- 03 prismas elaborados con unidades de sillar y mortero 1:1:4.
- Prensa hidráulica.
- Regla metálica con precisión al milímetro.
- Azufre en polvo.
- Planchas de acero para la compresión.

## **B. PROCEDIMIENTO**

- Los especímenes (pilas) deben haber superado la edad de 28 días para asegurar el correcto fraguado de las mismas.
- En una cocina preparar la mezcla del capeado, la cual debe contener de 40 a 60 % de azufre en polvo; por separado, lubricar un molde con petróleo para evitar la adherencia del azufre al molde.
- Una vez obtenida la mezcla, se vierte sobre el molde e inmediatamente se colocan las muestras ejerciendo una leve presión de las mismas a manera de obtener un recubrimiento uniforme; se dejan enfriar a temperatura ambiente, una vez enfriado, hacer lo mismo con la otra cara del espécimen.

- Se colocarán las muestras en la prensa y se ejerce presión sobre la misma.
- Una vez que la muestra falle, se retira la misma y se registra la lectura de la fuerza ejercida por la prensa.
- Una vez obtenidas los resultados de las muestras se procede con el trabajo de gabinete para determinar la resistencia a compresión de las muestras.
- Las muestras ensayadas fueron las anteriormente preparadas en el Capítulo IV. Las cuales son 03 primas de ladrillo H-10 con dosificación de mortero cemento-arena (1:4); 03 primas de unidades de sillar con dosificación de mortero cemento-arena (1:4) y 03 primas de unidades de sillar con dosificación de mortero cemento-cal-arena (1:1:4)
- En el caso de los especímenes realizados con unidades de sillar, el ensayo se realizó en una prensa diferente (la misma usada en el ensayo de compresión diagonal de muretes) dado a la altura que poseían las mismas superaba la capacidad permitida por la prensa hidráulica común.

**Figura 7.1** *Ensayo de resistencia a compresión de prismas: Unidades de sillar*



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Figura 7.2 Ensayo de resistencia a compresión de prismas: Ladrillo H-10



Fuente: Elaboración propia.

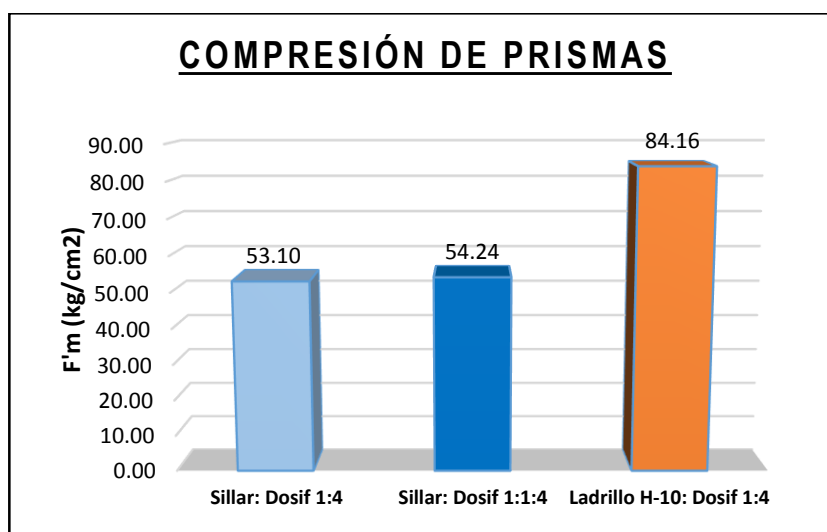
### C. RESULTADOS

Tabla 7.4 Comparación de resistencia a compresión de prismas

Clase de prisma/mortero	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
Unidad de sillar: Dosif 1:4	53.10
Unidad de sillar: Dosif 1:1:4	54.24
Ladrillo H-10: Dosif 1:4	84.16

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7.1 Ensayo de resistencia a la compresión de prismas



Fuente: Elaboración propia.

## 7.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES

Este es el ensayo usado generalmente para poder obtener la resistencia al corte o a tracción axial.

Esto es gracias a las similitudes de las formas de la falla que arroja este ensayo y las observadas en muros que han sufrido fuerzas sísmicas.

El ensayo de compresión diagonal de muretes está determinado por lo establecido en la Norma ASTM E-519, el cual trata acerca del Método Prueba estándar para ensayar a tracción diagonal muretes de albañilería.

También se rige bajo los procedimientos especificados por la norma técnica Peruana NTP 399.621.

Se recomienda que el tamaño de los especímenes deben ser mayor a 600 mm (60cm); la resistencia al corte de la albañilería  $v'_m$  se determina de manera empírica de acuerdo a la importancia de la edificación tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 7.5 Métodos de cálculo de resistencias**

MÉTODOS PARA DETERMINAR $f'_m$ y $v'_m$									
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
$(f'_m)$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$(v'_m)$	A	A	A	B	A	A	B	B	A

Fuente: Norma Técnica E.070, 2006.

En relación a la edad de los especímenes, estos deben tener 28 días; en caso sea menor, se recurren a los factores determinados en la Tabla 6.1 Incrementos de  $f'_m$  y  $v'_m$  por edad.



La resistencia a compresión diagonal se calculará de la siguiente manera:

$$v'm = \frac{P}{A}$$

Donde:

$v'm$  : Resistencia a la compresión diagonal (kg/cm<sup>2</sup> o MPa)

$P$  : Carga de rotura aplicada por la máquina.

$A$  : Área transversal a la fuerza.

$$A = D \times t$$

Donde:

$D$  : Longitud diagonal del murete

$t$  : Espesor del murete

La resistencia final será obtenida mediante la siguiente fórmula:

$$v'm = v'm \text{ prom} - \sigma$$

Donde:

$v'm$  : Resistencia a la compresión diagonal

$v'm \text{ prom}$  : Resistencia a la compresión diagonal promedio

$\sigma$  : Desviación estándar

## A. MATERIALES Y EQUIPOS

- 03 muretes elaborados con ladrillo de arcilla calcinada H-10 y mortero 1:4.
- 03 muretes elaborados con unidades de sillar y mortero 1:4.
- 03 muretes elaborados con unidades de sillar y mortero 1:1:4.
- Prensa hidráulica.

- Regla metálica con precisión al milímetro.
- Yeso y cemento para el capeo.
- Planchas de acero para la compresión.

## **B. PROCEDIMIENTO**

- Los especímenes (muretes) deben haber superado la edad de 28 días para asegurar el correcto fraguado de las mismas.
- Por separado se prepara una mezcla de yeso – cemento.
- Una vez obtenida la mezcla se procede a realizar un refrendado con la misma en dos esquinas opuestas del murete a manera que puedan corregir la irregularidad superficial de los mismos, igualmente que en las pilas.
- Se procede con la colocación de las escuadras de carga de la prensa superior e inferior de manera centrada.
- Se coloca el murete centrándolo respecto a las escuadras alineadas. Se verifica la nivelación del murete con el plano de las escuadras.
- Se ejerce carga de manera continua hasta que el espécimen falle, se registra la lectura de la fuerza ejercida por la prensa.
- Las muestras ensayadas fueron las anteriormente preparadas en el Capítulo IV. Las cuales son 03 muretes de ladrillo H-10 con dosificación de mortero cemento-arena (1:4); 03 muretes de unidades de sillar con dosificación de mortero cemento-arena (1:4) y 03 muretes de unidades de sillar con dosificación de mortero cemento-cal-arena (1:1:4)

**Figura 7.3 Ensayo de resistencia a compresión diagonal de muretes: Ladrillo H-10**



**Fuente: Elaboración propia.**

**Figura 7.4 Ensayo de resistencia a compresión diagonal de muretes: Unidad de sillar**



**Fuente: Elaboración propia.**

**Figura 7.5** Falla escalonada en murete de unidades de sillar (Mortero 1:4)



**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Figura 7.6** Falla en murete de unidades de sillar (Mortero 1:1:4)



**Fuente:** *Elaboración propia.*

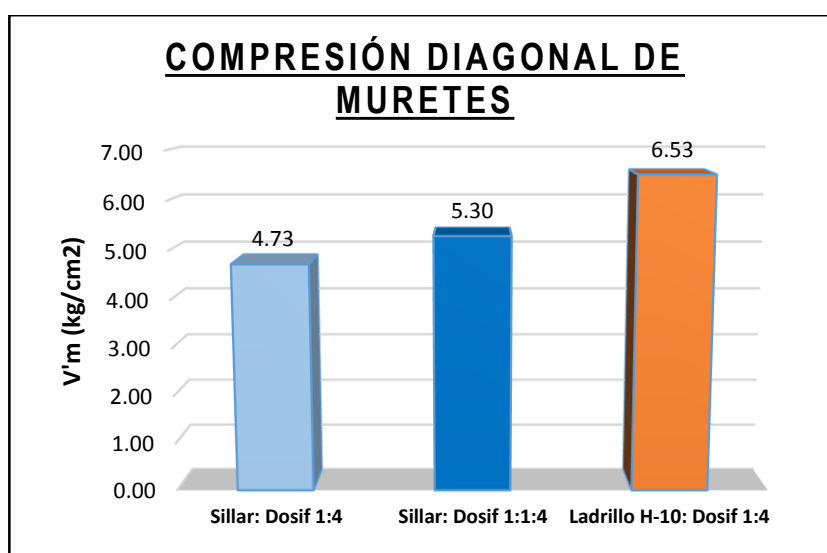
## C. RESULTADOS

Tabla 7.6 Comparación de resistencia a compresión diagonal de muretes

Clase de murete/mortero	v'm (kg/cm <sup>2</sup> )
Unidad de sillar: Dosif 1:4	4.73
Unidad de sillar: Dosif 1:1:4	5.30
Ladrillo H-10: Dosif 1:4	6.53

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7.2 Ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes



Fuente: Elaboración propia.

### 7.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN DE LA ALBAÑILERÍA

La resistencia obtenida mediante la compresión de primas en los diferentes tipos de muestras preparadas es:

Unidad de sillar (mortero 1:4) →  $f'm = 53.10 \text{ Kg/cm}^2$

Unidad de sillar (mortero 1:1:4) →  $f'm = 54.24 \text{ Kg/cm}^2$

Ladrillo H – 10 (mortero 1:4) →  $f'm = 84.16 \text{ Kg/cm}^2$

Como podemos observar en los resultados, los prismas construidos con mortero 1:1:4 cemento – cal – arena tienen un ligero aumento en la resistencia a comparación del realizado con el mortero cemento – arena.

A comparación a la resistencia del ladrillo tipo H-10, este le lleva una ventaja superior a los primas de sillar. Cabe mencionar, además, que las fallas registradas en los primas de sillar fueron fisuras mínimas en los sillares; una de las muestras se destruyó totalmente.

Bajo la premisa de la Normativa RNE 070 – Albañilería, esta nos entrega parámetros mínimos con relación a la resistencia de pilas o primas (Tabla 7.3 Resistencias características de la albañilería); la unidad de arcilla calcinada tipo H-10 supera ampliamente la resistencia estipulada para ser considerada una unidad king kong tipo industrial (65 Kg/cm<sup>2</sup>).

A diferencia de los resultados arrojados en la compresión de pilas de sillar, clasifica a la unidad dentro la denominación de un king kong artesanal cuya resistencia mínima necesaria es de 35 Kg/cm<sup>2</sup>.

En el ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes arrojó los siguientes resultados de acuerdo al tipo de espécimen elaborado:

Unidad de sillar (mortero 1:4)	→	v'm = 4.73 Kg/cm <sup>2</sup>
Unidad de sillar (mortero 1:1:4)	→	v'm = 5.30 Kg/cm <sup>2</sup>
Ladrillo H – 10 (mortero 1:4)	→	v'm = 6.53 Kg/cm <sup>2</sup>

Analizando resultados, el mejor lo obtiene el murete construido con mortero de cemento – cal – arena (1:1:4), cuyo valor llega a alcanzar 5.30 kg/cm<sup>2</sup> estando dentro de los parámetros de la resistencia de una unidad de arcilla calcinada king kong artesanal nuevamente (Tabla 7.3 Resistencias características de la albañilería).

El tipo de fallas observadas en los muretes fueron de 2 tipos:

**Falla escalonada:** Esta falla se observó en los 03 muretes elaborados con mortero 1:4, esta falla ocurre generalmente cuando los esfuerzos tangenciales en la junta de mortero exceden a la resistencia al corte del murete; es muy común en la mampostería de sillar que podemos observar actualmente en Arequipa dado que el mortero se debilita con el tiempo al estar en contacto con el sillar. Otra de las principales causas de este tipo de falla es la falta de adherencia entre la unidad y el mortero, puesto que el sillar como ya se demostró anteriormente en los ensayos realizados a la unidad, posee un grado alto de absorción y succión, lo cual hace que al momento de asentar las unidades, las mismas absorban rápidamente el agua del mortero acelerando el fraguado del mismo, lo cual le disminuye sus propiedades de adherencia.

**Falla diagonal:** esta falla es la más común en la albañilería de unidades de arcilla calcinada bien asentadas, se caracteriza por presentar una grieta diagonal que atraviesa tanto al mortero como la unidad. Este tipo de falla pudo observarse en 02 especímenes de sillar elaborados con mortero 1:1:4, de esta manera se está comprobando que la cal posee al mortero de mejor manejabilidad y adherencia entre el mismo y la unidad puesto que este material ayuda también a la retención del líquido en el mortero, permitiendo de esta manera que la unidad colocada no absorba el agua del material de asentado. Esta falla fue también observada en los muretes construidos con Ladrillo H-10.

En la Tabla 7.7 podemos ver las limitaciones que tiene cada tipo de unidad de albañilería (Norma Técnica E.070, 2006).

**Tabla 7.7 Limitaciones de uso de las unidades de albañilería**

LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA 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

**Fuente: Norma Técnica E.070, 2006.**

A comparación de las unidades de arcilla calcinada – H10, estas superan los resultados arrojados por las unidades de sillar; (cabe mencionar que las unidades ensayadas de arcilla calcinada fueron netamente industriales).

En concordancia con la Tabla 7.7, podemos finalizar diciendo que la unidad de sillar estudiado cumple con los parámetros de albañilería que rige la RNE 070 para una unidad de arcilla calcinada sólida artesanal, la cual puede ser usado en muros portantes hasta de 02 pisos en la zona sísmica 3<sup>1</sup> (zona en la que está ubicada la ciudad de Arequipa) óptimo para la construcción de una vivienda unifamiliar, por lo cual la unidad de sillar propuesta es óptima al ser usada como alternativa a la unidad anteriormente mencionada.

<sup>1</sup> La Norma RNE 070 – Albañilería, aún no ha sido adecuada a la nueva normativa E.030 (D.S 03-2016 – Vivienda), la cual estipula 04 zonas sísmicas dentro del territorio peruano.



## **CAPÍTULO VIII**

### **ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS**

Adicionalmente al proyecto de investigación de la comparación de unidades de sillar para su uso en viviendas unifamiliares, se realizó el análisis de una vivienda unifamiliar proyectada en la ciudad de Arequipa a manera de afianzar que los resultados anteriormente obtenidos; aclarando que la presente investigación está dentro de la rama de construcción, mas no de estructuras.

El análisis se realizó netamente mediante las fórmulas estipuladas en la normativa E.030 – Diseño sismoresistente.

#### **8.1. MEMORIA DESCRIPTIVA**

La vivienda analizada es de tipo unifamiliar de 02 niveles, proyectada para la ciudad de Arequipa.

Área de terreno	:	85.36 m <sup>2</sup>
Área construida (1 <sup>er</sup> Piso)	:	85.36 m <sup>2</sup>

Área construida (2<sup>do</sup> Piso) : 83.26 m<sup>2</sup>

Altura de Piso a techo : 2.50 m

### **Distribución de ambientes**

#### 1er Nivel

- 01 sala – comedor
- 01 cocina
- 02 dormitorios
- 01 lavandería

#### 2do Nivel

- 03 dormitorios
- 01 hall
- 01 pasadizo

## **8.2. MEMORIA DEL CÁLCULO**

### **8.2.1. GENERALIDADES**

Ubicación : Arequipa  
Uso : Vivienda unifamiliar  
Tipo de techo : Losa Aligerada h = 20 cm  
Altura de piso a techo : 2.50 m

### **8.2.2. MATERIALES A USAR**

- Unidades de sillar de 28 x 17 x 12 cm, cortadas industrialmente y con hendiduras en las caras superiores de asentado.
- Pilas de sillar con dosificación de mortero 1:1:4 (cemento, cal, arena) f'm = 54.24 Kg/ cm<sup>2</sup>.

- Muretes de sillar con dosificación de mortero 1:1:4 (cemento, cal, arena)  $v'm = 5.30 \text{ kg/cm}^2$ .

La norma nos exige este parámetro:

$$v'm \leq \sqrt{f'm} \rightarrow v'm \leq 7.36 \text{ kg/cm}^2$$

Cumple con lo determinado, se usó  $v'm = 5.30 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de elasticidad<sup>2</sup>:  $E'm = 19867.00 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de corte:  $G = 7263.00 \text{ kg/cm}^2$

### 8.2.3. CARGAS UNITARIAS

- Peso propio de losa ( $h = 20 \text{ cm}$ ) =  $350 \text{ kg/m}^2$
- Peso de muros portantes =  $1485.00 \text{ kg/m}^3$
- Peso de concreto =  $2400 \text{ kg/m}^2$
- Piso terminado =  $100 \text{ kg/m}^2$
- Sobrecarga techo =  $200 \text{ kg/m}^2$
- Sobrecarga azotea =  $150 \text{ kg/m}^2$

### 8.2.4. DENSIDAD DE MUROS

La densidad de muros fue verificada bajo la siguiente fórmula<sup>3</sup>:

$$\frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$$

Donde:

L : Longitud total de muros incluyendo columnas.

t : Espesor efectivo =  $0.17 \text{ m}$ .

Ap : Área de planta de la edificación en  $\text{m}^2$ .

Z : Factor de zona.

U : Factor de uso.

S : Factor de tipo de suelo.

N : Número de pisos de la edificación.

---

<sup>2</sup> Tesis: Ensayos de Albañilería en Sillar, Juan Lara, PUCP, 1988.

<sup>3</sup> El análisis se hará bajo los parámetros de la norma E.030 – Diseño sísmoresistente – 2016.

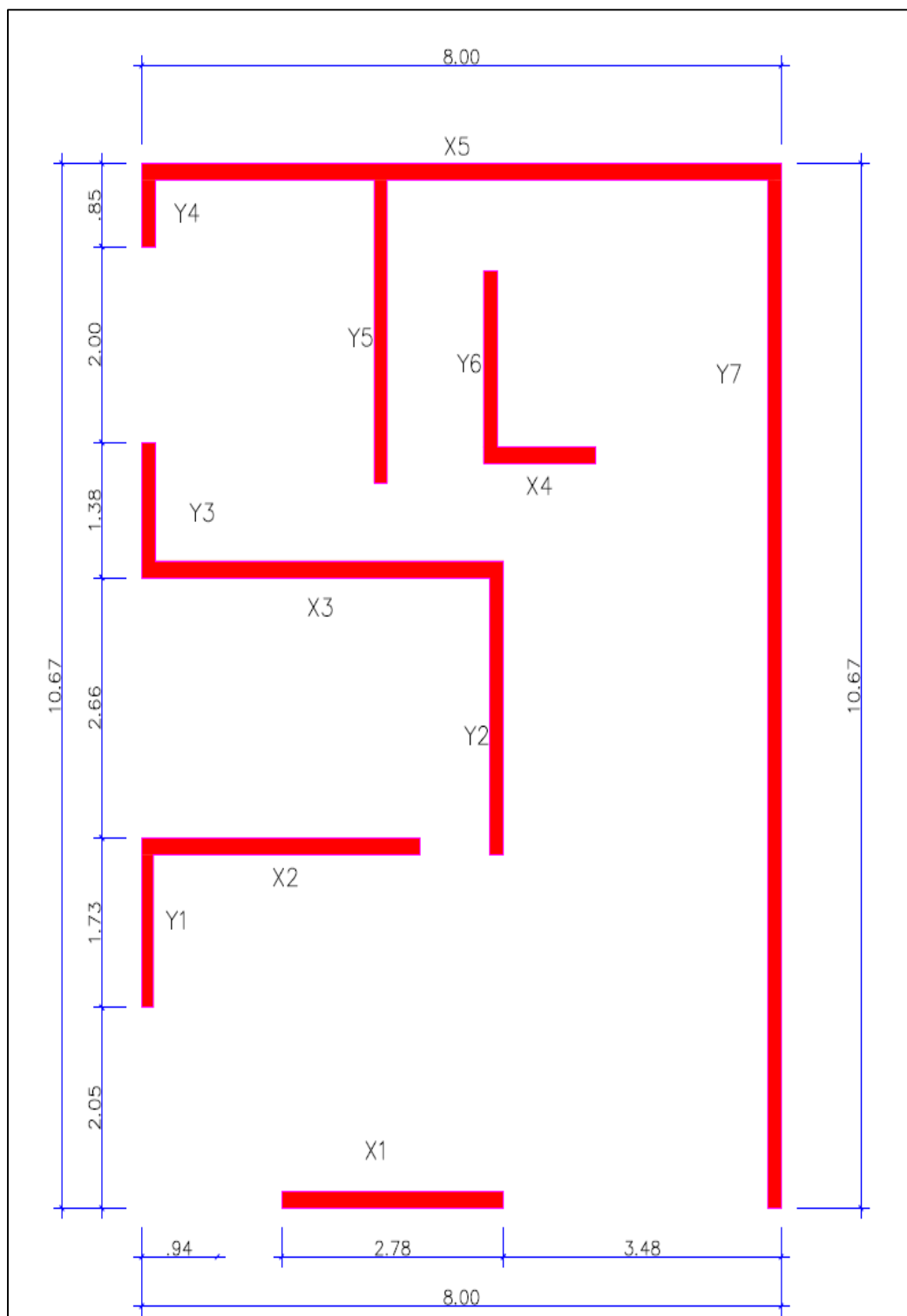
---

**Tabla 8.1 Densidad de muros**

Densidad de muros				
Detalle				ZUSN/56
Z (Factor de zona)		0.35		0.0144
U (Factor de uso)		1		
S (Factor de suelo)		1.15		
N (Numero de pisos)		2		
Ap (Área planta típica)		78.58		
Sentido XX	$\Sigma L_t$	3.40	0.04328	OK
Sentido YY	$\Sigma L_t$	3.74	0.04760	OK

**Fuente: Elaboración propia.**

Figura 8.1 Estructuración de la vivienda



Fuente: Elaboración propia.

## 8.2.5. METRADO DE CARGAS

Se realizó el metrado de cargas para poder determinar la cortante de la vivienda.

**Tabla 8.2 Resultado de metrado de cargas**

Metrado de Cargas 1 Nivel		Metrado de Cargas 2 Nivel	
Elemento	Peso (ton)	Elemento	Peso (ton)
X1	1.86	X1	1.43
X2	2.32	X2	1.10
X3	3.03	X3	1.43
X4	0.82	X4	0.39
X5	5.35	X5	2.52
Y1	1.04	Y1	0.49
Y2	1.89	Y2	0.89
Y3	0.81	Y3	0.38
Y4	0.45	Y4	0.21
Y5	2.07	Y5	0.98
Y6	1.31	Y6	0.62
Y7	7.14	Y7	3.37
Columnas	4.64	Columnas	2.19
Muros no portantes	2.01	Muros no portantes	0.95
Losa	35.36	Losa	35.36
CV	15.72	CV	11.79
Total	85.83	Total	64.09
CM	70.11	CM	52.30
CV	15.72	CV	11.79
P (CM+%CV)	74.04	P (CM+%CV)	55.25

Fuente: Elaboración propia.

### 8.2.6. ANÁLISIS ESTÁTICO ANTE SISMO

El principal objetivo es determinar la cortante por sismo de la edificación, utilizamos la siguiente fórmula proporcionada por la Norma E.030:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

Donde:

$$\begin{array}{lll} Z = 0.35 & U = 1.00 & C = 2.5 \\ S = 1.15 & R = 6 & P = 129.29 \text{ ton.} \\ Ct = 60 & Tp = 0.6 & hn = 5.50 \end{array}$$

$$T = \frac{hn}{Ct} = 0.09$$

$$C = 2.5 \frac{Tp}{T} = 16.36 \leq 2.5$$

$$C = 2.5$$

$$V = 21.68 \text{ ton}$$

**Tabla 8.3 Resultados del cálculo de cortante**

Calculo de la cortante							
Piso	Hi (m)	Pi (ton)	Pi.hi (ton.m)	Pi.hi / ΣPi.hi	Fi (ton)	Hi (ton)	VEi (ton)
2	5.50	55.25	303.87	0.60	12.98	12.98	25.97
1	2.75	74.04	203.61	0.40	8.70	21.68	43.37
			507.48				

Fuente: Elaboración propia.

### 8.2.7. CÁLCULO DEL CENTRO DE MASA

$$X_c = \frac{\sum P_i \cdot X_i}{\sum P_i} \qquad Y_c = \frac{\sum P_i \cdot Y_i}{\sum P_i}$$

**Tabla 8.4 Centro de masas de la estructura**

Descripción	1er Nivel	2do Nivel
Xc (m)	3.99	3.88
Yc (m)	6.05	5.78

Fuente: Elaboración propia.

### 8.2.8. RIGIDEZ LATERAL DE MUROS

La rigidez por cada muro fue calculada mediante las siguientes fórmulas:

$$K = \frac{Em}{\frac{h^3}{3I} + ff \cdot h \cdot \frac{Em}{Gm}}$$

Donde:

- $K$  : Rigidez del muro.                       $Em$  : Módulo de elasticidad.  
 $Gm$  : Módulo de corte.                       $h$  : Altura del muro.  
 $I$  : Momento de Inercia                       $ff$  : Factor de forma.

$$ff = \frac{Ac}{At}$$

Donde:

- $Ac$  : Área de corte del muro.  
 $At$  : Área total de la sección convertida.



### 8.2.9. CÁLCULO DE CENTRO DE RIGIDEZ

$$X_{cr} = \frac{\sum K_{iy} \cdot X_i}{\sum K_{iy}} \qquad Y_{cr} = \frac{\sum K_{ix} \cdot Y_i}{\sum K_{ix}}$$

$X_i, Y_i$  : centros de masa de las secciones transformadas.

**Tabla 8.5 Centro de rigidez de la estructura**

Descripción	1er Nivel	2do Nivel
X <sub>cr</sub> (m)	4.97	6.13
Y <sub>cr</sub> (m)	5.73	7.47

Fuente: Elaboración propia.

### 8.2.10. EXCENTRICIDAD Y MOMENTOS TORSORES

$$e_x = X_{cr} - X_c \qquad e_y = Y_{cr} - Y_c$$

Donde:

$e_x, e_y$  : Excentricidades

$X_{cr}, Y_{cr}, X_c, Y_c$  : Centros de rigidez y masa

La excentricidad total se encuentra sumando la excentricidad accidental:

$$e_{xx} = e_x + 5\%L_x \qquad e_{yy} = e_y + 5\%L_y$$

$e_x, e_y$  : Excentricidades totales

$5\%L_x, 5\%L_y$  : Excentricidades accidentales

$L_x, L_y$  : lados mayores de la estructura (m)

Los momentos torsores son calculados de la siguiente manera:

$$M_{xx} = V_{ix} \cdot e_{yy} \qquad M_{yy} = V_{iy} \cdot e_{xx}$$

**Tabla 8.6 Excentricidad en la estructura**

Excentricidad			
1er Nivel		2do Nivel	
exx (m)	1.38	exx (m)	2.66
eyy (m)	0.18	eyy (m)	2.19

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8.7 Momentos torsores totales**

Momentos Torsores		
Piso	Mxx (ton.m)	Myy (ton.m)
1	3.85	29.98
2	28.50	34.49

Fuente: Elaboración propia.

### 8.2.11. CÁLCULO DE CORTANTES POR TORSIÓN

$$V_{tx} = \left( \frac{K_x, dy}{\sum K_x dy^2} \right) M_t \quad V_{ty} = \left( \frac{K_y, dx}{\sum K_y dx^2} \right) M_t$$

Donde:

$V_{tx}, V_{ty}$  : Cortantes por muro

$K_x, K_y$  : Rigidez de muro

$dx, dy$  : Distancia del centro de masa de cada elemento al centro de rigidez de la estructura

**Tabla 8.8 Resultados de cortantes por torsión**

CORTANTES POR TORSIÓN			
1ER NIVEL		2DO NIVEL	
Muro	Vt1 (ton)	Muro	Vt1 (ton)
X1	0.22	X1	-1.61
X2	0.10	X2	-1.24
X3	-0.04	X3	-0.46
X4	-0.01	X4	0.00
X5	-0.28	X5	1.89
Y1	0.31	Y1	0.17
Y2	0.16	Y2	0.44
Y3	0.15	Y3	0.08
Y4	0.02	Y4	0.01
Y5	0.67	Y5	0.61
Y6	0.06	Y6	0.09
Y7	-1.38	Y7	-1.41

**Fuente: Elaboración propia.**

### 8.2.12. CÁLCULO DE CORTANTES DIRECTAS POR MURO

$$Vdx = \left( \frac{Kx}{\sum Kx} \right) V \qquad Vdy = \left( \frac{Ky}{\sum Ky} \right) V$$

Donde:

$Vdx, Vdy$  : Cortantes directas por muro

$V$  : Cortante total calculada

$Kx, Ky$  : Rigidez de muro

**Tabla 8.9 Resultado de cortantes directas**

CORTANTES DIRECTAS			
1ER NIVEL		2DO NIVEL	
Muro	Vd (ton)	Muro	Vd (ton)
X1	4.24	X1	1.70
X2	5.53	X2	2.63
X3	5.36	X3	3.82
X4	0.45	X4	0.09
X5	6.10	X5	4.74
Y1	1.03	Y1	0.27
Y2	4.97	Y2	2.51
Y3	0.49	Y3	0.13
Y4	0.06	Y4	0.02
Y5	5.69	Y5	1.92
Y6	1.92	Y6	0.53
Y7	7.51	Y7	7.61

**Fuente: Elaboración propia.**

### 8.2.13. CÁLCULO DE CORTANTES TOTALES POR MURO

El cálculo de los cortantes totales se realizó de la siguiente manera:

$$V = Vd + Vt1$$

Donde:

$V$  : Cortante total.

$Vd$  : Cortante directa.

$Vt$  : Cortante por torsión.

**Tabla 8.10 Cortantes totales**

CORTANTES TOTALES			
1ER NIVEL		2DO NIVEL	
Muro	V (ton)	Muro	V (ton)
X1	4.47	X1	0.09
X2	5.63	X2	1.39
X3	5.32	X3	3.36
X4	0.44	X4	0.09
X5	5.83	X5	6.62
Y1	1.34	Y1	0.44
Y2	5.13	Y2	2.95
Y3	0.65	Y3	0.21
Y4	0.08	Y4	0.03
Y5	6.37	Y5	2.53
Y6	1.99	Y6	0.63
Y7	6.13	Y7	6.20

**Fuente: Elaboración propia.**

### 8.2.14. CÁLCULO DE MOMENTOS PARA CADA MURO

El cálculo se realizó por cada muro, usando la siguiente expresión:

$$M = V \cdot h$$

Donde:

- M : Momento total.  
V : Cortante total.  
h : Altura del muro.

**Tabla 8.11 Momentos para cada muro**

MOMENTOS TOTALES			
1ER NIVEL		2DO NIVEL	
Muro	M (ton.m)	Muro	M (ton.m)
X1	11.84	X1	0.23
X2	14.93	X2	3.47
X3	14.09	X3	8.40
X4	1.16	X4	0.24
X5	15.44	X5	16.56
Y1	3.55	Y1	1.11
Y2	13.60	Y2	7.38
Y3	1.71	Y3	0.52
Y4	0.22	Y4	0.06
Y5	16.87	Y5	6.33
Y6	5.26	Y6	1.57
Y7	16.25	Y7	15.49

Fuente: Elaboración propia.

### 8.2.15. VERIFICACIÓN MEDIANTE ESFUERZO AXIAL MÁXIMO

En el presente ítem se ve la verificación de resistencia del muro por esfuerzo axial máximo.

La condición que tiene que cumplir un muro para ser aceptado mediante esfuerzo axial es la siguiente:

$$\sigma \leq \sigma_{adm} \leq 0.15f'm$$

$$\sigma_{adm} = 0.20 \cdot f'm \cdot \left(1 - \left(\frac{h}{35t}\right)^2\right)$$

Donde:

- $\sigma$  : Esfuerzo actuante.
- $\sigma_{adm}$  : Esfuerzo admisible.
- $f'm$  : Resistencia a la compresión axial.
- $h$  : Altura del muro.
- $t$  : Espesor de muro.

$$f'm = 54.24 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'm = 542.4 \text{ ton/m}^2$$

$$0.15 \cdot f'm = 81.36 \text{ ton/m}^2$$

**Tabla 8.12 Resultados de la verificación por esfuerzo axial máximo: Primer nivel**

ESFUERZO AXIAL MÁXIMO 1ER NIVEL				
Muro	$\sigma$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\sigma_a$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\sigma < \sigma_a$	0.15f'm (ton/m <sup>2</sup> )
X1	22.44	86.96	Sí cumple	81.36
X2	25.73	86.96	Sí cumple	
X3	28.04	86.96	Sí cumple	
X4	31.16	86.96	Sí cumple	
X5	17.21	86.96	Sí cumple	
Y1	13.82	86.96	Sí cumple	
Y2	25.93	86.96	Sí cumple	
Y3	22.04	86.96	Sí cumple	
Y4	11.43	86.96	Sí cumple	
Y5	12.14	86.96	Sí cumple	
Y6	13.85	86.96	Sí cumple	
Y7	10.49	86.96	Sí cumple	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8.13 Resultados de la verificación por esfuerzo axial máximo: Segundo nivel**

ESFUERZO AXIAL MÁXIMO 2DO NIVEL				
Muro	$\sigma$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\sigma_a$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\sigma < \sigma_a$	0.15f'm (ton/m <sup>2</sup> )
X1	9.59	86.96	Sí cumple	81.36
X2	11.00	86.96	Sí cumple	
X3	11.98	86.96	Sí cumple	
X4	13.31	86.96	Sí cumple	
X5	7.35	86.96	Sí cumple	
Y1	5.91	86.96	Sí cumple	
Y2	11.08	86.96	Sí cumple	
Y3	9.42	86.96	Sí cumple	
Y4	4.88	86.96	Sí cumple	
Y5	5.19	86.96	Sí cumple	
Y6	5.92	86.96	Sí cumple	
Y7	4.48	86.96	Sí cumple	

Fuente: Elaboración propia.

Los esfuerzos actuantes cumplen con la condición de ser menor al admisible; entiéndase como admisible el esfuerzo máximo que puede soportar cada muro, en ese caso el muro cumple con lo establecido perfectamente. El problema radica en el parámetro establecido que nos pide que el esfuerzo admisible sea menor al 15% de  $f'm$ , el cual no se cumple; en ese caso el esfuerzo admisible ( $\sigma_{adm}$ ) es reducido al 15% del  $f'm$  a manera que cumpla lo permitido, dado que dicha reducción no afecta el parámetro de ser mayor al esfuerzo actuante. Se puede decir que los muros de albañilería de sillar propuesto superan ampliamente la verificación de esfuerzo máximo, aceptando de esta manera la unidad y el uso de la misma en albañilería.

Cabe y es importante mencionar que este análisis se realizó mediante fórmulas establecidas para el cálculo de resultados para albañilería<sup>4</sup>, de las cuales en el reglamento solamente se mencionan unidades de arcilla calcinada, sílice – cal y de concreto, mas no mampostería y/o utilización de unidades similares.

Este resultado se afianzará y constatará por la verificación y control de muros por fisuración a causa de sismo moderado.

---

<sup>4</sup> *Los ensayos se realizaron con normativa establecida para albañilería dado que no existen normas estipuladas para el uso del material sillar dentro del Perú, además el objeto de la tesis es hacer un análisis comparativo entre unidades, razón por la cual se hizo uso de la normativa vigente.*

---



### 8.2.16. CONTROL DE FISURACIÓN

El control mediante fisuración depende del cortante generado por sismo moderado y la fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal, se rige bajo la siguiente fórmula:

$$V_e \leq 0.55 V_m$$

Donde:

$V_e$ : Fuerza cortante que es generada por sismo moderado

$V_m$ : Fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal

$$V_m = 0.5 \cdot v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23 \cdot P_g$$

$v'_m$  : Resistencia característica de corte de la albañilería

$$v'_m \leq \sqrt{f'_m} = 7.36 \text{ kg/cm}^2$$

$$v'_m = 5.30 \text{ kg/cm}^2$$

$$v'_m \rightarrow \text{cumple}$$

$P_g$  : Carga por gravedad de la estructura

$t$  : Espesor efectivo del muro

$L$  : Longitud total de muro

$\alpha$  : Resistencia característica de corte de la albañilería

$$\frac{1}{3} \leq \alpha \leq 1$$

$$\alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e}$$

$V_e$  : Fuerza cortante del muro

$M_e$  : Momento flector del muro

De no cumplirse el requisito, la albañilería deberá ser reemplazada por otra que sí cumpla con lo estipulado.

**Tabla 8.14 Resultados de control por fisuración: Primer nivel**

FISURACIÓN 1ER NIVEL			
Muro	vm	0.55*vm	Ve < 0.55*vm
X1	14.93	8.21	No se fisura
X2	19.14	10.53	No se fisura
X3	25.33	13.93	No se fisura
X4	4.07	2.24	No se fisura
X5	41.40	22.77	No se fisura
Y1	4.98	2.74	No se fisura
Y2	15.61	8.58	No se fisura
Y3	3.53	1.94	No se fisura
Y4	1.32	0.73	No se fisura
Y5	15.38	8.46	No se fisura
Y6	7.59	4.17	No se fisura
Y7	52.41	28.83	No se fisura

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8.15 Resultados de control por fisuración: Segundo nivel**

FISURACIÓN 2DO NIVEL			
Muro	vm	0.55*vm	Ve < 0.55*vm
X1	13.53	7.44	No se fisura
X2	17.14	9.43	No se fisura
X3	22.49	12.37	No se fisura
X4	3.36	1.85	No se fisura
X5	38.31	21.07	No se fisura
Y1	4.74	2.61	No se fisura
Y2	13.97	7.68	No se fisura
Y3	3.08	1.70	No se fisura
Y4	1.15	0.63	No se fisura
Y5	14.54	8.00	No se fisura
Y6	7.37	4.05	No se fisura
Y7	49.90	27.45	No se fisura

Fuente: Elaboración propia.

Se acepta la utilización de muros con unidades de sillar reducidas para la vivienda propuesta, dado que superan los parámetros y condiciones para la aceptación de los mismos.

### 8.2.17. CONTROL DE LA DISTORSIÓN

Se hizo uso del software ETABS, para determinar los valores de desplazamientos y distorsión en la edificación. En la tabla se muestran los resultados de los periodos de vibración y frecuencias, que indicará la importancia de cada modo en su respectiva dirección.

Máximo desplazamiento relativo de entrepiso:

En la dirección X-X:  $DIF \times 0.85 \times R' / hei \leq 0.005$

En la dirección Y-Y:  $DIF \times 0.85 \times R' / hei \leq 0.005$

Se consideró 0.005 ya que la estructura cuenta con muros de albañilería, placas y pórticos en ambas direcciones.

En los siguientes cuadros se muestran los desplazamientos relativos y distorsiones obtenidas en cada nivel.

**Tabla 8.16 Desplazamientos relativos y distorsiones por nivel**

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX m	UY m	UZ m
PISO 2	D2	ENVOL Max	0.000869	0.000862	0
PISO 2	D2	ENVOL Min	-0.000847	-0.000906	0
PISO 1	D1	ENVOL Max	0.000471	0.000474	0
PISO 1	D1	ENVOL Min	-0.000464	-0.000484	0

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla 8.17 Verificación de cumplimiento de los límites de distorsión**

CONTROL DE LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DE ENTREPISO EN LA DIRECCIÓN X-X							
Factor de Reducción "R" a usar =			2.025	Edificación irregular		0.85	DERIVA DE ENTREPISO
ENTREPISO	D(ETABS)	Di(cm)	Hi(cm)	$\Delta i = Di \cdot 0.85 \cdot R$	$d_i = \Delta i + 1 - \Delta i$	$a_i = d_i / H_i$	
1	0.0005	0.050	270.0	0.086	0.086	0.0003	CUMPLE
2	0.0009	0.090	270.0	0.155	0.069	0.0003	CUMPLE

CONTROL DE LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DE ENTREPISO EN LA DIRECCIÓN Y-Y							
Factor de Reducción "R" a usar =			2.025	Edificación irregular		0.85	DERIVA DE ENTREPISO
ENTREPISO	D(ETABS)	Di(cm)	Hi(cm)	$\Delta i = Di \cdot 0.85 \cdot R$	$d_i = \Delta i + 1 - \Delta i$	$a_i = d_i / H_i$	
1	0.0005	0.050	270.0	0.086	0.086	0.0003	CUMPLE
2	0.0009	0.090	270.0	0.155	0.069	0.0003	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

En la dirección del eje X, eje Y, el desplazamiento de entrepiso es menor o igual a 0.005 del centro de masas; el diseño es correcto.

### 8.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS

Se llevó a cabo el cálculo de presupuesto de la misma vivienda unifamiliar analizada estructuralmente; los costos son actualizados al mes de febrero del año 2016 y solamente es hasta la etapa de casco rojo.

#### 8.3.1. VIVIENDA CON USO DE LADRILLO H-10

Este presupuesto contempla la colocación de muros de ladrillos de arcilla calcinada tipo H-10 (24 x 14 x 10 cm).

Se consideraron sobre cimientos de 0.14 m y la mezcla del mortero para el asentado de ladrillo fue de cemento – arena (1:4).

El costo de la unidad es de S/. 1.14 incluido IGV.

El costo total calculado de la vivienda es de S/. 99 415.91 (Noventa y nueve mil cuatrocientos quince con 91/100 nuevos soles).

El costo por m<sup>2</sup> construido es de = S/. 582.33.

### **8.3.2. VIVIENDA CON USO DE UNIDADES DE SILLAR REDUCIDAS**

Este presupuesto contempla la colocación de muros de unidades de sillar (28 x 17 x 12 cm).

Se consideraron sobre cimientos de 0.17 m y la mezcla del mortero para el asentado de ladrillo fue de cemento – cal – arena (1:1:4).

El costo de la unidad es de S/. 7.00 incluido IGV (Precio con el cual se adquirió su obtención).

El costo total calculado de la vivienda es de S/. 143 814.38 (Ciento cuarenta y tres mil ochocientos catorce 38/100 nuevos soles).

El costo por m<sup>2</sup> construido es de = S/. 842.40.

### **8.3.3. COMPARACIÓN**

Comparando los dos presupuestos podemos observar que el que contempla la colocación de muros con unidades de sillar arroja un precio elevado a comparación del que se usa unidades de arcilla calcinada tipo H-10.

En este aspecto, en primera instancia se puede decir que no es rentable la utilización de dicho material por el elevado costo de las unidades a comparación del costo de los ladrillos tradicionales.

Con respecto a lo anterior, cabe resaltar que esta investigación se hizo con la finalidad de poder hacer el análisis comparativo entre ambas unidades y si el uso de una de ellas es óptimo y seguro; una de las situaciones surgidas es que en la actualidad no se generan unidades de sillar de las características de las mostradas y estudiadas

en la tesis, es por ese motivo (falta de oferta de las muestras propuestas) que el costo para la obtención de las mismas salió elevado en promedio de S/. 7.00 nuevos soles incluyendo IGV, dado que la obtención constó de explotación en cantera, obtención de bloques de sillar normales en cantera, traslado de los bloques a la planta de corte, corte y perfilado de las unidades, generación de las hendiduras y posterior transporte final.

En la obtención de la unidad, el gasto predominante es el corte de las unidades y las posteriores hendiduras realizadas en las caras mayores, frente a esta limitación es factible buscar alguna alternativa de solución para la reducción de costos en la obtención de unidades.

En la actualidad, la obtención de las mismas no está industrializada, a lo cual se provee que al ser producidas en masa el costo de las mismas se reduciría notablemente y de esa manera utilizar el sillar; material característico en la arquitectura de nuestra ciudad.

#### **8.3.4. ALTERNATIVAS**

Se pudo encontrar diferentes alternativas a cerca de la extracción de materiales pétreos, las cuales tengan un rendimiento óptimo y adecuado para un avance rápido.

La más adecuada que pareció fue la extracción mediante corte con hilo diamantado, la cual se explica a continuación:

## **Corte con hilo diamantado**

El corte con hilo diamantado es una técnica novedosa y práctica para la extracción de materiales pétreos, actualmente su uso está muy popularizado en países europeos tales como España e Italia. Su utilización data de los años 70, siendo introducida por primera vez en 1978 en las canteras de mármol de Carrara – Italia.

Esta técnica ha sustituido a las máquinas cortadoras tradicionales para el corte de rocas, introduciendo esta técnica en trabajo directamente en campo para la extracción de rocas con alto resistencia (duras y abrasivas).

Algunas de las características y ventajas del uso del hilo diamantado son las siguientes:

- Aprovechamiento excelente y total del material pétreo, generando una superficie de corte lisa en la cara cortada.
- Debido al corte perfecto generado, se podrá obviar posteriormente trabajos de labrado y escuadrado del material.
- Fácil manejo de equipos y accionamiento del trabajo de los mismos.
- Reducción de tiempo de la presencia de operarios durante el cortado.
- Se puede combinar esta técnica con el uso de explosivos para un mejor almacenaje de material explosivo y menores riesgos.
- El sonido que genera el corte con hilo diamantado son de bajo nivel, con un promedio 70dBA<sup>5</sup>.

El equipo de corte consta de los siguientes componentes:

---

<sup>5</sup> El nivel de ruido máximo continuo permitido, varía de acuerdo a la norma de cada país; variando entre 75dB - 90dB por jornada laboral (8 horas).

---

- Motor eléctrico con elevado par de arranque, capaz de variar la frecuencia de velocidades.
- Volante de accionamiento del hilo, para evitar daños del mismo al momento de la trasmisión de la potencia.
- Poleas necesarias a ser guías para dirigir el hilo y carriles para un correcto avance y desplazamiento de la máquina.
- Hilo diamantado.
- Regulación electrónica.
- Cuadro de controles y mando móvil.

**Hilo diamantado:** es el elemento principal del mecanismo. Está generalmente formado por un cable trenzado de hilos de acero de diámetro promedio de 5 mm, en el cual están insertados diferentes anillos diamantados (perlinas) con un diámetro de 10 a 11 mm; los cuales están colocados en diferentes formas de acuerdo a la función de la aplicación que tendrá el hilo.

**Figura 8.2 Hilo diamantado**



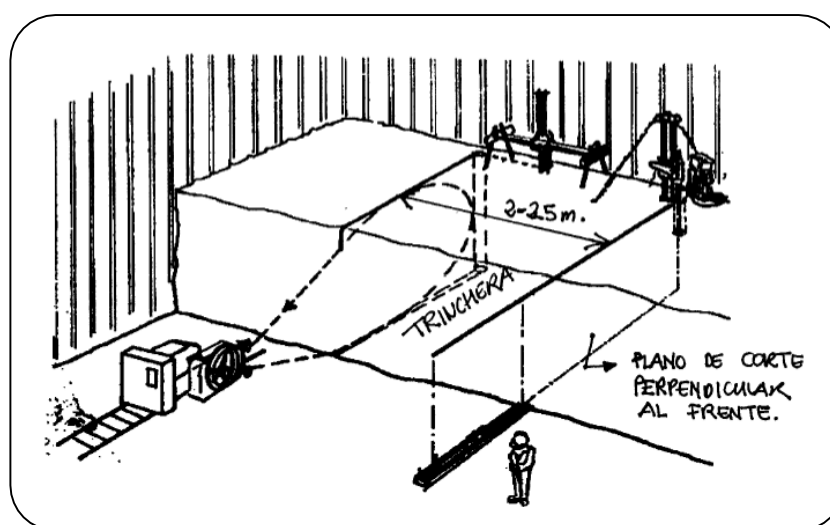
**Fuente:** Web, [diamondtoolchina.es](http://diamondtoolchina.es)



## **Manera de extracción de materiales con hilo diamantado**

El proceso inicia con la determinación de una trinchera o triangulada, la cual precisará los planos perpendiculares al frente cortados con el hilo, mientras que el corte paralelo al frente e incluso el de levante se puede efectuar mediante una voladura con explosivos.

**Figura 8.3** Apertura de la trinchera utilizando los equipos de hilo diamantado

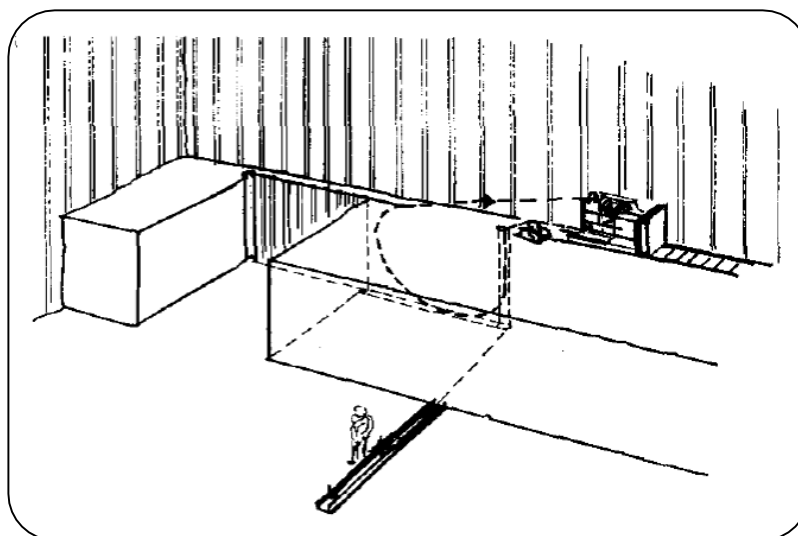


*Fuente: Las rocas en la construcción, F. Arredondo, 1967.*

Se realizan barrenos verticales para el deslizamiento del hilo diamantado, los cuales generalmente se hacen con equipos perforadores hidráulicos con brocas de diámetros entre 90 y 140 mm.

Una vez abierta la trinchera con un ancho entre 2.00 y 2.50 m, se procede a colocar en el fondo de la misma la perforadora horizontal y se genera un barreno que comunique al otro con la vertical para poder dar forma al primer bloque.

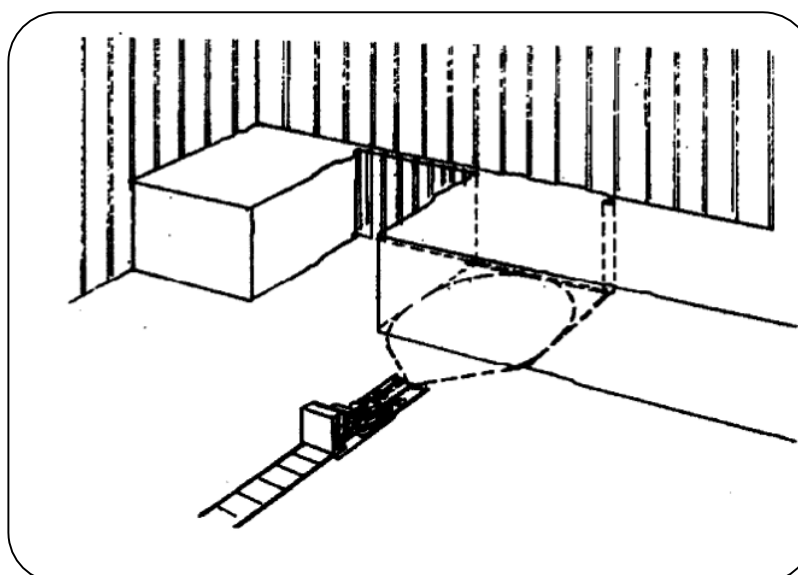
**Figura 8.4 Modelo de corte paralelo una vez perforado el barreno horizontal**



**Fuente: Las rocas en la construcción, F. Arredondo, 1967.**

Seguidamente, una vez efectuado el barreno horizontal, se sitúa la máquina a manera que pueda realizar un corte perpendicular en el lado inferior.

**Figura 8.5 Ejemplo de corte horizontal con hilo diamantado**



**Fuente: Las rocas en la construcción, F. Arredondo, 1967.**

Extraído el bloque, es llevado y transportado para su posterior seccionamiento y/o uso del mismo.

Este proceso es muy óptimo para la extracción de este tipo de materiales, dado que es usado para la extracción de rocas tales como el mármol y granito.

**Figura 8.6 Máquina de corte por hilo diamantado en cantera**



**Fuente: Atlas Copco ([atlascope.com.pe](http://atlascope.com.pe))**

**Figura 8.7 Equipo de hilo de corte con hilo diamantado con más de 02 poleas**



**Fuente: Web, [yeyitools.com](http://yeyitools.com)**

## **CAPÍTULO IX**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Luego de haber finalizado todos los análisis a los cuales se vio por conveniente realizar a las unidades de sillar se detallará a continuación los resultados de la misma:

En Primer lugar, se pudo determinar mediante antecedentes históricos y actuales que el sillar es una materia prima de fácil acceso en la zona de Arequipa, siendo considerado el material insignia en la arquitectura colonial y actual de la misma.

Se buscó determinar mediante un análisis el comportamiento de unidades de sillar en albañilería de construcciones de hasta 02 pisos (viviendas unifamiliares).

Se optó por usar y analizar una unidad de sillar de 28 x 17 x 12 cm, la justificación de la utilización de las medidas propuestas cumplen con lo estipulado por la norma E.070 de acuerdo al espesor efectivo de muros, la unidad cumple con lo estipulado.

---

## **UNIDADES**

Se realizaron diferentes ensayos tanto a unidades de sillar como las de arcilla calcinada tipo H-10, entre las más importantes a citar tenemos: variabilidad dimensional, alabeo, absorción, succión, compresión de unidades; en el aspecto de albañilería se realizaron los ensayos de compresión axial de prismas y compresión diagonal de muretes.

En primera instancia (calificación de unidades), luego de desarrolladas todos los ensayos propuestos, se determinó que la unidad de sillar propuesta calificaba como una unidad tipo III según la norma E.070 – Albañilería para el posterior diseño estructural, mientras la unidad de arcilla calcinada calificó como una unidad tipo IV, tal como se esperaba.

Los niveles de absorción máxima difieren en un alto porcentaje: 31.96% en las unidades de sillar y 19.89% en las unidades de arcilla calcinada, lo cual supone un problema al momento de asentado, por ese motivo se propuso para la elaboración de especímenes de albañilería el uso de cal en el mortero y el uso del sumergimiento de las unidades antes del asentado, a manera de que por medio de la cal el mortero pueda retener la humedad necesaria para el tiempo óptimo de fraguado.

En el aspecto de compresión también se pudo observar una diferencia entre ambas unidades: la unidad de arcilla calcinada alcanzó una resistencia a la compresión promedio de 139.25 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la unidad de sillar a pesar de ser considerado un material pétreo alcanzó un promedio de 95.98 kg/cm<sup>2</sup>, esta considerable diferencia fue crucial para la clasificación de la misma, la cual terminó por ser aceptada como una unidad tipo III.

## **ALBAÑILERÍA**

Se realizaron los ensayos de compresión de prismas y muretes para ambas unidades.

Los ensayos de compresión de prismas nos arrojó resultados los cuales estipulan lo siguiente: Ladrillo H-10 (84.16 kg/cm<sup>2</sup>), sillar dosif: 1:4 (53.10 kg/cm<sup>2</sup>) y sillar dosif: 1:1:4 (54.24 kg/cm<sup>2</sup>); como se puede observar nuevamente el ladrillo tipo H-10 le lleva ventaja, la diferencia entre los especímenes de sillar hechos con mortero sin y con cal son mínimas en comparación, por lo cual en este tipo de ensayo la cal no marcó diferencia alguna en su utilización.

Los ensayos de compresión de muretes (revisar ítem 7.3) se determinó que la unidad de sillar es óptima para la elaboración de sistemas de albañilería con la misma, en esta ocasión se pudo observar una diferencia entre los muretes realizados con mortero 1:4 y con mortero 1:1:4, en el cual en el mortero con cal se pudo ver un mejor resultado a comparación del otro 4.73 y 5.30 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con lo estipulado para una unidad de arcilla artesanal.

El peso de la albañilería de sillar por m<sup>2</sup> es de 252.45 kg/m<sup>2</sup> y el rendimiento aproximado de asentamiento de las unidades de sillar propuestas es de 8 m<sup>2</sup>/día. Además, la cantidad de unidades que se requieren para cubrir 1 m<sup>2</sup> de muro es de 24 unidades con junta de mortero de 2 cm.

## **ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

Es aceptable la unidad de albañilería de sillar dado que esta logró pasar satisfactoriamente los parámetros estudiados y determinados por la normativa peruana para la aceptación de las mismas.

El tipo de albañilería puede funcionar de manera que cumple en relación a esfuerzos máximos admisibles y control por fisuración a sismo moderado.

## **ANÁLISIS DE COSTOS**

Se comprobó que una vivienda construida a la etapa de casco rojo, en el caso de uso de unidad de sillar, el costo es un poco más elevado en comparación a una construida con unidades de arcilla calcinada normalizadas; como bien se dijo, la justificación es que en la actualidad la industrialización de las unidades de sillar de este tamaño no se da; en caso se realice la producción en masa, el costo bajaría y podrá ser más accesible la obtención de las mismas y su uso a manera de aprovechar al máximo una de las materias pétreas más abundantes y representativas de nuestra ciudad.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Se definieron las dimensiones adecuadas de la unidad de sillar para su óptimo uso en viviendas unifamiliares de hasta dos niveles, siendo estas de 28 x 17 x 12 cm.

**SEGUNDA:** Se midieron las propiedades mecánicas y físicas de la unidad de sillar definida, siendo los resultados:

Var. de Dimensiones (Máx en porcentajes)		Alabeo (máximo en mm)	Absorción (%)	Absorción max (%)	Succión (g/200cm <sup>2</sup> . min)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Resit. a la compresión f' b (kg/cm <sup>2</sup> )	Tracción por flexión f' b tf (kg/cm <sup>2</sup> )	Tracción indirecta f' b ti (kg/cm <sup>2</sup> )
Hasta 150 mm	Más de 150 mm								
-0.02%	0.25%	1.5	26.52%	31.96%	53.76	1.31	95.98	17.92	7.69

Clasificando de esta manera la unidad de sillar, como una unidad tipo III, según los parámetros establecidos en la norma E-070.

**TERCERA:** Se obtuvo un valor de Resistencia axial  $f'm = 54.24 \text{ kg/cm}^2$ , y una resistencia a la compresión diagonal  $v'm = 5.30 \text{ kg/cm}^2$  o  $0.52 \text{ MPa}$  para unos muros construidos con mortero 1:1:4 (cal, cemento, arena) y con la cantidad de hendiduras propuestas para la unidad de sillar; estas resistencias cumplen satisfactoriamente a los requisitos establecidos en la normativa E-070 en base a un ladrillo de arcilla calcinada.

**CUARTA:** El análisis comparativo de la unidad propuesta de sillar y unidades de arcilla calcinada arrojó los siguientes resultados:

Clase de Unidad	Var. de Dimensiones (Máx en porcentajes)		Alabeo (máximo en mm)	Absorción (%)	Absorción max (%)	Succión (g/200cm <sup>2</sup> . min)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Resit. a la compresión f' b (kg/cm <sup>2</sup> )	Tracción por flexión f' b tf (kg/cm <sup>2</sup> )	Tracción indirecta f' b ti (kg/cm <sup>2</sup> )
	Hasta 150 mm	Más de 150 mm								
Sillar	-0.02%	0.25%	1.5	26.52%	31.96%	53.76	1.31	95.98	17.92	7.69
H-10	0.96%	0.50%	2	17.10%	19.89%	79.39	1.74	139.25	11.88	6.31



**QUINTA:** El análisis comparativo de costos arroja un resultado desfavorable hacia la unidad de sillar por el alto precio para su obtención; por lo cual se propone que a futuro con el uso del sistema de corte por hilo diamantado y posterior existencia de oferta de la unidad, su costo bajaría sustancialmente, siendo accesible para la población; con respecto a mano de obra en colocado de la unidad, el precio no difiere dado que son unidades de fácil manejo al igual que las de arcilla calcinada H-10 (Los costos fueron calculados a etapa final de casco rojo).

**SEXTA:** Los especímenes con dosificación de mortero 1:1:4 (cemento, cal y arena) obtuvieron mejores resultados a comparación de los elaborados con dosificación 1:4.

**SÉPTIMA:** La unidad de sillar propuesta es aceptable para la construcción de viviendas unifamiliares de hasta 02 pisos, luego de realizado el análisis estructural a sismo moderado bajo los parámetros establecidos por la norma RNE.030 - Diseño sismoresistente, cumpliendo a la vez con los requisitos mínimos de la norma E-070 – Albañilería.

## **RECOMENDACIONES**

**PRIMERA:** Se recomienda que el uso de las unidades propuesta sea solamente para viviendas unifamiliares de máximo 2 niveles.

**SEGUNDA:** El mortero a usar para el asentado deberá ser de dosificación 1:1:4 (cal, cemento, arena) a manera de evitar la falla escalonada en los muros.

**TERCERA:** Las unidades de sillar deberán ser humedecidas en su totalidad antes del asentado de las mismas, debido al alto porcentaje de absorción y absorción máxima que poseen las mismas.

**CUARTA:** Se recomienda que las hendiduras deben ser obligatorias en una unidad cortada industrialmente, puesto que una superficie lisa no es óptima para la adherencia de mortero-unidad.

**QUINTA:** Si se desea tarrajear muros a base de sillar, se recomienda que la mezcla del tarrajeo contenga cal a manera de ayudar a la retención de líquido y una posterior y adecuada adherencia.

## **LINEA FUTURA DE INVESTIGACIÓN**

1. Estudio comparativo del comportamiento de unidades de sillar reducidas de diferentes tamaños.
2. Estudio de la adherencia y utilización de estucados en muros de sillar.
3. Estudio de sistemas de construcción mixtos en la utilización de unidades de albañilería (sillar y arcilla calcinada).
4. Desarrollo de diseño de mezclas para la utilización en el asentado de unidades de sillar.
5. Estudio del comportamiento estructural del sillar con nuevas técnicas de construcción.
6. Estudio de la dirección y diferentes formas de las hendiduras en las unidades de sillar propuestas.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- Aidico. (Manual de morteros de cal.).
- Arredondo, F. (1967). Las Rocas en la construcción. Madrid.
- Carrauri, L., & Zorrilla, V. (1966). El Sillar Como material de construcción - Tesis de Grado - UNI. Lima, Perú.
- Femer, C. (s.f.). Geología de los alrededores de Arequipa. Arequipa.
- García, F., Chorowicz, J., & Legros, F. (1997). La caldera Chachani, gran centro explosivo del sur del Perú. Identificación y Evolución en imágenes Landsat y Radar ERS. Lima, Perú.
- Jenks, W. (1945). Notas acerca de la Geología de la Región de Arequipa - Universidad San Agustín de Arequipa. Arequipa.
- Lara Galindo, J. C. (1988). Tesis - PUCP. Ensayos de Albañilería en Sillar. Lima, Lima, Perú.
- Norma Técnica E.070. (2006). Albañilería.
- Palomino Bellido, W. (s.f.). Arquitectura Peruana - Blog. Obtenido de Arquitectura Peruana - Blog.
- Proy. Desarrollo Inclusivo de la Ruta del Sillar. (2014). Características físicas de las canteras de sillar. Arequipa, Perú.
- San Bartolomé, Á., & Bariola, J. (1980). El sismo del 16 de febrero de 1979 en Arequipa - II Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Cuzco.
- Trujillo Vera, C. (2007). Espacio y Desarrollo . 207-216.
- Revista, Entidades del geosistema de las canteras de sillar de Añashuayco, en Arequipa, Hector Palza Arias-Barahona, Carlos Cesar Trujillo Vera, Jenny Zenteno Machaca.
- Corrección Por Esbeltez En Pilas De Albañilería Ensayadas A Compresión Axial, Ing. Daniel Quiun Wong, Octubre 2005.
- Uso Del Sillar En La Construcción, Documento Técnico, Primera Edición, 1990.
- Posibilidades arquitectónicas a través de intuiciones constructivas, Cesar Acurio.

- <https://tiposinurbanos.wordpress.com/2015/12/10/posibilidades-arquitectónicas-a-través-de-intuiciones-constructivas/>
- La arquitectura de 1540 a 1600 en Arequipa, Agosto 2012, Arq. William Palomino Bellido.
- [arquitectperu.blogspot.pe/2012/08/la-arquitectura-de-1540-a-1600-en-arequipa.html?m=1](http://arquitectperu.blogspot.pe/2012/08/la-arquitectura-de-1540-a-1600-en-arequipa.html?m=1)
- NTP 339.604. Resistencia a la compresión de unidades de albañilería.
- NTP 399.613 Resistencia a la compresión de unidades de albañilería.
- NTP 399.604 Variación de dimensiones.
- NTP 399.613. Absorción
- NTP 339.613 Alabeo
- NTP 399.607 Elaboración de mortero.

## **ANEXOS**

## 1. CÁLCULOS REALIZADOS

### Anexo 01. Ensayo de variabilidad dimensional

Tabla A.1 Variabilidad dimensional: Unidad de sillar

<b>VARIABILIDAD DIMENSIONAL</b>															
<b>Unidad de sillar</b>															
<b>Muestra</b>	<b>Largo</b>					<b>Ancho</b>					<b>Altura</b>				
	<b>L1 (cm)</b>	<b>L2 (cm)</b>	<b>L3 (cm)</b>	<b>L4 (cm)</b>	<b>L (Prom) (cm)</b>	<b>A1 (cm)</b>	<b>A2 (cm)</b>	<b>A3 (cm)</b>	<b>A4 (cm)</b>	<b>A (Prom) (cm)</b>	<b>H1 (cm)</b>	<b>H2 (cm)</b>	<b>H3 (cm)</b>	<b>H4 (cm)</b>	<b>H (Prom) (cm)</b>
1	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	17.10	17.00	17.10	17.00	17.05	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
2	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	12.00	12.00	11.90	12.00	11.98
3	28.10	28.10	28.10	28.10	28.10	17.10	17.10	17.10	17.10	17.10	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
4	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
5	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
6	28.10	28.10	28.10	28.10	28.10	17.10	17.10	17.10	17.10	17.10	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
7	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
8	28.10	28.10	28.00	28.10	28.08	17.10	17.10	17.10	17.00	17.08	12.00	11.90	11.90	12.00	11.95
9	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	17.10	17.10	17.00	17.10	17.08	12.00	12.00	12.00	12.10	12.03
10	28.10	28.10	28.10	28.00	28.08	17.00	17.00	17.10	17.00	17.03	12.00	12.10	12.00	12.00	12.03
	Largo nominal (cm)				28.00	Ancho nominal (cm)				17.00	Altura nominal (cm)				12.00
	Largo promedio (cm)				28.04	Ancho promedio (cm)				17.04	Altura promedio (cm)				12.00
	Variación (%)				0.12%	Variación (%)				0.25%	Variación (%)				-0.02%
<b>Ladrillo TIPO V</b>															

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.2 Variabilidad dimensional: Ladrillo H-10**

<b>VARIABILIDAD DIMENSIONAL</b>															
<b>Unidad arcilla calcinada H - 10</b>															
<b>Muestra</b>	<b>Largo</b>					<b>Ancho</b>					<b>Altura</b>				
	<b>L1 (cm)</b>	<b>L2 (cm)</b>	<b>L3 (cm)</b>	<b>L4 (cm)</b>	<b>L (Prom) (cm)</b>	<b>A1 (cm)</b>	<b>A2 (cm)</b>	<b>A3 (cm)</b>	<b>A4 (cm)</b>	<b>A (Prom) (cm)</b>	<b>H1 (cm)</b>	<b>H2 (cm)</b>	<b>H3 (cm)</b>	<b>H4 (cm)</b>	<b>H (Prom) (cm)</b>
1	24.20	24.00	24.20	24.20	24.15	14.10	14.20	14.10	14.20	14.15	10.20	10.10	10.20	10.00	10.13
2	24.20	24.00	24.20	24.10	24.13	14.10	14.10	14.10	14.00	14.08	10.30	10.20	10.20	10.30	10.25
3	24.30	24.10	24.30	24.00	24.18	14.20	14.20	14.10	14.10	14.15	10.10	10.00	10.10	10.10	10.08
4	24.20	24.00	24.00	24.20	24.10	14.20	14.10	14.20	14.20	14.18	10.20	10.00	10.10	10.10	10.10
5	24.30	24.00	24.20	24.00	24.13	14.10	14.10	14.00	14.00	14.05	10.10	10.00	10.30	10.10	10.13
6	24.20	24.10	24.20	24.10	24.15	14.20	14.10	14.10	14.10	14.13	10.20	10.10	10.20	10.00	10.13
7	24.00	24.00	24.10	24.00	24.03	14.20	14.10	14.10	14.20	14.15	10.00	10.00	10.10	10.30	10.10
8	24.00	24.10	24.10	24.10	24.08	14.30	14.20	14.20	14.10	14.20	9.90	10.10	10.20	10.10	10.08
9	24.30	24.00	24.20	24.10	24.15	14.20	14.10	14.10	14.10	14.13	10.10	10.20	10.00	10.00	10.08
10	24.10	24.10	24.30	24.00	24.13	14.10	14.20	14.20	14.10	14.15	10.00	10.20	10.30	10.30	10.20
	Largo nominal (cm)				24.00	Ancho nominal (cm)				14.00	Altura nominal (cm)				10.00
	Largo promedio (cm)				24.12	Ancho promedio (cm)				14.14	Altura promedio (cm)				10.13
	Variación (%)				0.50%	Variación (%)				0.96%	Variación (%)				1.25%
<b>Ladrillo TIPO V</b>															

**Fuente: Elaboración propia.**



## Anexo 02. Ensayo de porcentaje de vacíos

**Tabla A.3 Porcentaje de vacíos: Unidad de sillar**

<b>PORCENTAJE DE VACÍOS</b>				
<b>Unidad de sillar</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Área total (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Área vacíos (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Área neta (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje de vacíos (%)</b>
1	342.28	0	342.28	0.00%
2	338.45	0	338.45	0.00%
3	341.15	0	341.15	0.00%
Promedio (%)				<b>0.00%</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla A.4 Porcentaje de vacíos: Ladrillo H-10**

<b>PORCENTAJE DE VACÍOS</b>				
<b>Ladrillo arcilla calcinada H - 10</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Área total (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Área vacíos (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Área neta (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje de vacíos (%)</b>
1	342.28	129.67	212.61	37.88%
2	338.45	121.65	216.8	35.94%
3	341.15	125.83	215.32	36.88%
Promedio (%)				<b>36.90%</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

### Anexo 03. Ensayo de alabeo

**Tabla A.5 Alabeo: Unidad de sillar**

<b>ALABEO</b>				
<b>Unidad de sillar</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Cara superior</b>		<b>Cara inferior</b>	
	<b>Conc. (mm)</b>	<b>Conv. (mm)</b>	<b>Conc. (mm)</b>	<b>Conv. (mm)</b>
1	0.0	1.0	0.0	0.5
2	0.0	1.5	0.0	1.0
3	0.0	1.5	0.0	0.5
4	0.0	1.0	0.0	0.5
5	0.0	1.0	0.0	0.5
6	0.0	1.5	0.0	1.0
7	0.0	1.0	0.0	0.5
8	0.0	1.0	0.0	1.0
9	0.0	1.0	0.0	1.0
10	0.0	1.0	0.0	1.0
<b>Máximo</b>			1.5	
<b>Tipo</b>			V	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.6 Alabeo: Ladrillo H-10**

<b>ALABEO</b>				
<b>Ladrillo arcilla calcinada Tipo IV - H10</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Cara superior</b>		<b>Cara inferior</b>	
	<b>Conc. (mm)</b>	<b>Conv. (mm)</b>	<b>Conc. (mm)</b>	<b>Conv. (mm)</b>
1	0.5	1.5	0.5	1.5
2	0.5	2.0	0.5	1.0
3	1.0	2.0	1.0	2.0
4	0.5	2.0	1.5	1.0
5	1.5	2.0	1.5	1.5
6	1.5	1.5	1.0	1.0
7	1.0	1.5	1.5	1.0
8	1.0	1.5	0.5	1.0
9	0.5	1.5	1.5	1.5
10	1.0	2.0	1.0	2.0
<b>Máximo</b>			2.0	
<b>Tipo</b>			V	

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 04. Ensayo de absorción

Tabla A.7 Ensayo de absorción: Unidad de sillar

<b>ABSORCIÓN</b>			
<b>Unidad de sillar</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Peso seco (g)</b>	<b>Peso SSS (g)</b>	<b>Absorción (%)</b>
1	3626.8	4586.5	26.46%
2	3514.5	4488	27.70%
3	3575.8	4559	27.50%
4	3609.0	4551.4	26.11%
5	3761.8	4695.8	24.83%
<b>Promedio absorción (%)</b>			<b>26.52%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.8 Ensayo de absorción: Ladrillo H-10

<b>ABSORCIÓN</b>			
<b>Ladrillo arcilla calcinada Tipo IV - H10</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Peso seco (g)</b>	<b>Peso SSS (g)</b>	<b>Absorción (%)</b>
1	1888.3	2202.3	16.63%
2	1929.9	2252.6	16.72%
3	1880.8	2207.4	17.36%
4	1882.3	2214.4	17.64%
5	1907.7	2235.1	17.16%
<b>Promedio absorción (%)</b>			<b>17.10%</b>

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 05. Ensayo de absorción máxima

**Tabla A.9 Absorción máxima: Unidad de sillar**

<b>ABSORCIÓN MÁXIMA</b>			
<b>Unidad de sillar</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Peso seco (g)</b>	<b>Peso SSS (g)</b>	<b>Absorción (%)</b>
1	7257.6	9594.9	32.20%
2	7032.9	9403.8	33.71%
3	7155.5	9500	32.77%
4	7222.0	9488.4	31.38%
5	7527.7	9765.6	29.73%
<b>Promedio absorción máxima (%)</b>			<b>31.96%</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla A.10 Absorción máxima: Ladrillo H-10**

<b>ABSORCIÓN MÁXIMA</b>			
<b>Ladrillo arcilla calcinada Tipo IV - H10</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Peso seco (g)</b>	<b>Peso SSS (g)</b>	<b>Absorción (%)</b>
1	3778.6	4490.5	18.84%
2	3861.8	4545.9	17.71%
3	3763.7	4502.2	19.62%
4	3766.6	4517.9	19.95%
5	3817.4	4707.5	23.32%
<b>Promedio absorción máxima (%)</b>			<b>19.89%</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

## Anexo 06. Ensayo de succión

**Tabla A.11 Ensayo de succión: Unidad de sillar**

SUCCIÓN										
Unidad de sillar										
Muestra	Largo			Ancho			Área (cm <sup>2</sup> )	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Succión (g/200cm <sup>2</sup> .min)
	L1 (cm)	L2 (cm)	L (Prom) (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A (Prom) (cm)				
1	13.80	13.99	13.90	17.10	17.07	17.09	237.40	3630.2	3694.7	54.34
2	13.70	13.71	13.71	17.14	17.16	17.15	235.04	3517.8	3569.9	44.33
3	13.79	13.74	13.77	17.20	17.04	17.12	235.66	3579.2	3644.2	55.16
4	13.70	13.70	13.70	17.10	17.09	17.10	234.20	3612.4	3686	62.85
5	14.00	14.00	14.00	17.10	17.10	17.10	239.40	3765.4	3827.8	52.13
Succión promedio (g/200cm <sup>2</sup> .min)										53.76

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.12 Ensayo de succión: Ladrillo H-10**

SUCCIÓN										
Ladrillo arcilla calcinada Tipo IV - H10										
Muestra	Largo			Ancho			Área (cm <sup>2</sup> )	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Succión (g/200cm <sup>2</sup> .min)
	L1 (cm)	L2 (cm)	L (Prom) (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A (Prom) (cm)				
1	24.10	24.10	24.10	14.10	14.10	14.10	339.81	3780.1	3915.1	79.46
2	24.20	24.10	24.15	14.10	14.20	14.15	341.72	3863.4	3995.4	77.26
3	24.10	24.20	24.15	14.00	14.00	14.00	338.10	3765.2	3906.2	83.41
4	24.00	24.10	24.05	14.10	14.20	14.15	340.31	3768.1	3906.1	81.10
5	24.10	24.10	24.10	14.20	14.30	14.25	343.43	3818.9	3948.9	75.71
Succión promedio (g/200cm <sup>2</sup> .min)										79.39

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 07. Ensayo de densidad de unidades

**Tabla A.13 Densidad de unidades: Unidad de sillar**

<b>DENSIDAD</b>					
<b>Unidad de sillar</b>					
<b>Muestra</b>	<b>Peso seco (g)</b>	<b>Peso saturado (g)</b>	<b>Peso sumerg. (g)</b>	<b>Volumen (cm3)</b>	<b>Densidad (g/cm3)</b>
1	7258.3	9595.8	4053.2	5542.6	1.31
2	7033.6	9404.7	3884.1	5520.6	1.27
3	7156.2	9501.0	4000.4	5500.6	1.30
4	7222.7	9489.4	4027.6	5461.8	1.32
5	7528.5	9766.5	4132.5	5634.0	1.34
<b>Densidad promedio (g/cm3)</b>					<b>1.31</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla A.14 Densidad de unidades: Ladrillo H-10**

<b>DENSIDAD</b>					
<b>Ladrillo arcilla calcinada Tipo IV - H10</b>					
<b>Muestra</b>	<b>Peso seco (g)</b>	<b>Peso saturado (g)</b>	<b>Peso sumerg. (g)</b>	<b>Volumen (cm3)</b>	<b>Densidad (g/cm3)</b>
1	3779.0	4490.9	2345.3	2145.6	1.76
2	3862.2	4546.4	2415.2	2131.2	1.81
3	3764.0	4502.6	2344.9	2157.7	1.74
4	3766.9	4518.3	2353.2	2165.1	1.74
5	3817.8	4708.0	2373.2	2334.8	1.64
<b>Densidad promedio (g/cm3)</b>					<b>1.74</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

## Anexo 08. Ensayo de resistencia a la compresión

Tabla A.15 Ensayo de resistencia a la compresión: Unidad de sillar (1)

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
Unidad de sillar											
Muestra	Largo			Ancho			Área (cm <sup>2</sup> )	Pu (lb)	Pu (Kg)	f' b (kg/cm <sup>2</sup> )	f' b (MPa)
	L1 (cm)	L2 (cm)	L (Prom) (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A (Prom) (cm)					
1	27.90	27.90	27.90	16.90	17.00	16.95	472.91	99500.00	45132.40	95.44	9.36
2	28.00	28.00	28.00	17.00	17.00	17.00	476.00	108000.00	48987.94	102.92	10.09
3	27.90	27.90	27.90	17.00	17.00	17.00	474.30	142000.00	64410.06	135.80	13.32
4	28.00	28.00	28.00	17.00	17.00	17.00	476.00	103000.00	46719.98	98.15	9.63
5	28.00	28.00	28.00	17.00	17.00	17.00	476.00	110500.00	50121.92	105.30	10.33
<b>X</b>										<b>107.52</b>	<b>10.54</b>
<b>S</b>										<b>16.28</b>	<b>1.60</b>
<b>CV (%)</b>										<b>15.14%</b>	<b>15.14%</b>
<b>f' b</b>										<b>91.24</b>	<b>8.95</b>

Fuente: Elaboración propia.

- Se puede apreciar que el dato de la carga unitaria Pu de la muestra N° 03 se excede y sobrepasa el promedio del resto de las muestras, tras este motivo se decidió no tomar en cuenta dicho dato a manera de obtener un resultado óptimo de acuerdo a la observación del resto de datos. Dicha modificación la podemos apreciar en la Tabla A.16.

**Tabla A.16 Ensayo de resistencia a la compresión: Unidad de sillar (2)**

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>											
<b>Unidad de sillar</b>											
<b>Muestra</b>	<b>Largo</b>			<b>Ancho</b>			<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Pu (lb)</b>	<b>Pu (Kg)</b>	<b>f' b (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>f' b (MPa)</b>
	<b>L1 (cm)</b>	<b>L2 (cm)</b>	<b>L (Prom) (cm)</b>	<b>A1 (cm)</b>	<b>A2 (cm)</b>	<b>A (Prom) (cm)</b>					
1	27.90	27.90	27.90	16.90	17.00	16.95	472.91	99500.00	45132.40	95.44	9.36
2	28.00	28.00	28.00	17.00	17.00	17.00	476.00	108000.00	48987.94	102.92	10.09
3	27.90	27.90	27.90	17.00	17.00	17.00	474.30	142000.00	64410.06		
4	28.00	28.00	28.00	17.00	17.00	17.00	476.00	103000.00	46719.98	98.15	9.63
5	28.00	28.00	28.00	17.00	17.00	17.00	476.00	110500.00	50121.92	105.30	10.33
<b>X</b>										<b>100.45</b>	<b>9.85</b>
<b>S</b>										<b>4.47</b>	<b>0.44</b>
<b>CV (%)</b>										<b>4.45%</b>	<b>4.45%</b>
<b>f' b</b>										<b>95.98</b>	<b>9.41</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

- Podemos apreciar la tabla modificada de acuerdo a lo mencionado y explicado en la Tabla A.15.



**Tabla A.17 Ensayo de resistencia a la compresión: Ladrillo H-10**

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>											
<b>Ladrillo arcilla calcinada Tipo IV - H10</b>											
<b>Muestra</b>	<b>Largo</b>			<b>Ancho</b>			<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Pu (lb)</b>	<b>Pu (Kg)</b>	<b>f' b (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>fb (MPa)</b>
	<b>L1 (cm)</b>	<b>L2 (cm)</b>	<b>L (Prom) (cm)</b>	<b>A1 (cm)</b>	<b>A2 (cm)</b>	<b>A (Prom) (cm)</b>					
1	11.94	11.96	11.95	14.18	14.20	14.19	169.57	56500.00	25627.95	151.13	14.82
2	12.00	11.99	12.00	14.23	14.20	14.22	170.51	52500.00	23813.58	139.66	13.70
3	12.00	11.97	11.99	14.16	14.13	14.15	169.53	53000.00	24040.38	141.81	13.91
4	12.00	12.02	12.01	14.22	14.23	14.23	170.84	54000.00	24493.97	143.37	14.06
5	12.00	12.10	12.05	14.18	14.13	14.16	170.57	53500.00	24267.17	142.27	13.95
<b>X</b>										<b>143.65</b>	<b>14.09</b>
<b>S</b>										<b>4.40</b>	<b>0.43</b>
<b>CV (%)</b>										<b>3.06%</b>	<b>3.06%</b>
<b>f' b</b>										<b>139.25</b>	<b>13.66</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

**Anexo 09. Ensayo de resistencia a la tracción por flexión**

**Tabla A.18 Ensayo de resistencia a tracción por flexión: Unidad de sillar**

RESISTENCIA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN												
Unidad de sillar												
Muestra	Ancho			Altura			L (cm)	b x t <sup>2</sup>	Pu (lb)	Pu (Kg)	f' b tf (kg/cm2)	f' b tf (MPa)
	b1 (cm)	b2 (cm)	b (Prom) (cm)	t1 (cm)	t2 (cm)	t (Prom) (cm)						
1	17.00	17.00	17.00	12.00	12.00	12.00	24.10	2448.00	2900.00	1315.42	19.42	1.90
2	17.05	17.00	17.03	12.00	11.90	11.95	24.00	2431.21	3200.00	1451.49	21.49	2.11
3	17.10	17.10	17.10	12.10	12.00	12.05	24.00	2482.96	3150.00	1428.81	20.72	2.03
4	17.00	17.00	17.00	11.90	11.90	11.90	23.80	2407.37	2500.00	1133.98	16.82	1.65
5	17.00	17.00	17.00	12.00	12.00	12.00	24.10	2448.00	3000.00	1360.78	20.09	1.97
<b>X</b>											<b>19.71</b>	<b>1.93</b>
<b>S</b>											<b>1.79</b>	<b>0.18</b>
<b>CV (%)</b>											<b>9.07%</b>	<b>9.07%</b>
<b>f' b tf</b>											<b>17.92</b>	<b>1.76</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.19 Ensayo de resistencia a tracción por flexión: Ladrillo H-10**

RESISTENCIA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN												
Ladrillo arcilla calcinada Tipo IV - H10												
Muestra	Ancho			Altura			L (cm)	b x t <sup>2</sup>	Pu (lb)	Pu (Kg)	f' b tf (kg/cm2)	f' b tf (MPa)
	b1 (cm)	b2 (cm)	b (Prom) (cm)	t1 (cm)	t2 (cm)	t (Prom) (cm)						
1	14.20	14.20	14.20	10.20	10.20	10.20	21.90	1477.37	1250.00	566.99	12.61	1.24
2	14.20	14.30	14.25	10.00	10.10	10.05	21.70	1439.29	1150.00	521.63	11.80	1.16
3	14.20	14.10	14.15	10.10	10.10	10.10	21.80	1443.44	1350.00	612.35	13.87	1.36
4	14.10	14.00	14.05	10.10	10.00	10.05	21.80	1419.09	1200.00	544.31	12.54	1.23
5	14.10	14.10	14.10	10.10	10.10	10.10	22.00	1438.34	1450.00	657.71	15.09	1.48
<b>X</b>											<b>13.18</b>	<b>1.29</b>
<b>S</b>											<b>1.30</b>	<b>0.13</b>
<b>CV (%)</b>											<b>9.87%</b>	<b>9.87%</b>
<b>f' b tf</b>											<b>11.88</b>	<b>1.17</b>

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 10. Ensayo de resistencia a la tracción indirecta

Tabla A.20 Ensayo de resistencia a tracción indirecta: Unidad de sillar

RESISTENCIA A TRACCIÓN POR INDIRECTA											
Unidad de sillar											
Muestra	Ancho			Altura			b.t	Pu (lb)	Pu (Kg)	f' b ti (kg/cm2)	f' b ti (MPa)
	b1 (cm)	b2 (cm)	b (Prom) (cm)	t1 (cm)	t2 (cm)	t3 (Prom) (cm)					
1	16.90	16.90	16.90	12.00	12.00	12.00	202.80	5550.00	2517.44	7.90	0.77
2	17.00	17.00	17.00	12.00	12.00	12.00	204.00	5750.00	2608.15	8.14	0.80
3	17.00	17.00	17.00	11.90	11.90	11.90	202.30	5550.00	2517.44	7.92	0.78
4	17.00	17.00	17.00	12.00	12.00	12.00	204.00	7000.00	3175.14	9.91	0.97
5	17.00	17.00	17.00	12.10	12.20	12.15	206.55	6300.00	2857.63	8.81	0.86
<b>X</b>										<b>8.54</b>	<b>0.84</b>
<b>S</b>										<b>0.85</b>	<b>0.08</b>
<b>CV (%)</b>										<b>9.96%</b>	<b>9.96%</b>
<b>f' b ti</b>										<b>7.69</b>	<b>0.75</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.21 Ensayo de resistencia a tracción por flexión: Ladrillo H-10**

<b>RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA</b>											
<b>Ladrillo arcilla calcinada Tipo IV - H10</b>											
<b>Muestra</b>	<b>Ancho</b>			<b>Altura</b>			<b>b.t</b>	<b>Pu (lb)</b>	<b>Pu (Kg)</b>	<b>f' b ti (kg/cm2)</b>	<b>f' b ti (MPa)</b>
	<b>b1 (cm)</b>	<b>b2 (cm)</b>	<b>b (Prom) (cm)</b>	<b>t1 (cm)</b>	<b>t2 (cm)</b>	<b>t3 (Prom) (cm)</b>					
1	14.10	14.10	14.10	10.10	10.10	10.10	142.41	3550.00	1610.25	7.20	0.71
2	14.10	14.10	14.10	10.10	10.00	10.05	141.71	3300.00	1496.85	6.72	0.66
3	14.20	14.10	14.15	10.10	10.10	10.10	142.92	3450.00	1564.89	6.97	0.68
4	14.00	14.00	14.00	10.10	10.00	10.05	140.70	2950.00	1338.10	6.05	0.59
5	14.00	14.00	14.00	9.90	10.00	9.95	139.30	3250.00	1474.17	6.74	0.66
<b>X</b>										<b>6.74</b>	<b>0.66</b>
<b>S</b>										<b>0.43</b>	<b>0.04</b>
<b>CV (%)</b>										<b>6.36%</b>	<b>6.36%</b>
<b>f' b ti</b>										<b>6.31</b>	<b>0.62</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

## Anexo 11. Ensayo de resistencia a la compresión axial: Prismas de albañilería

Tabla A.22 Ensayo de resistencia a la compresión axial: Ladrillo H-10

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL - PRISMAS DE ALBAÑILERÍA									
Ladrillo arcilla calcinada Tipo IV - H10: Dosif 1:4									
Muestra	Dimesiones			Esbeltez (h/t)	P max (lb)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )	Factor de corrección	f'm correg. (kg/cm <sup>2</sup> )
	L (mm)	t (mm)	h (Prom) (mm)						
1	241.00	141.00	323.00	2.29	82500.00	339.81	110.12	0.7707	84.87
2	241.00	141.00	323.00	2.29	83500.00	339.81	111.46	0.7707	85.90
3	241.00	141.00	325.00	2.30	87500.00	339.81	116.80	0.7727	90.25
								<b>x</b>	87.01
								<b>s</b>	2.85349
								<b>f'm</b>	84.16

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.23 Ensayo de resistencia a la compresión axial: Unidad de sillar, mortero: 1:4**

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL - PRISMAS DE ALBAÑILERÍA</b>									
<b>Unidad de sillar: Dosif 1:4</b>									
<b>Muestra</b>	<b>Dimesiones</b>			<b>Esbeltez (h/t)</b>	<b>P max (lb)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>f'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Factor de corrección</b>	<b>f'm correg. (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
	<b>L (mm)</b>	<b>t (mm)</b>	<b>h (Prom) (mm)</b>						
1	282.00	171.00	400.00	2.34	72500.00	482.22	68.20	0.7775	53.02
2	280.00	170.00	401.00	2.36	72500.00	476.00	69.09	0.7802	53.90
3	280.00	170.00	402.00	2.36	72500.00	476.00	69.09	0.7811	53.96
<b>x</b>									53.63
<b>s</b>									0.52689
<b>f'm</b>									53.10

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.24 Ensayo de resistencia a la compresión axial: Unidad de sillar, mortero: 1:1:4**

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL - PRISMAS DE ALBAÑILERÍA</b>									
<b>Unidad de sillar: Dosif 1:1:4</b>									
<b>Muestra</b>	<b>Dimesiones</b>			<b>Esbeltez (h/t)</b>	<b>P max (lb)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>f'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Factor de corrección</b>	<b>f'm correg. (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
	<b>L (mm)</b>	<b>t (mm)</b>	<b>h (Prom) (mm)</b>						
1	281.00	171.00	404.00	2.36	73500.00	480.51	69.38	0.7808	54.17
2	280.00	170.00	399.00	2.35	74000.00	476.00	70.52	0.7786	54.90
3	280.00	170.00	400.00	2.35	74000.00	476.00	70.52	0.7794	54.96
<b>x</b>									54.68
<b>s</b>									0.44040
<b>f'm</b>									54.24

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 12. Ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes

Tabla A.25 Ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes: Ladrillo H-10

COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES											
Ladrillo arcilla calcinada Tipo IV - H10: Dosif 1:4											
Muestra	Dimesiones				Área (cm <sup>2</sup> )	P max (Psi)	Área pistón (pulg <sup>2</sup> )	P max (lb)	V'm (kg/cm <sup>2</sup> )	V'm (Mpa)	
	L (cm)	h (cm)	t (cm)	diagonal (cm)							
1	65.30	66.60	14.00	93.27	1305.81	4800.00	4.00	19200.00	6.67	0.65	
2	65.00	66.30	14.20	92.85	1318.44	5200.00	4.00	20800.00	7.16	0.70	
3	65.60	66.10	14.00	93.13	1303.77	6000.00	4.00	24000.00	8.35	0.82	
									x	7.39	0.72
									s	0.86463	0.08479
									V'm	6.53	0.64

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla A.26 Ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes: Unidad de sillar, mortero: 1:4**

<b>COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES</b>										
<b>Unidad de sillar: Dosif 1:4</b>										
<b>Muestra</b>	<b>Dimensiones</b>				<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>P max (Psi)</b>	<b>Área pistón (pulg<sup>2</sup>)</b>	<b>P max (lb)</b>	<b>V'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>V'm (Mpa)</b>
	<b>L (cm)</b>	<b>h (cm)</b>	<b>t (cm)</b>	<b>diagonal (cm)</b>						
1	67.30	68.30	17.00	95.89	1630.07	3800.00	4.00	17100.00	4.76	0.47
2	67.80	68.50	17.10	96.38	1648.10	4700.00	4.00	18800.00	5.17	0.51
3	67.50	68.40	17.00	96.10	1633.66	4400.00	4.00	17600.00	4.89	0.48
								<b>x</b>	4.94	0.48
								<b>s</b>	0.21292	0.02088
								<b>V'm</b>	4.73	0.46

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.27 Ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes: Unidad de sillar, mortero: 1:1:4**

<b>COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES</b>										
<b>Unidad de sillar: Dosif 1:1:4</b>										
<b>Muestra</b>	<b>Dimensiones</b>				<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>P max (Psi)</b>	<b>Área pistón (pulg<sup>2</sup>)</b>	<b>P max (lb)</b>	<b>V'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>V'm (Mpa)</b>
	<b>L (cm)</b>	<b>h (cm)</b>	<b>t (cm)</b>	<b>diagonal (cm)</b>						
1	67.60	68.60	17.10	96.31	1646.91	4500.00	4.00	19000.00	5.23	0.51
2	68.20	68.50	17.00	96.66	1643.25	5800.00	4.00	23200.00	6.40	0.63
3	67.80	68.50	17.10	96.38	1648.10	5500.00	4.00	22000.00	6.05	0.59
								<b>x</b>	5.90	0.58
								<b>s</b>	0.60120	0.05896
								<b>V'm</b>	5.30	0.52

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 13. Densidad de muros

**Tabla A.28 Identificación de muros portantes**

MUROS PORTANTES			
MURO	L	t	Lxt
X1	2.775	0.17	0.472
X2	3.475	0.17	0.591
X3	4.525	0.17	0.769
X4	1.230	0.17	0.209
X5	8.000	0.17	1.360
		<b>ΣLt (xx)</b>	<b>3.401</b>
Y1	1.560	0.17	0.265
Y2	2.830	0.17	0.481
Y3	1.210	0.17	0.206
Y4	0.680	0.17	0.116
Y5	3.090	0.17	0.525
Y6	1.960	0.17	0.333
Y7	10.670	0.17	1.814
		<b>ΣLt (yy)</b>	<b>3.740</b>

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 14. Metrado de cargas

**Tabla A.29 Cálculo de cargas: Primer nivel**

METRADO DE CARGAS 1ER NIVEL									
Elemento	Xi (m)	Yi (m)	L (m)	t (m)	H (m)	Vol (m <sup>3</sup> )	Peso unit (ton)	Peso (ton)	
X1	3.14	0.09	2.78	0.17	2.65	1.25	1.49	1.86	
X2	1.73	3.78	3.48	0.17	2.65	1.57	1.49	2.32	
X3	2.35	6.53	4.53	0.17	2.65	2.04	1.49	3.03	
X4	5.06	7.78	1.23	0.17	2.65	0.55	1.49	0.82	
X5	4.00	10.59	8.00	0.17	2.65	3.60	1.49	5.35	
Y1	0.09	2.83	1.56	0.17	2.65	0.70	1.49	1.04	
Y2	4.44	5.22	2.83	0.17	2.65	1.27	1.49	1.89	
Y3	0.09	7.22	1.21	0.17	2.65	0.55	1.49	0.81	
Y4	0.09	10.16	0.68	0.17	2.65	0.31	1.49	0.45	
Y5	3.08	8.96	3.09	0.17	2.65	1.39	1.49	2.07	
Y6	4.45	8.59	1.96	0.17	2.65	0.88	1.49	1.31	
Y7	7.92	8.63	10.67	0.17	2.65	4.81	1.49	7.14	
Columnas	4.03	5.26				1.93	-	4.64	
Muros no portantes	6.49	5.70				1.35	1.49	2.01	
Losa	3.73	5.43				78.58	0.45	35.36	
CV	3.73	5.43				78.58	0.20	15.72	
Total									85.83
							<b>CM (ton)</b>	<b>70.11</b>	
							<b>% CV (ton)</b>	<b>15.72</b>	
							<b>25% P (CM+%CV)</b>	<b>74.04</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.30 Cálculo de cargas: Segundo nivel**

METRADO DE CARGAS 2DO NIVEL								
Elemento	Xi (m)	Yi (m)	L (m)	t (m)	H (m)	Vol (m <sup>3</sup> )	Peso unit (ton)	Peso (ton)
X1	2.78	0.09	4.53	0.17	1.25	0.96	1.49	1.43
X2	1.73	3.78	3.48	0.17	1.25	0.74	1.49	1.10
X3	2.35	6.53	4.53	0.17	1.25	0.96	1.49	1.43
X4	5.06	7.78	1.23	0.17	1.25	0.26	1.49	0.39
X5	4.00	10.59	8.00	0.17	1.25	1.70	1.49	2.52
Y1	0.09	2.83	1.56	0.17	1.25	0.33	1.49	0.49
Y2	4.44	5.22	2.83	0.17	1.25	0.60	1.49	0.89
Y3	0.09	7.22	1.21	0.17	1.25	0.26	1.49	0.38
Y4	0.09	10.16	0.68	0.17	1.25	0.14	1.49	0.21
Y5	3.08	8.96	3.09	0.17	1.25	0.66	1.49	0.98
Y6	4.45	8.59	1.96	0.17	1.25	0.42	1.49	0.62
Y7	7.92	8.63	10.67	0.17	1.25	2.27	1.49	3.37
Columnas	4.03	5.26				0.91	-	2.19
Muros no portantes	6.49	5.70				0.64	1.49	0.95
Losa	3.73	5.43				78.58	0.45	35.36
CV	3.73	5.43				78.58	0.15	11.79
Total								64.09

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 15. Cálculo del centro de masa

**Tabla A.31 Cálculo del centro de masa: Primer nivel**

CENTRO DE MASA 1ER NIVEL					
Elemento	Xi (m)	Yi (m)	Peso (ton)	P.Xi (ton.m)	P.Yi (ton.m)
X1	3.14	0.09	1.86	5.82	0.16
X2	1.73	3.78	2.32	4.03	8.79
X3	2.35	6.53	3.03	7.11	19.75
X4	5.06	7.78	0.82	4.16	6.40
X5	4.00	10.59	5.35	21.41	56.65
Y1	0.09	2.83	1.04	0.09	2.95
Y2	4.44	5.22	1.89	8.41	9.88
Y3	0.09	7.22	0.81	0.07	5.84
Y4	0.09	10.16	0.45	0.04	4.62
Y5	3.08	8.96	2.07	6.36	18.51
Y6	4.45	8.59	1.31	5.83	11.26
Y7	7.92	8.63	7.14	56.50	61.60
Columnas	4.03	5.26	4.64	18.71	24.42
Muros no portantes	6.49	5.70	2.01	13.03	11.44
Losa	3.73	5.43	35.36	131.89	192.00
CV	3.73	5.43	15.72	58.62	85.33
Total			85.83	342.06	519.62
				Xc (m)	3.99
				Yc (m)	6.05

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.32 Cálculo del centro de masa: Segundo nivel**

<b>CENTRO DE MASA 2DO NIVEL</b>					
<b>Elemento</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Peso (ton)</b>	<b>P.Xi (ton.m)</b>	<b>P.Yi (ton.m)</b>
X1	2.78	0.09	1.43	3.96	0.12
X2	1.73	3.78	1.10	1.90	4.15
X3	2.35	6.53	1.43	3.35	9.32
X4	5.06	7.78	0.39	1.96	3.02
X5	4.00	10.59	2.52	10.10	26.72
Y1	0.09	2.83	0.49	0.04	1.39
Y2	4.44	5.22	0.89	3.97	4.66
Y3	0.09	7.22	0.38	0.03	2.75
Y4	0.09	10.16	0.21	0.02	2.18
Y5	3.08	8.96	0.98	3.00	8.73
Y6	4.45	8.59	0.62	2.75	5.31
Y7	7.92	8.63	3.37	26.65	29.06
Columnas	4.03	5.26	2.19	8.83	11.52
Muros no portantes	6.49	5.70	0.95	6.14	5.40
Losa	3.73	5.43	35.36	131.89	192.00
CV	3.73	5.43	11.79	43.96	64.00
Total			64.09	248.55	370.33
				<b>Xc (m)</b>	<b>3.88</b>
				<b>Yc (m)</b>	<b>5.78</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

## Anexo 16. Rigidez lateral de muros

**Tabla A.33 Cálculo de la rigidez: Primer nivel**

RIGIDEZ LATERAL DE MUROS 1ER NIVEL							
Muro	L (m)	h (m)	At (m <sup>2</sup> )	Ac (m <sup>2</sup> )	I (m <sup>4</sup> )	ff	K (ton/m)
X1	2.78	2.65	1.11	0.47	0.74	2.36	7,793.24
X2	3.48	2.65	1.23	0.59	1.40	2.09	10,158.75
X3	4.53	2.65	2.05	0.77	7.18	2.67	9,836.37
X4	1.23	2.65	0.21	0.21	0.03	1.00	820.21
X5	8.00	2.65	3.28	1.36	26.60	2.41	11,202.06
Y1	1.56	2.65	0.27	0.27	0.05	1.00	1,621.13
Y2	2.83	2.65	1.11	0.48	0.72	2.30	7,847.74
Y3	1.21	2.65	0.21	0.21	0.03	1.00	780.97
Y4	0.68	2.65	0.12	0.12	0.00	1.00	98.93
Y5	3.09	2.65	0.53	0.53	0.42	1.00	8,994.09
Y6	1.96	2.65	0.33	0.33	0.11	1.00	3,038.43
Y7	10.67	2.65	4.16	1.81	53.96	2.29	11,868.54
<b>Em (ton/m<sup>2</sup>)</b>			198,670.00	<b>Gm (ton/m<sup>2</sup>)</b>	72,630.00		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.34 Cálculo de la rigidez: Segundo nivel**

RIGIDEZ LATERAL DE MUROS 2DO NIVEL							
Muro	L (m)	h (m)	At (m <sup>2</sup> )	Ac (m <sup>2</sup> )	I (m <sup>4</sup> )	ff	K (ton/m)
X1	2.78	5.35	1.11	0.47	0.74	2.36	1,918.23
X2	3.48	5.35	1.23	0.59	1.40	2.09	2,963.03
X3	4.53	5.35	2.05	0.77	7.18	2.67	4,305.64
X4	1.23	5.35	0.21	0.21	0.03	1.00	101.98
X5	8.00	5.35	3.28	1.36	26.60	2.41	5,333.02
Y1	1.56	5.35	0.27	0.27	0.05	1.00	206.22
Y2	2.83	5.35	1.11	0.48	0.72	2.30	1,899.71
Y3	1.21	5.35	0.21	0.21	0.03	1.00	97.00
Y4	0.68	5.35	0.12	0.12	0.00	1.00	12.06
Y5	3.09	5.35	0.53	0.53	0.42	1.00	1,452.82
Y6	1.96	5.35	0.33	0.33	0.11	1.00	402.97
Y7	10.67	5.35	4.16	1.81	53.96	2.29	5,757.20
<b>Em (ton/m<sup>2</sup>)</b>			198,670.00	<b>Gm (ton/m<sup>2</sup>)</b>	72,630.00		

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 17. Centro re rigidez

Tabla A.35 Cálculo del centro de rigidez: Primer nivel

CLACULO DEL CENTRO DE RIGIDEZ 1ER NIVEL							
Muro	Kx (ton/m)	Yi (m)	K.Yi (ton.m)	Muro	Ky (ton/m)	Xi (m)	K.Xi (ton.m)
X3	7,793.24	0.09	662.43	Y4	1,621.13	0.09	137.80
X4	10,158.75	3.78	38,400.06	Y5	7,847.74	4.44	34,843.97
X5	9,836.37	6.53	64,182.29	Y6	780.97	0.09	66.38
X6	820.21	7.78	6,381.23	Y7	98.93	0.09	8.41
X7	11,202.06	10.59	118,573.79	Y8	8,994.09	3.08	27,656.83
<b>ΣKx</b>	<b>39,810.63</b>	<b>ΣKx.Yi</b>	<b>228,199.80</b>	Y9	3,038.43	4.45	13,505.84
		<b>Ycr (m)</b>	<b>5.73</b>	Y10	11,868.54	7.92	93,939.52
				<b>ΣKy</b>	<b>34,249.84</b>	<b>ΣKy.Xi</b>	<b>170,158.76</b>
						<b>Xcr (m)</b>	<b>4.97</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.36 Cálculo del centro de rigidez: Segundo nivel.

CLACULO DEL CENTRO DE RIGIDEZ 2DO NIVEL							
Muro	Kx (ton/m)	Yi (m)	K.Yi (ton.m)	Muro	Ky (ton/m)	Xi (m)	K.Xi (ton.m)
X3	1,918.23	6.53	12,516.44	Y4	206.22	0.09	17.53
X4	2,963.03	7.78	23,052.40	Y5	1,899.71	4.44	8,434.72
X5	4,305.64	10.59	45,575.20	Y6	97.00	0.09	8.24
X6	101.98	2.83	288.61	Y7	12.06	0.09	1.02
X7	5,333.02	5.22	27,838.36	Y8	1,452.82	3.08	4,467.42
<b>ΣKx</b>	<b>14,621.90</b>	<b>ΣKx.Yi</b>	<b>109,271.00</b>	Y9	402.97	4.45	1,791.19
		<b>Ycr (m)</b>	<b>7.47</b>	Y10	5,757.20	7.92	45,568.26
				<b>ΣKy</b>	<b>9,827.97</b>	<b>ΣKy.Xi</b>	<b>60,288.39</b>
						<b>Xcr (m)</b>	<b>6.13</b>

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 18. Excentricidades

Tabla A.37 Cálculo de excentricidades por nivel

EXCENTRICIDAD					
1er Nivel			2do Nivel		
Lx		8.00	Ly		10.00
ex		0.98	ex		2.26
ey		-0.32	ey		1.69
<b>e acc</b>			<b>e acc</b>		
ex		0.40	ex		0.40
ey		0.50	ey		0.50
Horario	<b>exx (m)</b>	<b>1.38</b>	<b>exx (m)</b>	<b>2.66</b>	Horario
Antihorario	<b>eyy (m)</b>	<b>0.18</b>	<b>eyy (m)</b>	<b>2.19</b>	Antihorario

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 19. Momentos torsores

Tabla A.38 Cálculo de momentos torsores por nivel

MOMENTOS TORSORES					
Piso	V (ton)	ex (m)	ey (m)	Mxx (ton.m)	Myy (ton.m)
1	21.68	1.38	0.18	3.85	29.98
2	12.98	2.66	2.19	28.50	34.49

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 20. Cortantes por torsión

**Tabla A.39 Cálculo de cortantes por torsión: Primer nivel**

CORTANTES POR TORSIÓN 1ER NIVEL								
Muro	Kx	Yg (m)	Ycr (m)	d (m)	Kx.d2	Vt1 (ton)	Vt1 (ton)	
X1	7,793.24	0.09	5.73	-5.65	248,527.43	0.22	0.22	
X2	10,158.75	3.78	5.73	-1.95	38,713.19	0.10	0.10	
X3	9,836.37	6.53	5.73	0.79	6,183.52	-0.04	-0.04	
X4	820.21	7.78	5.73	2.05	3,439.76	-0.01	-0.01	
X5	11,202.06	10.59	5.73	4.85	263,812.06	-0.28	-0.28	
					<b>ΣKx.d2</b>	<b>560,675.95</b>		
Muro	Ky	Xg (m)	Xcr (m)	d (m)	Ky.d2	Vt1 (ton)	Vt (ton)	
Y1	1,621.13	0.09	4.97	-4.88	38,656.38	0.31	0.31	
Y2	7,847.74	4.44	4.97	-0.53	2,189.17	0.16	0.16	
Y3	780.97	0.09	4.97	-4.88	18,622.46	0.15	0.15	
Y4	98.93	0.09	4.97	-4.88	2,358.90	0.02	0.02	
Y5	8,994.09	3.08	4.97	-1.89	32,235.38	0.67	0.67	
Y6	3,038.43	4.45	4.97	-0.52	831.61	0.06	0.06	
Y7	11,868.54	7.92	4.97	2.95	103,064.71	-1.38	-1.38	
					<b>ΣKy.d2</b>	<b>197,958.62</b>		
					<b>Σ</b>	<b>758,634.57</b>		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.40 Cálculo de cortantes por torsión: Segundo nivel**

CORTANTES POR TORSIÓN 2DO NIVEL								
Muro	Kx	Yg (m)	Ycr (m)	d (m)	Kx.d2	Vt1 (ton)	Vt1 (ton)	
X1	1,918.23	0.09	7.47	-7.39	104,704.76	-1.61	-1.61	
X2	2,963.03	3.78	7.47	-3.69	40,412.87	-1.24	-1.24	
X3	4,305.64	6.53	7.47	-0.95	3,870.35	-0.46	-0.46	
X4	101.98	7.78	7.47	0.31	9.61	0.00	0.00	
X5	5,333.02	10.59	7.47	3.11	51,644.39	1.89	1.89	
					<b>ΣKx.d2</b>	<b>200,641.97</b>		
Muro	Ky	Xg (m)	Xcr (m)	d (m)	Ky.d2	Vt1 (ton)	Vt (ton)	
Y1	206.22	0.09	6.13	-6.05	7,546.52	0.17	0.17	
Y2	1,899.71	4.44	6.13	-1.69	5,453.85	0.44	0.44	
Y3	97.00	0.09	6.13	-6.05	3,549.54	0.08	0.08	
Y4	12.06	0.09	6.13	-6.05	441.15	0.01	0.01	
Y5	1,452.82	3.08	6.13	-3.06	13,598.01	0.61	0.61	
Y6	402.97	4.45	6.13	-1.69	1,150.06	0.09	0.09	
Y7	5,757.20	7.92	6.13	1.78	18,254.08	-1.41	-1.41	
					<b>ΣKy.d2</b>	<b>49,993.21</b>		
					<b>Σ</b>	<b>250,635.18</b>		

Fuente: Elaboración propia.



## Anexo 21. Cortantes directas

**Tabla A.41 Cálculo de cortantes directas: Primer nivel**

<b>CORTANTES DIRECTAS 1ER NIVEL</b>		
<b>Muro</b>	<b>Kx</b>	<b>Vd (ton)</b>
X1	7,793.24	4.24
X2	10,158.75	5.53
X3	9,836.37	5.36
X4	820.21	0.45
X5	11,202.06	6.10
<b>ΣKx</b>	<b>39,810.63</b>	
<b>Muro</b>	<b>Ky</b>	<b>Vd (ton)</b>
Y1	1,621.13	1.03
Y2	7,847.74	4.97
Y3	780.97	0.49
Y4	98.93	0.06
Y5	8,994.09	5.69
Y6	3,038.43	1.92
Y7	11,868.54	7.51
<b>ΣKy</b>	<b>34,249.84</b>	

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla A.42 Cálculo de cortantes directas: Segundo nivel**

<b>CORTANTES DIRECTAS 2DO NIVEL</b>		
<b>Muro</b>	<b>Kx</b>	<b>Vd (ton)</b>
X1	1,918.23	1.70
X2	2,963.03	2.63
X3	4,305.64	3.82
X4	101.98	0.09
X5	5,333.02	4.74
<b>ΣKx</b>	<b>14,621.90</b>	
<b>Muro</b>	<b>Ky</b>	<b>Vd (ton)</b>
Y1	206.22	0.27
Y2	1,899.71	2.51
Y3	97.00	0.13
Y4	12.06	0.02
Y5	1,452.82	1.92
Y6	402.97	0.53
Y7	5,757.20	7.61
<b>ΣKy</b>	<b>9,827.97</b>	

*Fuente: Elaboración propia.*

## Anexo 22. Cortantes totales

**Tabla A.43 Cálculo de las cortantes totales: Primer nivel**

CORTANTE TOTAL 1ER NIVEL			
Muro	Vd (ton)	Vt (ton)	V (ton)
X1	4.24	0.22	4.47
X2	5.53	0.10	5.63
X3	5.36	-0.04	5.32
X4	0.45	-0.01	0.44
X5	6.10	-0.28	5.83
Y1	1.03	0.31	1.34
Y2	4.97	0.16	5.13
Y3	0.49	0.15	0.65
Y4	0.06	0.02	0.08
Y5	5.69	0.67	6.37
Y6	1.92	0.06	1.99
Y7	7.51	-1.38	6.13

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.44 Cálculo de las cortantes totales: Segundo nivel**

CORTANTE TOTAL 2DO NIVEL			
Muro	Vd (ton)	Vt (ton)	V (ton)
X1	1.70	-1.61	0.09
X2	2.63	-1.24	1.39
X3	3.82	-0.46	3.36
X4	0.09	0.00	0.09
X5	4.74	1.89	6.62
Y1	0.27	0.17	0.44
Y2	2.51	0.44	2.95
Y3	0.13	0.08	0.21
Y4	0.02	0.01	0.03
Y5	1.92	0.61	2.53
Y6	0.53	0.09	0.63
Y7	7.61	-1.41	6.20

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 23. Momentos totales por muro

Tabla A.45 Cálculo de los momentos totales por nivel

MOMENTOS TOTALES 1ER NIVEL				MOMENTOS TOTALES 2DO NIVEL			
Muro	V (ton)	H (m)	M (ton.m)	Muro	V (ton)	H (m)	M (ton.m)
X1	4.47	2.65	11.84	X1	0.09	2.50	0.23
X2	5.63	2.65	14.93	X2	1.39	2.50	3.47
X3	5.32	2.65	14.09	X3	3.36	2.50	8.40
X4	0.44	2.65	1.16	X4	0.09	2.50	0.24
X5	5.83	2.65	15.44	X5	6.62	2.50	16.56
Y1	1.34	2.65	3.55	Y1	0.44	2.50	1.11
Y2	5.13	2.65	13.60	Y2	2.95	2.50	7.38
Y3	0.65	2.65	1.71	Y3	0.21	2.50	0.52
Y4	0.08	2.65	0.22	Y4	0.03	2.50	0.06
Y5	6.37	2.65	16.87	Y5	2.53	2.50	6.33
Y6	1.99	2.65	5.26	Y6	0.63	2.50	1.57
Y7	6.13	2.65	16.25	Y7	6.20	2.50	15.49

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 24. Esfuerzos axiales

Tabla A.46 Cálculo y verificación de muros por esfuerzo axial: Primer nivel

ESFUERZO AXIAL MÁXIMO 1ER NIVEL								0.15f'm
Muro	H (m)	t (m)	L (m)	Pm (ton)	$\sigma$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\sigma_a$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\sigma < \sigma_a$	
X1	2.65	0.17	2.78	10.59	22.44	86.96	Sí cumple	81.36
X2	2.65	0.17	3.48	15.20	25.73	86.96	Sí cumple	
X3	2.65	0.17	4.53	21.57	28.04	86.96	Sí cumple	
X4	2.65	0.17	1.23	6.52	31.16	86.96	Sí cumple	
X5	2.65	0.17	8.00	23.40	17.21	86.96	Sí cumple	
Y1	2.65	0.17	1.56	3.66	13.82	86.96	Sí cumple	
Y2	2.65	0.17	2.83	12.47	25.93	86.96	Sí cumple	
Y3	2.65	0.17	1.21	4.53	22.04	86.96	Sí cumple	
Y4	2.65	0.17	0.68	1.32	11.43	86.96	Sí cumple	
Y5	2.65	0.17	3.09	6.38	12.14	86.96	Sí cumple	
Y6	2.65	0.17	1.96	4.61	13.85	86.96	Sí cumple	
Y7	2.65	0.17	10.67	19.03	10.49	86.96	Sí cumple	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.47 Cálculo y verificación de muros por esfuerzo axial: Segundo nivel**

ESFUERZO AXIAL MÁXIMO 2DO NIVEL								
Muro	H (m)	t (m)	L (m)	Pm (ton)	$\sigma$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\sigma_a$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\sigma < \sigma_a$	0.15f'm
X1	2.65	0.17	2.78	4.52	9.59	86.96	Sí cumple	81.36
X2	2.65	0.17	3.48	6.50	11.00	86.96	Sí cumple	
X3	2.65	0.17	4.53	9.22	11.98	86.96	Sí cumple	
X4	2.65	0.17	1.23	2.78	13.31	86.96	Sí cumple	
X5	2.65	0.17	8.00	10.00	7.35	86.96	Sí cumple	
Y1	2.65	0.17	1.56	1.57	5.91	86.96	Sí cumple	
Y2	2.65	0.17	2.83	5.33	11.08	86.96	Sí cumple	
Y3	2.65	0.17	1.21	1.94	9.42	86.96	Sí cumple	
Y4	2.65	0.17	0.68	0.56	4.88	86.96	Sí cumple	
Y5	2.65	0.17	3.09	2.73	5.19	86.96	Sí cumple	
Y6	2.65	0.17	1.96	1.97	5.92	86.96	Sí cumple	
Y7	2.65	0.17	10.67	8.13	4.48	86.96	Sí cumple	

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 25. Fisuración de muros

**Tabla A.48 Cálculo y verificación de muros por fisuración: Primer nivel**

FISURACIÓN 1ER NIVEL										
Muro	t (m)	L (m)	Ve (ton)	M (ton.m)	$\alpha$	$\alpha$ a usar	Pg (ton)	vm	0.55*vm	Ve < 0.55*vm
X1	0.17	2.78	4.47	11.84	1.05	1.00	10.59	14.93	8.21	No se fisura
X2	0.17	3.48	5.63	14.93	1.31	1.00	15.20	19.14	10.53	No se fisura
X3	0.17	4.53	5.32	14.09	1.71	1.00	21.57	25.33	13.93	No se fisura
X4	0.17	1.23	0.44	1.16	0.46	0.46	6.52	4.07	2.24	No se fisura
X5	0.17	8.00	5.83	15.44	3.02	1.00	23.40	41.40	22.77	No se fisura
Y1	0.17	1.56	1.34	3.55	0.59	0.59	3.66	4.98	2.74	No se fisura
Y2	0.17	2.83	5.13	13.60	1.07	1.00	12.47	15.61	8.58	No se fisura
Y3	0.17	1.21	0.65	1.71	0.46	0.46	4.53	3.53	1.94	No se fisura
Y4	0.17	0.68	0.08	0.22	0.26	0.33	1.32	1.32	0.73	No se fisura
Y5	0.17	3.09	6.37	16.87	1.17	1.00	6.38	15.38	8.46	No se fisura
Y6	0.17	1.96	1.99	5.26	0.74	0.74	4.61	7.59	4.17	No se fisura
Y7	0.17	10.67	6.13	16.25	4.03	1.00	19.03	52.41	28.83	No se fisura

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla A.49 Cálculo y verificación de muros por fisuración: Segundo nivel.**

FISURACIÓN 2DO NIVEL										
Muro	t (m)	L (m)	Ve (ton)	M (ton.m)	$\alpha$	$\alpha$ a usar	Pg (ton)	vm	0.55*vm	Ve < 0.55*vm
X1	0.17	2.78	0.09	0.23	1.11	1.00	4.52	13.53	7.44	No se fisura
X2	0.17	3.48	1.39	3.47	1.39	1.00	6.50	17.14	9.43	No se fisura
X3	0.17	4.53	3.36	8.40	1.81	1.00	9.22	22.49	12.37	No se fisura
X4	0.17	1.23	0.09	0.24	0.49	0.49	2.78	3.36	1.85	No se fisura
X5	0.17	8.00	6.62	16.56	3.20	1.00	10.00	38.31	21.07	No se fisura
Y1	0.17	1.56	0.44	1.11	0.62	0.62	1.57	4.74	2.61	No se fisura
Y2	0.17	2.83	2.95	7.38	1.13	1.00	5.33	13.97	7.68	No se fisura
Y3	0.17	1.21	0.21	0.52	0.48	0.48	1.94	3.08	1.70	No se fisura
Y4	0.17	0.68	0.03	0.06	0.27	0.33	0.56	1.15	0.63	No se fisura
Y5	0.17	3.09	2.53	6.33	1.24	1.00	2.73	14.54	8.00	No se fisura
Y6	0.17	1.96	0.63	1.57	0.78	0.78	1.97	7.37	4.05	No se fisura
Y7	0.17	10.67	6.20	15.49	4.27	1.00	8.13	49.90	27.45	No se fisura

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 26. Presupuesto y análisis de costos unitarios: Vivienda con unidad de arcilla calcinada H-10**

## Presupuesto

Proyecto VIVENDA UNIFAMILIAR

Sub Presupuesto VIVIENDA UNIFAMILIAR - UTILIZACIÓN LADRILLO H-10

Cliente

Ubicación CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA

Costo a :

Abril - 2016

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>						1,157.21
01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	85.36	3.46	295.74		
01.02	TRAZO Y REPLANTEO	M2	85.36	10.09	861.47		
02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS-EXP</b>						1,657.91
02.01	EXCAVACION PARA CIMIENTOS CORRIDOS	M3	22.50	46.27	1,040.98		
02.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	3.20	32.60	104.32		
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	19.30	26.56	512.61		
03	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>						7,843.13
03.01	CIMENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON 30% PIEDRA	M3	19.29	187.75	3,621.78		
03.02	CONCRETO SIMPLE PARA SOLADO F'C=140 KG/CM2 E=0.10M	M2	2.14	10.70	22.91		
03.03	CONCRETO SOBRECIMIENTO 1:8 + 25% PM.	M3	2.57	253.11	650.50		
03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SOBRECIMIENTOS	M2	34.29	38.80	1,330.62		
03.05	CONCRETO EN FALSO PISO 1:8 CEMENTO-HORMIGON E=4"	M3	82.80	26.78	2,217.32		
04	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>						41,809.63
04.01	<b>ZAPATAS</b>					2,220.99	
04.01.01	CONCRETO PARA ZAPATAS F'C=210 KG/CM2	M3	6.05	306.85	1,856.43		
04.01.02	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA ZAPATAS	KG	96.02	3.80	364.56		
04.02	<b>COLUMNAS</b>					7,335.60	
04.02.01	CONCRETO PARA COLUMNAS F'C=210 KG/CM2	M3	4.61	413.86	1,907.89		
04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS	M2	73.80	46.58	3,437.25		
04.02.03	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA COLUMNAS	KG	417.56	4.77	1,990.46		
04.03	<b>LOSAS ALIGERADAS</b>					28,561.08	
04.03.01	CONCRETO PARA LOSAS ALIGERADAS F'C=210 KG/CM2	M3	13.41	436.20	5,849.43		
04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	M2	149.42	57.35	8,569.31		
04.03.03	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA LOSAS ALIGERADAS	KG	2,034.90	4.77	9,700.12		4,069.80
04.03.04	LADRILLO HUECO DE ARCILLA PARA TECHO ALIGERADO 15X30X30 CM	UND	1,415.00	3.14	4,442.22		
04.04	<b>ESCALERAS</b>					3,691.96	
04.04.01	CONCRETO PARA ESCALERAS F'C=210 KG/CM2	M3	2.48	465.09	1,153.44		
04.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESCALERAS	M2	14.14	73.01	1,032.38		
04.04.03	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA ESCALERAS	KG	315.96	4.77	1,506.14		
05	<b>MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA</b>						14,861.28
05.01	MUROS DE LADRILLO K.K. CARAVISTA DE SOGA MEZCLA 1:4 e=1.5 CM	M2	225.93	65.78	14,861.28		
	COSTO DIRECTO						71,398.96
	GASTOS GENERALES				10.00%		7,139.90
	UTILIDAD				8.00%		5,711.92
	SUB TOTAL						84,250.77
	IGV.				18.00%		15,165.14
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>						<b>99,415.91</b>
	<b>COSTO POR M2</b>						<b>582.33</b>

## Análisis de Costos Unitarios

Proyecto VIVENDA UNIFAMILIAR

Sub Presupuesto VIVIENDA UNIFAMILIAR - UTILIZACION LADRILLO H-10

Cliente

Ubicación CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA

Costo a : **Abril - 2016**

Partida	01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL				Rend:	40.0000 M2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0200	21.23	0.42	
47 00004	PEON	HH	1.000	0.2000	14.40	2.88	
							<b>3.30</b>
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	3.30	0.17	
							<b>0.16</b>
<b>Costo unitario por M2 :</b>							<b>3.46</b>

Partida	01.02	TRAZO Y REPLANTEO				Rend:	50.0000 M2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0160	21.23	0.34	
47 00006	TOPOGRAFO	HH	1.000	0.1600	19.95	3.19	
47 00004	PEON	HH	1.000	0.1600	14.40	2.30	
							<b>5.84</b>
<b>Materiales</b>							
21 00887	CAL HIDRATADA DE 30 KG	BOL		0.0100	38.14	0.38	
43 00888	ESTACA DE EUCALIPTO	PZA		1.0000	0.50	0.50	
							<b>0.88</b>
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	5.84	0.18	
49 00889	NIVEL TOPOGRAFICO CON TRIPODE	HE	1.000	0.1600	10.00	1.60	
49 00072	TEODOLITO	HM	1.000	0.1600	10.00	1.60	
							<b>3.38</b>
<b>Costo unitario por M2 :</b>							<b>10.09</b>

Partida	02.01	EXCAVACION PARA CIMIENTOS CORRIDOS				Rend:	3.0000 M3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.2667	21.23	5.66	
47 00004	PEON	HH	1.000	2.6667	14.40	38.40	
							<b>44.06</b>
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	44.06	2.20	
							<b>2.20</b>
<b>Costo unitario por M3 :</b>							<b>46.27</b>

Partida	02.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO				Rend:	12.0000 M3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	21.23	1.42	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.6667	19.30	12.87	
47 00004	PEON	HH	1.000	0.6667	14.40	9.60	
							<b>23.88</b>
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	23.88	0.72	
49 00867	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 7 HP	HM	1.000	0.6667	12.00	8.00	
							<b>8.72</b>
<b>Costo unitario por M3 :</b>							<b>32.60</b>

Partida	02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE				Rend:	75.0000 M3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.200	0.0213	21.23	0.45	
47 00004	PEON	HH	2.000	0.2133	14.40	3.07	



## Análisis de Costos Unitarios

<b>Proyecto</b>	VIVENDA UNIFAMILIAR					
<b>Sub Presupuesto</b>	VIVIENDA UNIFAMILIAR - UTILIZACION LADRILLO H-10					
<b>Cliente</b>						
<b>Ubicación</b>	CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA				<b>Costo a :</b>	<b>Abril - 2016</b>

						<b>3.52</b>
	<b>Equipo</b>					
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.52	0.11
48 00052	CAMION VOLQUETE 210 HP x 6 M3.	HM	2.000	0.2133	85.00	18.13
48 00051	CARGADOR S/LLANTAS 100-115 HP 2-2.35 YD3	HM	0.300	0.0320	150.00	4.80
						<b>23.04</b>
					<b>Costo unitario por M3 :</b>	<b>26.56</b>

<b>Partida 03.01</b>	CIMENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON 30% PIEDRA				<b>Rend:</b>	25.0000 M3/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0320	21.23	0.68
47 00003	OPERARIO	HH	2.000	0.6400	19.30	12.35
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.3200	16.01	5.12
47 00004	PEON	HH	10.000	3.2000	14.40	46.08
						<b>64.23</b>
	<b>Materiales</b>					
05 00868	PIEDRA GRANDE MACHADA MAS DE 6"	M3		0.5200	47.00	24.44
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		3.0500	16.95	51.70
34 00091	GASOLINA 84 OCTANOS	GLN		0.2500	11.90	2.98
38 00014	HORMIGON	M3		0.8700	40.00	34.80
						<b>113.91</b>
	<b>Equipo</b>					
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	64.23	1.93
49 00063	MEZCLADORA CONCRETO DE 9-11 P3	HM	1.000	0.3200	15.00	4.80
49 00076	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1.000	0.3200	9.00	2.88
						<b>9.61</b>
					<b>Costo unitario por M3 :</b>	<b>187.75</b>

<b>Partida 03.02</b>	CONCRETO SIMPLE PARA SOLADO F'C=140 KG/CM2 E=0.20M				<b>Rend:</b>	240.0000 M2/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0033	21.23	0.07
47 00003	OPERARIO	HH	2.000	0.0667	19.30	1.29
47 00004	PEON	HH	6.000	0.2000	14.40	2.88
						<b>4.24</b>
	<b>Materiales</b>					
05 00034	AGUA	M3		0.0060	6.00	0.04
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.1800	16.86	3.03
38 00014	HORMIGON	M3		0.0615	46.61	2.87
						<b>5.94</b>
	<b>Equipo</b>					
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	4.24	0.21
49 00063	MEZCLADORA CONCRETO DE 9-11 P3	HM	1.000	0.0333	9.53	0.32
						<b>0.53</b>
					<b>Costo unitario por M2 :</b>	<b>10.70</b>

<b>Partida 03.03</b>	CONCRETO SOBRECIMIENTO 1:8 + 25% PM.				<b>Rend:</b>	12.0000 M3/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	21.23	1.42
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.6667	19.30	12.87
47 00007	OFICIAL	HH	2.000	1.3333	16.01	21.35
47 00004	PEON	HH	8.000	5.3333	14.40	76.80
						<b>112.43</b>
	<b>Materiales</b>					
05 00869	PIEDRA MEDIANA DE 6"	M3		0.4200	40.00	16.80
21 00453	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	BOL		3.8900	16.95	65.94
34 00091	GASOLINA 84 OCTANOS	GLN		0.2500	11.90	2.98
38 00014	HORMIGON	M3		0.8900	40.00	35.60
						<b>121.31</b>

## Análisis de Costos Unitarios

<b>Proyecto</b>	VIVENDA UNIFAMILIAR					
<b>Sub Presupuesto</b>	VIVIENDA UNIFAMILIAR - UTILIZACION LADRILLO H-10					
<b>Cliente</b>						
<b>Ubicación</b>	CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA				<b>Costo a :</b>	<b>Abril - 2016</b>

<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	112.43	3.37
48 00452	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	HM	1.000	0.6667	15.00	10.00
49 00076	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1.000	0.6667	9.00	6.00
						19.37
<b>Costo unitario por M3 :</b>						<b>253.11</b>

Partida	03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SOBRECIMENTOS	Rend:	16.0000	M2/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0500	21.23	1.06	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.5000	19.30	9.65	
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.5000	16.01	8.01	
47 00004	PEON	HH	0.500	0.2500	14.40	3.60	
						22.32	
<b>Materiales</b>							
02 00041	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.2600	2.67	0.69	
02 00016	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.1300	2.96	0.38	
43 00015	MADERA TORNILLO	P2		3.3500	4.40	14.74	
						15.82	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	22.32	0.67	
						0.67	
<b>Costo unitario por M2 :</b>						<b>38.80</b>	

Partida	03.05	CONCRETO EN FALSO PISO 1:8 CEMENTO-HORMIGON E=4"	Rend:	110.0000	M3/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.200	0.0145	21.23	0.31	
47 00003	OPERARIO	HH	2.000	0.1455	19.30	2.81	
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.0727	16.01	1.16	
47 00004	PEON	HH	6.000	0.4364	14.40	6.28	
						10.56	
<b>Materiales</b>							
05 00870	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"-3/4"	M3		0.1450	40.00	5.80	
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.5000	16.95	8.48	
34 00091	GASOLINA 84 OCTANOS	GLN		0.0270	11.90	0.32	
						14.60	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	10.56	0.53	
49 00063	MEZCLADORA CONCRETO DE 9-11 P3	HM	1.000	0.0727	15.00	1.09	
						1.62	
<b>Costo unitario por M3 :</b>						<b>26.78</b>	

Partida	04.01.01	CONCRETO PARA ZAPATAS F'C=210 KG/CM2	Rend:	25.0000	M3/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.200	0.0640	21.23	1.36	
47 00003	OPERARIO	HH	2.000	0.6400	19.30	12.35	
47 00007	OFICIAL	HH	2.000	0.6400	16.01	10.25	
47 00004	PEON	HH	8.000	2.5600	14.40	36.86	
						60.82	
<b>Materiales</b>							
04 00064	ARENA GRUESA	M3		0.5000	41.10	20.55	
05 00034	AGUA	M3		0.1800	6.00	1.08	
05 00075	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.8000	77.97	62.38	
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		9.2000	16.86	155.11	
						239.12	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	60.82	1.82	
49 00063	MEZCLADORA CONCRETO DE 9-11 P3	HM	1.000	0.3200	9.53	3.05	

## Análisis de Costos Unitarios

Proyecto VIVENDA UNIFAMILIAR

Sub Presupuesto VIVIENDA UNIFAMILIAR - UTILIZACION LADRILLO H-10

Cliente

Ubicación CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA

Costo a : **Abril - 2016**

49 00076	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1.000	0.3200	6.36	2.04
						<b>6.91</b>
<b>Costo unitario por M3 :</b>						<b>306.85</b>

<b>Partida 04.01.02</b>	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA ZAPATAS					<b>Rend:</b>	250.0000 KG/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0032	21.23	0.07	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0320	19.30	0.62	
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.0320	16.01	0.51	
						<b>1.20</b>	
<b>Materiales</b>							
02 00078	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0200	3.05	0.06	
03 00055	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60	KG		1.0500	2.36	2.48	
						<b>2.54</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.20	0.06	
						<b>0.06</b>	
<b>Costo unitario por KG :</b>						<b>3.80</b>	

<b>Partida 04.02.01</b>	CONCRETO PARA COLUMNAS F'C=210 KG/CM2					<b>Rend:</b>	12.0000 M3/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	21.23	1.42	
47 00003	OPERARIO	HH	3.000	2.0000	19.30	38.60	
47 00007	OFICIAL	HH	2.000	1.3333	16.01	21.35	
47 00004	PEON	HH	12.000	8.0000	14.40	115.20	
						<b>176.56</b>	
<b>Materiales</b>							
04 00064	ARENA GRUESA	M3		0.5000	40.00	20.00	
05 00870	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"-3/4"	M3		0.8000	40.00	32.00	
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		9.5000	16.95	161.03	
34 00091	GASOLINA 84 OCTANOS	GLN		0.2500	11.90	2.98	
						<b>216.00</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	176.56	5.30	
49 00063	MEZCLADORA CONCRETO DE 9-11 P3	HM	1.000	0.6667	15.00	10.00	
49 00076	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1.000	0.6667	9.00	6.00	
						<b>21.30</b>	
<b>Costo unitario por M3 :</b>						<b>413.86</b>	

<b>Partida 04.02.02</b>	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE COLUMNAS					<b>Rend:</b>	12.0000 m2/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	21.23	1.42	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.6667	19.30	12.87	
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.6667	16.01	10.67	
47 00004	PEON	HH	0.500	0.3333	14.40	4.80	
						<b>29.76</b>	
<b>Materiales</b>							
02 00041	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.3000	2.67	0.80	
02 00455	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.1300	2.96	0.38	
43 00015	MADERA TORNILLO	P2		3.3500	4.40	14.74	
						<b>15.93</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	29.76	0.89	
						<b>0.89</b>	
<b>Costo unitario por m2 :</b>						<b>46.58</b>	

## Análisis de Costos Unitarios

Proyecto VIVENDA UNIFAMILIAR

Sub Presupuesto VIVIENDA UNIFAMILIAR - UTILIZACION LADRILLO H-10

Cliente

Ubicación CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA

Costo a : **Abril - 2016**

Partida	04.02.03	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA COLUMNAS	Rend:	150.0000	KG/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0053	21.23	0.11
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0533	19.30	1.03
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.0533	16.01	0.85
						<b>1.99</b>
<b>Materiales</b>						
02 00078	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0500	2.89	0.14
03 00055	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60	KG		1.0700	2.40	2.57
						<b>2.71</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.99	0.06
						<b>0.06</b>
					<b>Costo unitario por KG :</b>	<b>4.77</b>

Partida	04.03.01	CONCRETO PARA LOSAS ALIGERADAS F'C=210 KG/CM2	Rend:	12.0000	M3/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	21.23	1.42
47 00003	OPERARIO	HH	3.000	2.0000	19.30	38.60
47 00007	OFICIAL	HH	2.000	1.3333	16.01	21.35
47 00004	PEON	HH	12.000	8.0000	14.40	115.20
						<b>176.56</b>
<b>Materiales</b>						
04 00064	ARENA GRUESA	M3		0.5100	40.00	20.40
05 00870	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"-3/4"	M3		0.8000	40.00	32.00
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		9.7400	16.95	165.09
34 00091	GASOLINA 84 OCTANOS	GLN		0.0710	11.90	0.84
						<b>218.34</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	176.56	5.30
49 00063	MEZCLADORA CONCRETO DE 9-11 P3	HM	1.000	0.6667	15.00	10.00
49 00076	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1.000	0.6667	9.00	6.00
49 00716	WINCHE - 2 BALDES, 3.6 HP	HM	1.000	0.6667	30.00	20.00
						<b>41.30</b>
					<b>Costo unitario por M3 :</b>	<b>436.20</b>

Partida	04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	Rend:	8.0000	M2/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.1000	21.23	2.12
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	1.0000	19.30	19.30
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	1.0000	16.01	16.01
						<b>37.43</b>
<b>Materiales</b>						
02 00041	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.2000	2.67	0.53
02 00016	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.2400	2.96	0.71
43 00015	MADERA TORNILLO	P2		4.0000	4.40	17.60
						<b>18.84</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	35.77	1.07
						<b>1.07</b>
					<b>Costo unitario por M2 :</b>	<b>57.35</b>

Partida	04.03.03	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA LOSAS ALIGERADAS	Rend:	150.0000	KG/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0053	21.23	0.11
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0533	19.30	1.03

## Análisis de Costos Unitarios

Proyecto VIVENDA UNIFAMILIAR  
 Sub Presupuesto VIVIENDA UNIFAMILIAR - UTILIZACION LADRILLO H-10  
 Cliente  
 Ubicacion CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA Costo a : **Abril - 2016**

47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.0533	16.01	0.85
						<b>1.99</b>
	<b>Materiales</b>					
02 00078	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0500	2.89	0.14
03 00055	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60	KG		1.0700	2.40	2.57
						<b>2.71</b>
	<b>Equipo</b>					
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.99	0.06
						<b>0.06</b>
						<b>Costo unitario por KG : 4.77</b>

Partida	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>04.03.04</b>		LADRILLO HUECO DE ARCILLA PARA TECHO ALIGERADO 15X30X30 CM				<b>Rend:</b> 1,600.0000 UN/DIA	
		<b>Mano de Obra</b>					
	47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0005	21.23	0.01
	47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0050	19.30	0.10
	47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.0050	16.01	0.08
	47 00004	PEON	HH	10.000	0.0500	14.40	0.72
							<b>0.91</b>
		<b>Materiales</b>					
	17 00939	LADRILLO P/TECHO DE 15X30X30 CM 8 HCOS.	UND		1.0500	2.10	2.21
							<b>2.21</b>
		<b>Equipo</b>					
	37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.91	0.03
							<b>0.03</b>
							<b>Costo unitario por UND : 3.14</b>

Partida	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>04.04.01</b>		CONCRETO PARA LOSAS ESCALERAS F'C=210 KG/CM2				<b>Rend:</b> 9.5000 M3/DIA	
		<b>Mano de Obra</b>					
	47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0842	21.23	1.79
	47 00003	OPERARIO	HH	3.000	2.5263	19.30	48.76
	47 00007	OFICIAL	HH	2.000	1.6842	16.01	26.96
	47 00004	PEON	HH	10.000	8.4211	14.40	121.26
							<b>198.77</b>
		<b>Materiales</b>					
	04 00064	ARENA GRUESA	M3		0.5100	40.00	20.40
	05 00870	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"-3/4"	M3		0.8000	40.00	32.00
	21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		9.2000	16.95	155.94
	34 00091	GASOLINA 84 OCTANOS	GLN		0.5500	11.90	6.55
							<b>214.89</b>
		<b>Equipo</b>					
	37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	198.77	5.96
	49 00063	MEZCLADORA CONCRETO DE 9-11 P3	HM	1.000	0.8421	15.00	12.63
	49 00076	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1.000	0.8421	9.00	7.58
	49 00716	WINCHE - 2 BALDES, 3.6 HP	HM	1.000	0.8421	30.00	25.26
							<b>51.44</b>
							<b>Costo unitario por M3 : 465.09</b>

Partida	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>04.04.02</b>		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESCALERAS				<b>Rend:</b> 8.0000 M2/DIA	
		<b>Mano de Obra</b>					
	47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.1000	21.23	2.12
	47 00003	OPERARIO	HH	1.000	1.0000	19.30	19.30
	47 00007	OFICIAL	HH	1.500	1.5000	16.01	24.02
							<b>45.44</b>
		<b>Materiales</b>					
	02 00041	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.2000	2.67	0.53
	02 00016	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.2400	2.96	0.71
	43 00015	MADERA TORNILLO	P2		5.7400	4.40	25.26
							<b>26.50</b>

## Análisis de Costos Unitarios

Proyecto VIVENDA UNIFAMILIAR  
 Sub Presupuesto VIVIENDA UNIFAMILIAR - UTILIZACION LADRILLO H-10  
 Cliente  
 Ubicacion CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA Costo a : **Abril - 2016**

Equipo						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	3.0000	35.77		1.07
						1.07
<b>Costo unitario por M2 :</b>						<b>73.01</b>

Partida	04.04.03	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA ESCALERAS	Rend:	150.0000	KG/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0053	21.23	0.11	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0533	19.30	1.03	
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.0533	16.01	0.85	
						1.99	
<b>Materiales</b>							
02 00078	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0500	2.89	0.14	
03 00055	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60	KG		1.0700	2.40	2.57	
						2.71	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.99	0.06	
						0.06	
<b>Costo unitario por KG :</b>						<b>4.77</b>	

Partida	05.01	MUROS DE LADRILLO K.K. CARAVISTA DE SOGA MEZCLA 1:4 e=1.5 CM	Rend:	12.0000	M2/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	21.23	1.42	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.6667	19.30	12.87	
47 00004	PEON	HH	0.500	0.3333	14.40	4.80	
						19.08	
<b>Materiales</b>							
02 00038	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	KG		0.0220	2.96	0.07	
04 00064	ARENA GRUESA	M3		0.0800	40.00	3.20	
17 00187	LADRILLO DE ARCILLA KING KONG 14 x 10 x 24 CM	UND		40.0000	0.97	38.80	
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.2039	16.95	3.46	
43 00015	MADERA TORNILLO	P2		0.0500	4.40	0.22	
						45.74	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	19.08	0.95	
						0.95	
<b>Costo unitario por M2 :</b>						<b>65.78</b>	

**Anexo 27. Presupuesto y análisis de costos unitarios: Vivienda con unidad de sillar.**

## Presupuesto

Proyecto VIVENDA UNIFAMILIAR

Sub Presupuesto VIVIENDA UNIFAMILIAR - UNIDAD DE SILLAR

Cliente

Ubicación CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA

Costo a :

Abril - 2016

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
<b>01</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>						1,157.21
01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	85.36	3.46	295.74		
01.02	TRAZO Y REPLANTEO	M2	85.36	10.09	861.47		
<b>02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS-EXP</b>						1,657.91
02.01	EXCAVACION PARA CIMIENTOS CORRIDOS	M3	22.50	46.27	1,040.98		
02.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	3.20	32.60	104.32		
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	19.30	26.56	512.61		
<b>03</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>						7,931.72
03.01	CIMENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON 30% PIEDRA	M3	19.29	187.75	3,621.78		
03.02	CONCRETO SIMPLE PARA SOLADO F'C=140 KG/CM2 E=0.10M	M2	2.14	10.70	22.91		
03.03	CONCRETO SOBRECIMIENTO 1:8 + 25% PM.	M3	2.92	253.11	739.09		
03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SOBRECIMIENTOS	M2	34.29	38.80	1,330.62		
03.05	CONCRETO EN FALSO PISO 1:8 CEMENTO-HORMIGON E=4"	M3	82.80	26.78	2,217.32		
<b>04</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>						41,809.63
04.01	<b>ZAPATAS</b>					2,220.99	
04.01.01	CONCRETO PARA ZAPATAS F'C=210 KG/CM2	M3	6.05	306.85	1,856.43		
04.01.02	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA ZAPATAS	KG	96.02	3.80	364.56		
04.02	<b>COLUMNAS</b>					7,335.60	
04.02.01	CONCRETO PARA COLUMNAS F'C=210 KG/CM2	M3	4.61	413.86	1,907.89		
04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS	M2	73.80	46.58	3,437.25		
04.02.03	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA COLUMNAS	KG	417.56	4.77	1,990.46		
04.03	<b>LOSAS ALIGERADAS</b>					28,561.08	
04.03.01	CONCRETO PARA LOSAS ALIGERADAS F'C=210 KG/CM2	M3	13.41	436.20	5,849.43		
04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	M2	149.42	57.35	8,569.31		
04.03.03	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA LOSAS ALIGERADAS	KG	2,034.90	4.77	9,700.12		4,069.80
04.03.04	LADRILLO HUECO DE ARCILLA PARA TECHO ALIGERADO 15X30X30 CM	UND	1,415.00	3.14	4,442.22		
04.04	<b>ESCALERAS</b>					3,691.96	
04.04.01	CONCRETO PARA ESCALERAS F'C=210 KG/CM2	M3	2.48	465.09	1,153.44		
04.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESCALERAS	M2	14.14	73.01	1,032.38		
04.04.03	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA ESCALERAS	KG	315.96	4.77	1,506.14		
<b>05</b>	<b>MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA</b>						46,658.98
05.01	MUROS DE UNIDAD DE SILLAR CARAVISTA DE SOGA MEZCLA 1:1:4 e=2.0 C	M2	225.93	206.52	46,658.98		
	COSTO DIRECTO						103,285.25
	GASTOS GENERALES				10.00%		10,328.53
	UTILIDAD				8.00%		8,262.82
	SUB TOTAL						121,876.60
	IGV.				18.00%		21,937.79
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>						<b>143,814.38</b>
	<b>COSTO POR M2</b>						<b>842.40</b>



## Análisis de Costos Unitarios

Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR

Sub Presupuesto VIVIENDA UNIFAMILIAR - UNIDAD DE SILLAR

Cliente

Ubicación CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA

Costo a : **Abril - 2016**

Partida	01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL				Rend:	40.0000 M2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0200	21.23	0.42	
47 00004	PEON	HH	1.000	0.2000	14.40	2.88	
						<b>3.30</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	3.30	0.17	
						<b>0.16</b>	
						<b>Costo unitario por M2 :</b>	<b>3.46</b>

Partida	01.02	TRAZO Y REPLANTEO				Rend:	50.0000 M2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0160	21.23	0.34	
47 00006	TOPOGRAFO	HH	1.000	0.1600	19.95	3.19	
47 00004	PEON	HH	1.000	0.1600	14.40	2.30	
						<b>5.84</b>	
<b>Materiales</b>							
21 00887	CAL HIDRATADA DE 30 KG	BOL		0.0100	38.14	0.38	
43 00888	ESTACA DE EUCALIPTO	PZA		1.0000	0.50	0.50	
						<b>0.88</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	5.84	0.18	
49 00889	NIVEL TOPOGRAFICO CON TRIPODE	HE	1.000	0.1600	10.00	1.60	
49 00072	TEODOLITO	HM	1.000	0.1600	10.00	1.60	
						<b>3.38</b>	
						<b>Costo unitario por M2 :</b>	<b>10.09</b>

Partida	02.01	EXCAVACION PARA CIMIENTOS CORRIDOS				Rend:	3.0000 M3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.2667	21.23	5.66	
47 00004	PEON	HH	1.000	2.6667	14.40	38.40	
						<b>44.06</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	44.06	2.20	
						<b>2.20</b>	
						<b>Costo unitario por M3 :</b>	<b>46.27</b>

Partida	02.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO				Rend:	12.0000 M3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	21.23	1.42	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.6667	19.30	12.87	
47 00004	PEON	HH	1.000	0.6667	14.40	9.60	
						<b>23.88</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	23.88	0.72	
49 00867	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 7 HP	HM	1.000	0.6667	12.00	8.00	
						<b>8.72</b>	
						<b>Costo unitario por M3 :</b>	<b>32.60</b>

Partida	02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE				Rend:	75.0000 M3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.200	0.0213	21.23	0.45	
47 00004	PEON	HH	2.000	0.2133	14.40	3.07	
						<b>3.52</b>	

## Análisis de Costos Unitarios

<b>Proyecto</b>	VIVIENDA UNIFAMILIAR					
<b>Sub Presupuesto</b>	VIVIENDA UNIFAMILIAR - UNIDAD DE SILLAR					
<b>Cliente</b>						
<b>Ubicación</b>	CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA				<b>Costo a :</b>	<b>Abril - 2016</b>

<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.52	0.11
48 00052	CAMION VOLQUETE 210 HP x 6 M3.	HM	2.000	0.2133	85.00	18.13
48 00051	CARGADOR S/LLANTAS 100-115 HP 2-2.35 YD3	HM	0.300	0.0320	150.00	4.80
						<b>23.04</b>
<b>Costo unitario por M3 :</b>						<b>26.56</b>

Partida	03.01	CIMENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON 30% PIEDRA				Rend:	25.0000 M3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0320	21.23	0.68	
47 00003	OPERARIO	HH	2.000	0.6400	19.30	12.35	
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.3200	16.01	5.12	
47 00004	PEON	HH	10.000	3.2000	14.40	46.08	
						<b>64.23</b>	
<b>Materiales</b>							
05 00868	PIEDRA GRANDE MACHADA MAS DE 6"	M3		0.5200	47.00	24.44	
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		3.0500	16.95	51.70	
34 00091	GASOLINA 84 OCTANOS	GLN		0.2500	11.90	2.98	
38 00014	HORMIGON	M3		0.8700	40.00	34.80	
						<b>113.91</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	64.23	1.93	
49 00063	MEZCLADORA CONCRETO DE 9-11 P3	HM	1.000	0.3200	15.00	4.80	
49 00076	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1.000	0.3200	9.00	2.88	
						<b>9.61</b>	
<b>Costo unitario por M3 :</b>						<b>187.75</b>	

Partida	03.02	CONCRETO SIMPLE PARA SOLADO F'C=140 KG/CM2 E=0.20M				Rend:	240.0000 M2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0033	21.23	0.07	
47 00003	OPERARIO	HH	2.000	0.0667	19.30	1.29	
47 00004	PEON	HH	6.000	0.2000	14.40	2.88	
						<b>4.24</b>	
<b>Materiales</b>							
05 00034	AGUA	M3		0.0060	6.00	0.04	
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.1800	16.86	3.03	
38 00014	HORMIGON	M3		0.0615	46.61	2.87	
						<b>5.94</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	4.24	0.21	
49 00063	MEZCLADORA CONCRETO DE 9-11 P3	HM	1.000	0.0333	9.53	0.32	
						<b>0.53</b>	
<b>Costo unitario por M2 :</b>						<b>10.70</b>	

Partida	03.03	CONCRETO SOBRECIMIENTO 1:8 + 25% PM.				Rend:	12.0000 M3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	21.23	1.42	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.6667	19.30	12.87	
47 00007	OFICIAL	HH	2.000	1.3333	16.01	21.35	
47 00004	PEON	HH	8.000	5.3333	14.40	76.80	
						<b>112.43</b>	
<b>Materiales</b>							
05 00869	PIEDRA MEDIANA DE 6"	M3		0.4200	40.00	16.80	
21 00453	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	BOL		3.8900	16.95	65.94	
34 00091	GASOLINA 84 OCTANOS	GLN		0.2500	11.90	2.98	
38 00014	HORMIGON	M3		0.8900	40.00	35.60	
						<b>121.31</b>	

## Análisis de Costos Unitarios

<b>Proyecto</b>	VIVENDA UNIFAMILIAR					
<b>Sub Presupuesto</b>	VIVIENDA UNIFAMILIAR - UNIDAD DE SILLAR					
<b>Cliente</b>						
<b>Ubicacion</b>	CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA				<b>Costo a :</b>	<b>Abril - 2016</b>

	<b>Equipo</b>					
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	112.43	3.37
48 00452	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	HM	1.000	0.6667	15.00	10.00
49 00076	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1.000	0.6667	9.00	6.00
						<b>19.37</b>
					<b>Costo unitario por M3 :</b>	<b>253.11</b>

<b>Partida 03.04</b>	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SOBRECIMENTOS					<b>Rend:</b>	16.0000 M2/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0500	21.23		1.06
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.5000	19.30		9.65
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.5000	16.01		8.01
47 00004	PEON	HH	0.500	0.2500	14.40		3.60
							<b>22.32</b>
	<b>Materiales</b>						
02 00041	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.2600	2.67		0.69
02 00016	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.1300	2.96		0.38
43 00015	MADERA TORNILLO	P2		3.3500	4.40		14.74
							<b>15.82</b>
	<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	22.32		0.67
							<b>0.67</b>
					<b>Costo unitario por M2 :</b>		<b>38.80</b>

<b>Partida 03.05</b>	CONCRETO EN FALSO PISO 1:8 CMENTO-HORMIGON E=4"					<b>Rend:</b>	110.0000 M3/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.200	0.0145	21.23		0.31
47 00003	OPERARIO	HH	2.000	0.1455	19.30		2.81
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.0727	16.01		1.16
47 00004	PEON	HH	6.000	0.4364	14.40		6.28
							<b>10.56</b>
	<b>Materiales</b>						
05 00870	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"-3/4"	M3		0.1450	40.00		5.80
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.5000	16.95		8.48
34 00091	GASOLINA 84 OCTANOS	GLN		0.0270	11.90		0.32
							<b>14.60</b>
	<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	10.56		0.53
49 00063	MEZCLADORA CONCRETO DE 9-11 P3	HM	1.000	0.0727	15.00		1.09
							<b>1.62</b>
					<b>Costo unitario por M3 :</b>		<b>26.78</b>

<b>Partida 04.01.01</b>	CONCRETO PARA ZAPATAS F'C=210 KG/CM2					<b>Rend:</b>	25.0000 M3/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.200	0.0640	21.23		1.36
47 00003	OPERARIO	HH	2.000	0.6400	19.30		12.35
47 00007	OFICIAL	HH	2.000	0.6400	16.01		10.25
47 00004	PEON	HH	8.000	2.5600	14.40		36.86
							<b>60.82</b>
	<b>Materiales</b>						
04 00064	ARENA GRUESA	M3		0.5000	41.10		20.55
05 00034	AGUA	M3		0.1800	6.00		1.08
05 00075	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.8000	77.97		62.38
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		9.2000	16.86		155.11
							<b>239.12</b>
	<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	60.82		1.82
49 00063	MEZCLADORA CONCRETO DE 9-11 P3	HM	1.000	0.3200	9.53		3.05

## Análisis de Costos Unitarios

Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR  
 Sub Presupuesto VIVIENDA UNIFAMILIAR - UNIDAD DE SILLAR  
 Cliente  
 Ubicación CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA Costo a : **Abril - 2016**

49 00076	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1.000	0.3200	6.36	2.04
						<u>6.91</u>
<b>Costo unitario por M3 :</b>						<b>306.85</b>

Partida <b>04.01.02</b>	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA ZAPATAS					Rend:	250.0000 KG/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0032	21.23	0.07	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0320	19.30	0.62	
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.0320	16.01	0.51	
						<u>1.20</u>	
<b>Materiales</b>							
02 00078	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0200	3.05	0.06	
03 00055	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60	KG		1.0500	2.36	2.48	
						<u>2.54</u>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.20	0.06	
						<u>0.06</u>	
<b>Costo unitario por KG :</b>						<b>3.80</b>	

Partida <b>04.02.01</b>	CONCRETO PARA COLUMNAS F'C=210 KG/CM2					Rend:	12.0000 M3/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	21.23	1.42	
47 00003	OPERARIO	HH	3.000	2.0000	19.30	38.60	
47 00007	OFICIAL	HH	2.000	1.3333	16.01	21.35	
47 00004	PEON	HH	12.000	8.0000	14.40	115.20	
						<u>176.56</u>	
<b>Materiales</b>							
04 00064	ARENA GRUESA	M3		0.5000	40.00	20.00	
05 00870	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"-3/4"	M3		0.8000	40.00	32.00	
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		9.5000	16.95	161.03	
34 00091	GASOLINA 84 OCTANOS	GLN		0.2500	11.90	2.98	
						<u>216.00</u>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	176.56	5.30	
49 00063	MEZCLADORA CONCRETO DE 9-11 P3	HM	1.000	0.6667	15.00	10.00	
49 00076	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1.000	0.6667	9.00	6.00	
						<u>21.30</u>	
<b>Costo unitario por M3 :</b>						<b>413.86</b>	

Partida <b>04.02.02</b>	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS					Rend:	12.0000 m2/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	21.23	1.42	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.6667	19.30	12.87	
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.6667	16.01	10.67	
47 00004	PEON	HH	0.500	0.3333	14.40	4.80	
						<u>29.76</u>	
<b>Materiales</b>							
02 00041	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.3000	2.67	0.80	
02 00455	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.1300	2.96	0.38	
43 00015	MADERA TORNILLO	P2		3.3500	4.40	14.74	
						<u>15.93</u>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	29.76	0.89	
						<u>0.89</u>	
<b>Costo unitario por m2 :</b>						<b>46.58</b>	

## Análisis de Costos Unitarios

Proyecto VIVIENDA UNIFAMILIAR  
 Sub Presupuesto VIVIENDA UNIFAMILIAR - UNIDAD DE SILLAR  
 Cliente  
 Ubicación CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA Costo a : **Abril - 2016**

Partida	04.02.03	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA COLUMNAS	Rend:	150.0000	KG/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0053	21.23	0.11
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0533	19.30	1.03
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.0533	16.01	0.85
						<b>1.99</b>
<b>Materiales</b>						
02 00078	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0500	2.89	0.14
03 00055	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60	KG		1.0700	2.40	2.57
						<b>2.71</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.99	0.06
						<b>0.06</b>
					<b>Costo unitario por KG :</b>	<b>4.77</b>

Partida	04.03.01	CONCRETO PARA LOSAS ALIGERADAS F'C=210 KG/CM2	Rend:	12.0000	M3/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	21.23	1.42
47 00003	OPERARIO	HH	3.000	2.0000	19.30	38.60
47 00007	OFICIAL	HH	2.000	1.3333	16.01	21.35
47 00004	PEON	HH	12.000	8.0000	14.40	115.20
						<b>176.56</b>
<b>Materiales</b>						
04 00064	ARENA GRUESA	M3		0.5100	40.00	20.40
05 00870	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"-3/4"	M3		0.8000	40.00	32.00
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		9.7400	16.95	165.09
34 00091	GASOLINA 84 OCTANOS	GLN		0.0710	11.90	0.84
						<b>218.34</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	176.56	5.30
49 00063	MEZCLADORA CONCRETO DE 9-11 P3	HM	1.000	0.6667	15.00	10.00
49 00076	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1.000	0.6667	9.00	6.00
49 00716	WINCHE - 2 BALDES, 3.6 HP	HM	1.000	0.6667	30.00	20.00
						<b>41.30</b>
					<b>Costo unitario por M3 :</b>	<b>436.20</b>

Partida	04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	Rend:	8.0000	M2/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.1000	21.23	2.12
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	1.0000	19.30	19.30
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	1.0000	16.01	16.01
						<b>37.43</b>
<b>Materiales</b>						
02 00041	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.2000	2.67	0.53
02 00016	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.2400	2.96	0.71
43 00015	MADERA TORNILLO	P2		4.0000	4.40	17.60
						<b>18.84</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	35.77	1.07
						<b>1.07</b>
					<b>Costo unitario por M2 :</b>	<b>57.35</b>

Partida	04.03.03	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA LOSAS ALIGERADAS	Rend:	150.0000	KG/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0053	21.23	0.11
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0533	19.30	1.03

## Análisis de Costos Unitarios

<b>Proyecto</b>	VIVIENDA UNIFAMILIAR					
<b>Sub Presupuesto</b>	VIVIENDA UNIFAMILIAR - UNIDAD DE SILLAR					
<b>Cliente</b>						
<b>Ubicación</b>	CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA				<b>Costo a :</b>	<b>Abril - 2016</b>

47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.0533	16.01	0.85
						<b>1.99</b>
	<b>Materiales</b>					
02 00078	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0500	2.89	0.14
03 00055	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60	KG		1.0700	2.40	2.57
						<b>2.71</b>
	<b>Equipo</b>					
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.99	0.06
						<b>0.06</b>
						<b>Costo unitario por KG : 4.77</b>

<b>Partida 04.03.04</b>	LADRILLO HUECO DE ARCILLA PARA TECHO ALIGERADO 15X30X30 CM				<b>Rend:</b>	1,600.0000	UND/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0005	21.23	0.01	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0050	19.30	0.10	
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.0050	16.01	0.08	
47 00004	PEON	HH	10.000	0.0500	14.40	0.72	
						<b>0.91</b>	
	<b>Materiales</b>						
17 00939	LADRILLO P/TECHO DE 15X30X30 CM 8 HCOS.	UND		1.0500	2.10	2.21	
						<b>2.21</b>	
	<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.91	0.03	
						<b>0.03</b>	
						<b>Costo unitario por UND : 3.14</b>	

<b>Partida 04.04.01</b>	CONCRETO PARA LOSAS ESCALERAS F'C=210 KG/CM2				<b>Rend:</b>	9.5000	M3/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0842	21.23	1.79	
47 00003	OPERARIO	HH	3.000	2.5263	19.30	48.76	
47 00007	OFICIAL	HH	2.000	1.6842	16.01	26.96	
47 00004	PEON	HH	10.000	8.4211	14.40	121.26	
						<b>198.77</b>	
	<b>Materiales</b>						
04 00064	ARENA GRUESA	M3		0.5100	40.00	20.40	
05 00870	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"-3/4"	M3		0.8000	40.00	32.00	
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		9.2000	16.95	155.94	
34 00091	GASOLINA 84 OCTANOS	GLN		0.5500	11.90	6.55	
						<b>214.89</b>	
	<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	198.77	5.96	
49 00063	MEZCLADORA CONCRETO DE 9-11 P3	HM	1.000	0.8421	15.00	12.63	
49 00076	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	1.000	0.8421	9.00	7.58	
49 00716	WINCHE - 2 BALDES, 3.6 HP	HM	1.000	0.8421	30.00	25.26	
						<b>51.44</b>	
						<b>Costo unitario por M3 : 465.09</b>	

<b>Partida 04.04.02</b>	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE ESCALERAS				<b>Rend:</b>	8.0000	M2/DIA
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.1000	21.23	2.12	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	1.0000	19.30	19.30	
47 00007	OFICIAL	HH	1.500	1.5000	16.01	24.02	
						<b>45.44</b>	
	<b>Materiales</b>						
02 00041	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.2000	2.67	0.53	
02 00016	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.2400	2.96	0.71	
43 00015	MADERA TORNILLO	P2		5.7400	4.40	25.26	
						<b>26.50</b>	

## Análisis de Costos Unitarios

**Proyecto** VIVENDA UNIFAMILIAR  
**Sub Presupuesto** VIVIENDA UNIFAMILIAR - UNIDAD DE SILLAR  
**Cliente**  
**Ubicación** CERRO COLORADO - AREQUIPA - AREQUIPA **Costo a :** **Abril - 2016**

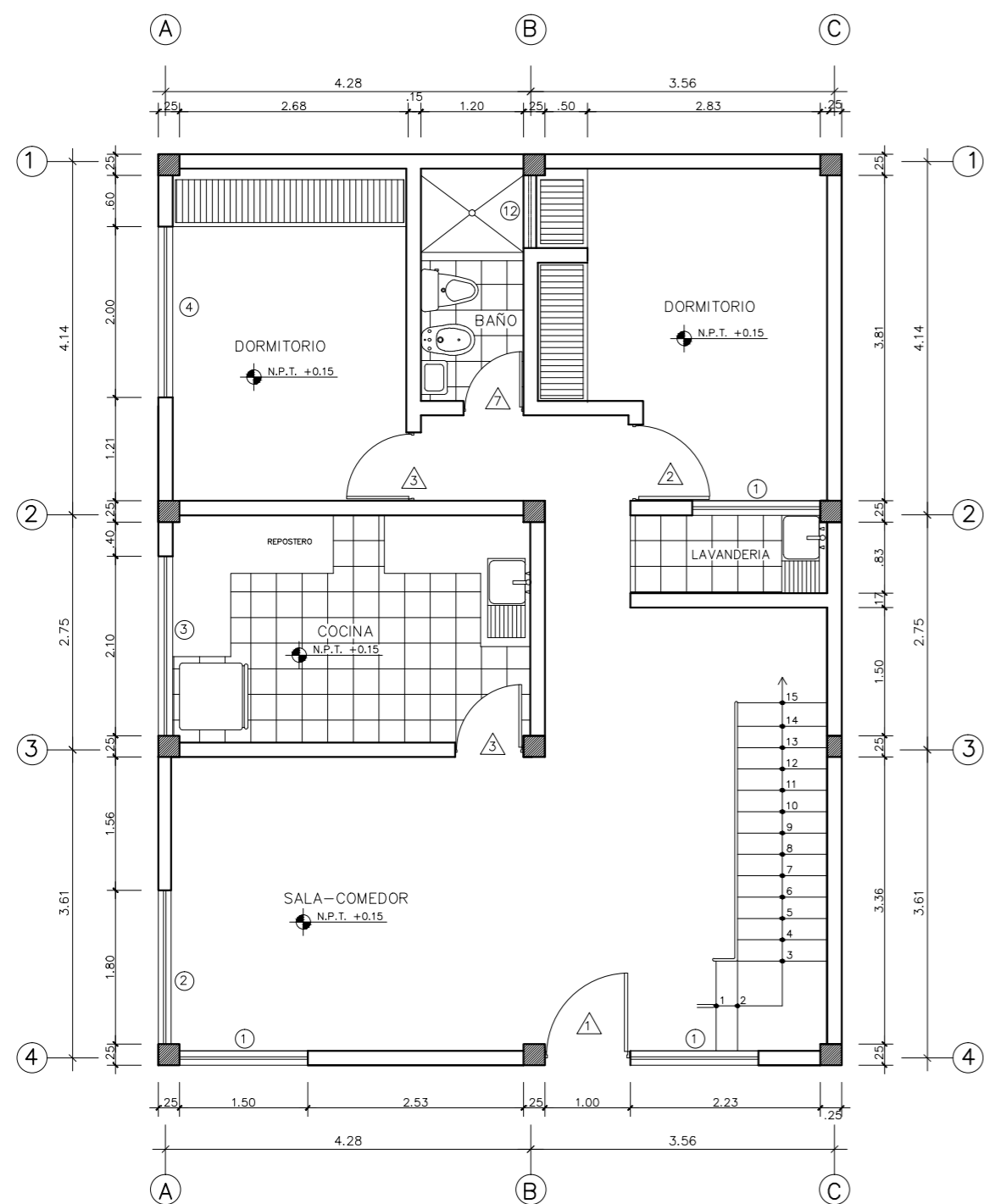
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	3.0000	35.77		1.07
						<u>1.07</u>
<b>Costo unitario por M2 :</b>						<b>73.01</b>

<b>Partida</b>	<b>04.04.03</b>	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 PARA ESCALERAS		<b>Rend:</b>	150.0000 KG/DIA	
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0053	21.23	0.11
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0533	19.30	1.03
47 00007	OFICIAL	HH	1.000	0.0533	16.01	0.85
						<b>1.99</b>
<b>Materiales</b>						
02 00078	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0500	2.89	0.14
03 00055	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60	KG		1.0700	2.40	2.57
						<b>2.71</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.99	0.06
						<u>0.06</u>
<b>Costo unitario por KG :</b>						<b>4.77</b>

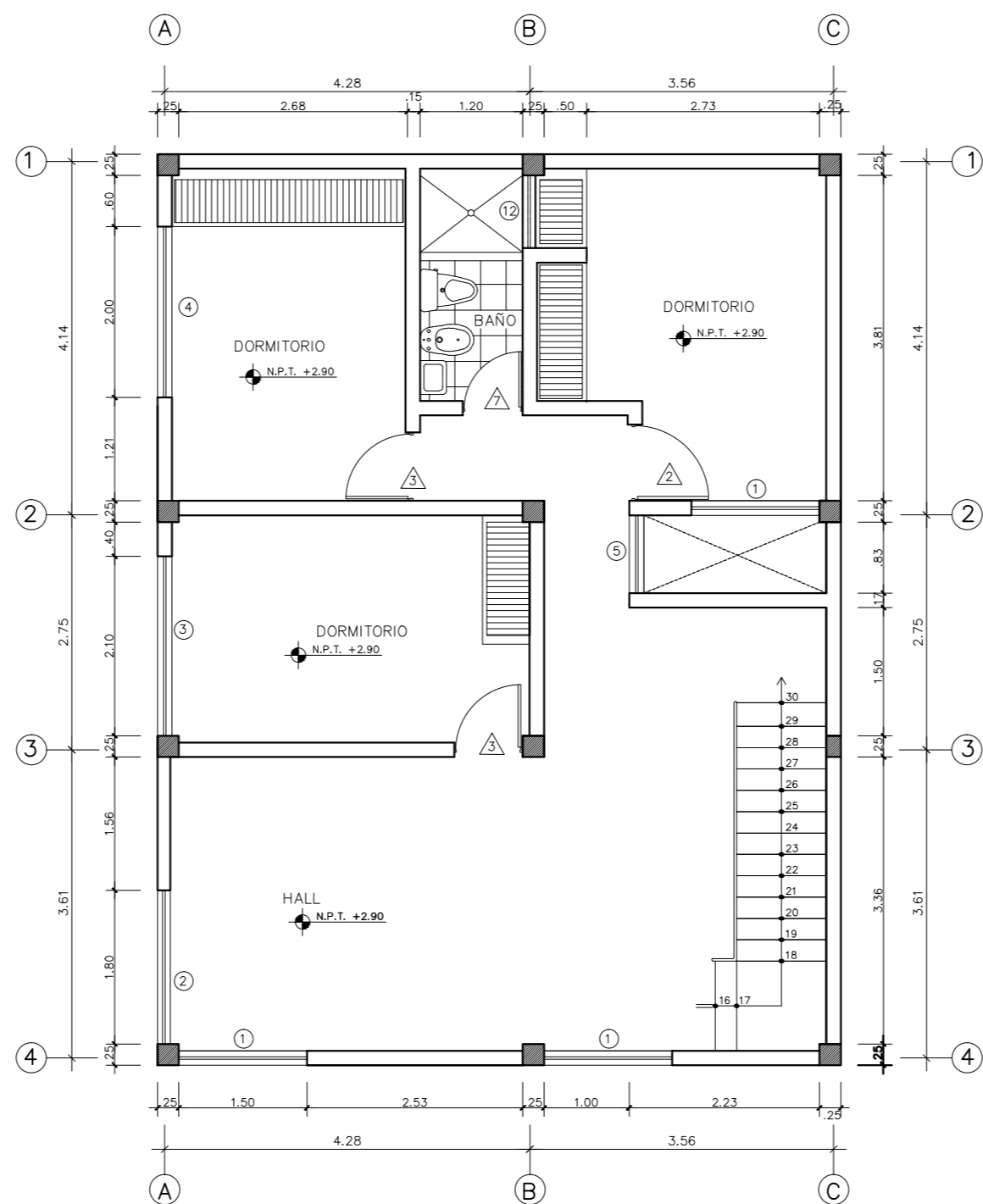
<b>Partida</b>	<b>05.01</b>	MUROS DE UNIDAD DE SILLAR CARAVISTA DE SOGA MEZCLA 1:1:4 e=2.0 CM		<b>Rend:</b>	8.0000 M2/DIA	
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	21.23	1.42
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.6667	19.30	12.87
47 00004	PEON	HH	0.500	0.3333	14.40	4.80
						<b>19.08</b>
<b>Materiales</b>						
02 00038	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	KG		0.0220	2.96	0.07
04 00064	ARENA GRUESA	M3		0.0800	40.00	3.20
17 00187	UNIDAD DE SILLAR 28 X 17 X 12 CM	UND		30.0000	5.93	177.90
21 00013	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.2039	16.95	3.46
22 00014	CAL	BOL		0.1020	16.10	1.64
43 00015	MADERA TORNILLO	P2		0.0500	4.40	0.22
						<b>186.48</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	19.08	0.95
						<u>0.95</u>
<b>Costo unitario por M2 :</b>						<b>206.52</b>

## **PLANOS**

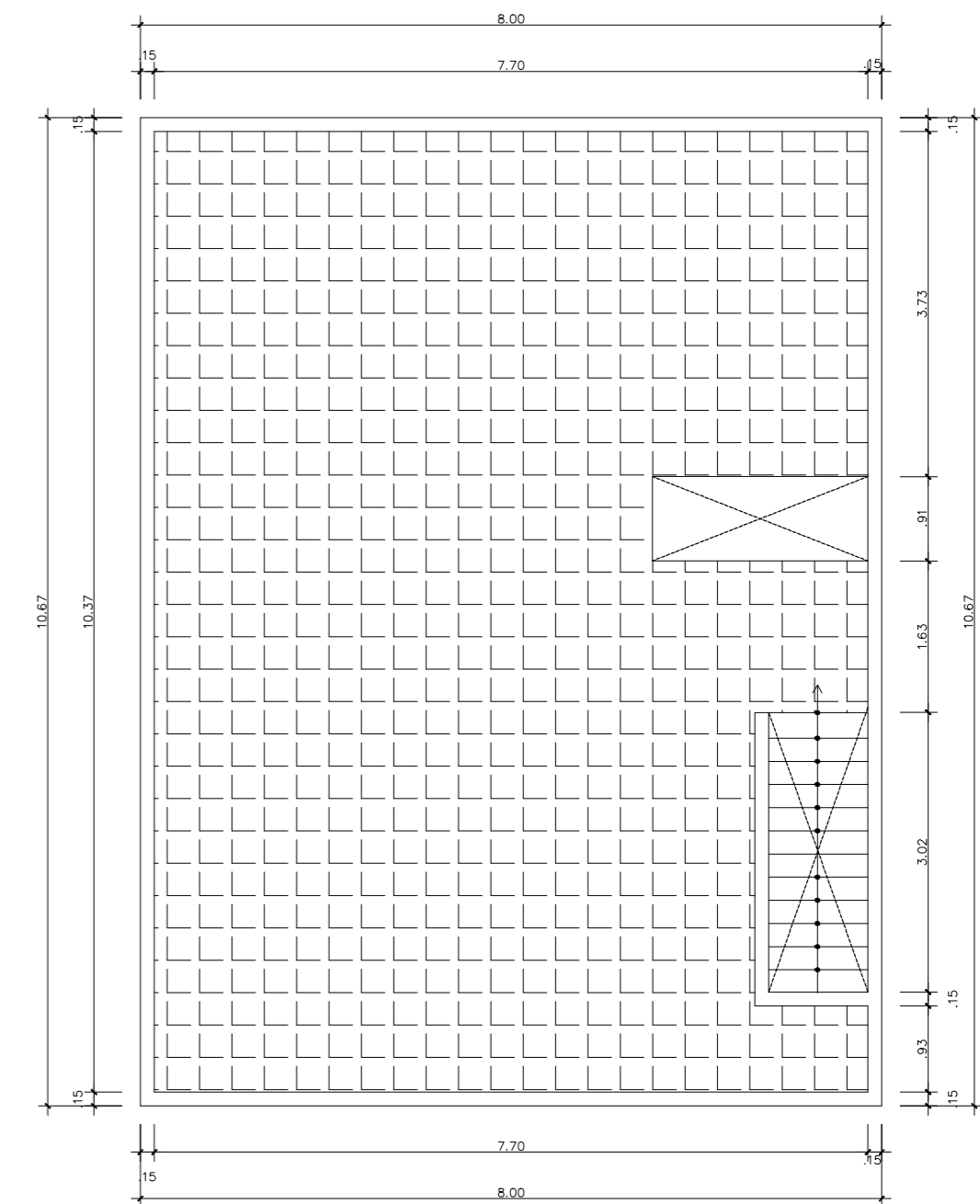




**PRIMERA PLANTA**  
ESCALA : 1 / 50



**SEGUNDA PLANTA**  
ESCALA : 1 / 50

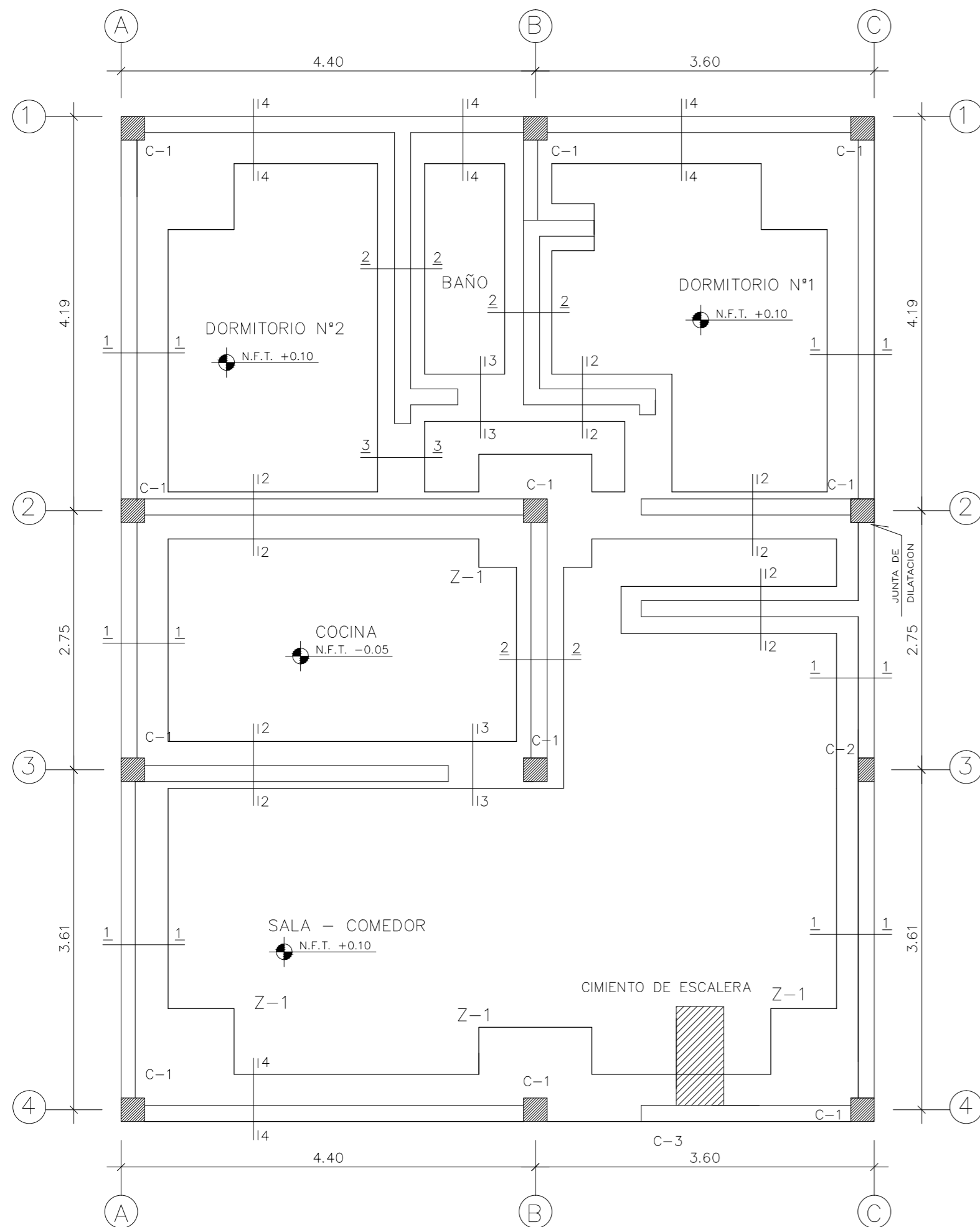


**AZOTEA**  
ESCALA : 1 / 50

CUADRO DE VANOS PUERTAS			
	ANCHO	ALTURA	TIPO
P1	1.00	2.10	apanelada
P2	0.90	2.10	contraplacado
P3	0.80	2.10	contraplacado
P7	0.70	2.10	contraplacado

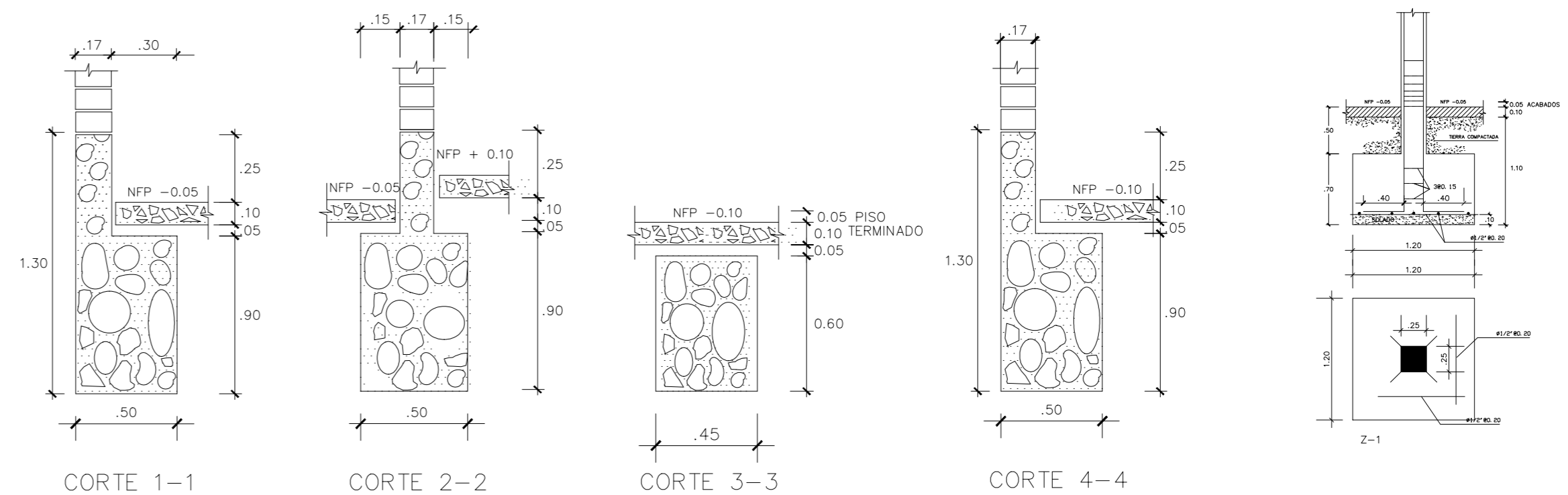
CUADRO DE VANOS VENTANAS				
	ANCHO	ALTURA	ALFEIZAR	TIPO
V1	1.50	1.50	1.00	tipo temple
V2	1.80	1.50	1.00	tipo temple
V3	2.10	1.50	1.00	tipo temple
V4	2.00	1.50	1.00	tipo temple
V5	0.90	1.50	1.00	tipo temple
V6	1.00	2.00	0.50	tipo temple

<b>TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE SILLAR Y ARCILLA CALCINADA PARA USO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE 2 NIVELES, DE ACUERDO A LA NORMA E-070 ALBAÑILERÍA</b>			
PLANO	ARQUITECTURA	ESCALA	1/50
PRESENTADO POR	BACH. RONALD PAUL MONTERO PERALTA	FECHA	ABR 2016
UBICACION	AREQUIPA	PLANO	<b>A.1</b>
UNIVERSIDAD	ALAS PERUANAS		
ESPECIALIDAD	CONSTRUCCIÓN		

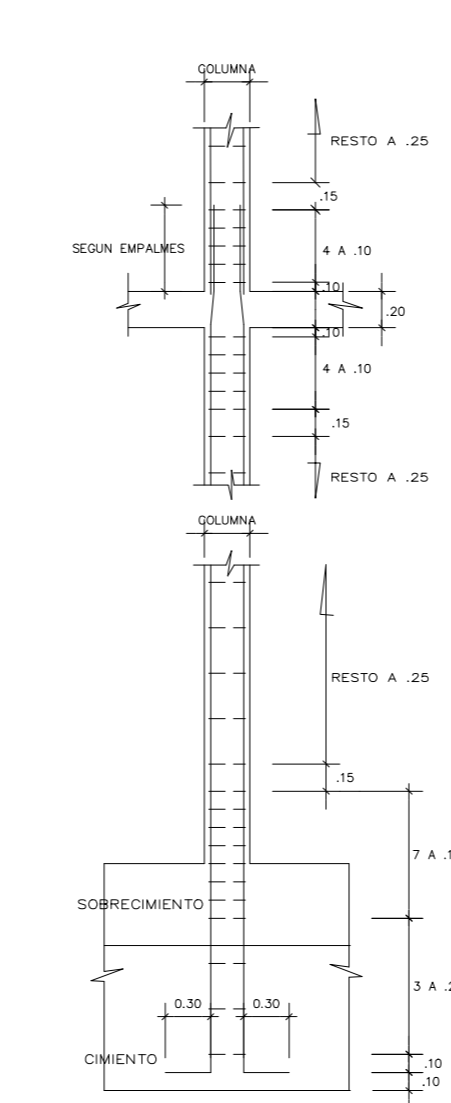


# CIMENTACIÓN

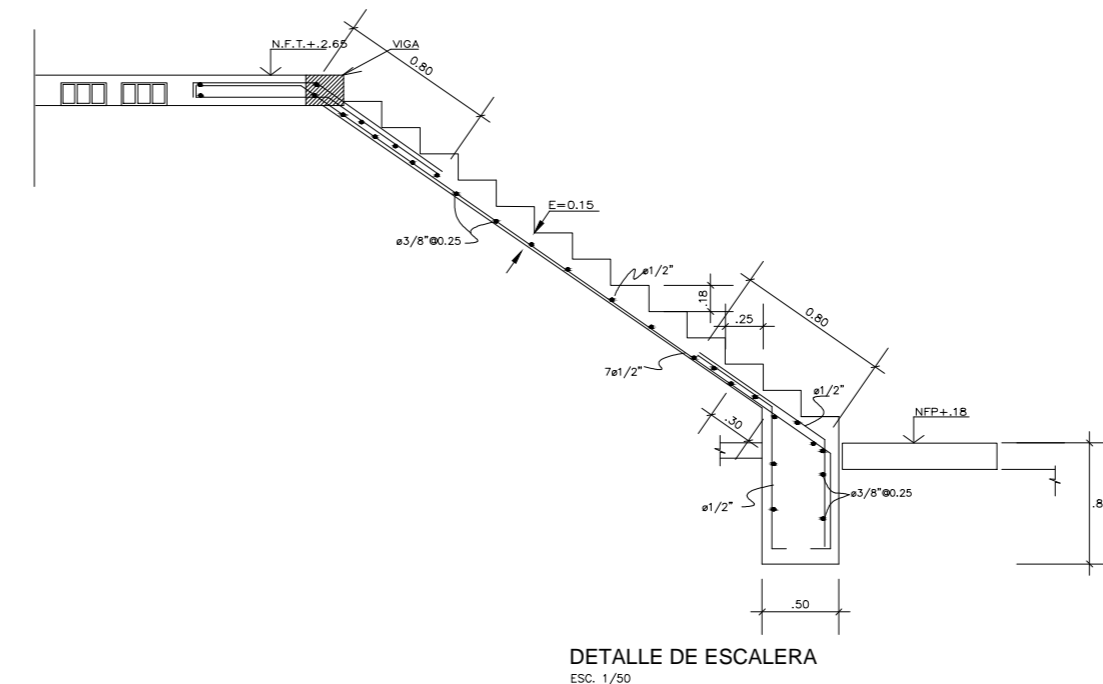
ESCALA : 1 / 50



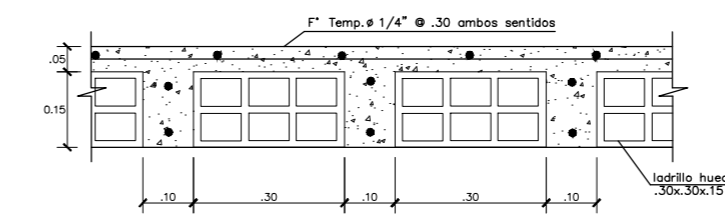
DETALLE DE CIMIENTOS  
ESC : 1/25



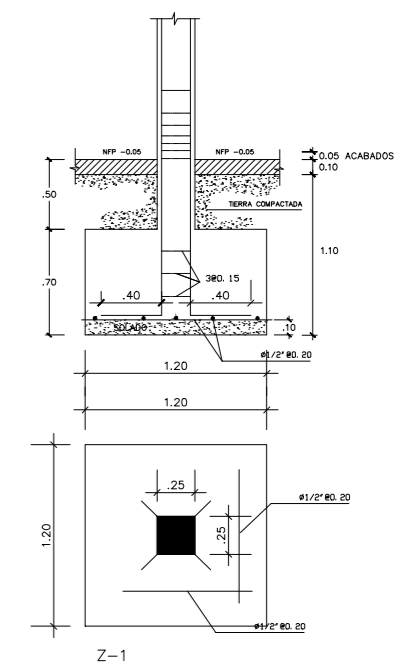
DETALLE DE CONCENTRACION DE ESTRIBOS EN COLUMNAS.



DETALLE DE ESCALERA  
ESC. 1/50



DETALLE DE ALIGERADO  
ESC : 1/15



DETALLE DE ZAPATA  
ESC : 1/50

Ø	r(cm.)	a(cm.)
1/4"	1.3	6.5
3/8"	2.0	10.0
1/2"	2.5	12.5

CUADRO DE COLUMNAS

Columna	Reinforcement
C-1	4 # 5/8"
C-2	4 # 3/8"
C-3	18 Ø5, 9Ø10, 3Ø15, 9Ø20

DETALLE DE DOBLADO DE ESTRIBOS EN COLUMNAS Y VIGAS

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
CONCRETO CICLOPEC:	
CEMENTO	CEMENTO HORMIGON 1:10 + 30% PIEDRA GRANDE 4" MAXIMO
SOBRECIMIENTO	CEMENTO HORMIGON 1:8 + 25% PIEDRA MEDIANA 3" MAXIMO
RESISTENCIA	RESISTENCIA DE TERRENO 3 kg/cm <sup>2</sup> (verificar en obra)
CONCRETO ARMADO:	RECUBRIMIENTO DEL ACERO
CONCRETO - COLUMNAS	LOSAS Y ESCALERA- 2.5 cm
CONCRETO - VIGAS	LOSAS Y ESCALERA- 3.00 cm
ACERO	TRASLAPE
SOBRECARGA:	# 3/8" = 40 cm
TECHO 1 PISO	# 1/2" = 50 cm
	# 5/8" = 60 cm
MORTERO:	
PARA LADRILLOS KING KONG DE fm = 35 Kg/cm <sup>2</sup> ( 1:4 CEMENTO ARENA) LLENANDO COMPLETAMENTE LAS JUNTAS VERTICALES Y HORIZONTALES DE DILATACION 1" (USAR TECNOPORT).	

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE SILLAR Y ARCILLA CALCINADA PARA USO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE 2 NIVELES, DE ACUERDO A LA NORMA E-070 ALBAÑILERÍA

PLANO	CIMENTACIONES	ESCALA INDICADA
PRESENTADO POR	BACH. RONALD PAUL MONTERO PERALTA	FECHA
UBICACION	AREQUIPA	PLANO
UNIVERSIDAD	ALAS PERUANAS	E.1
ESPECIALIDAD	CONSTRUCCIÓN	