



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UAC

TESIS

“Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco”

Presentado por los bachilleres:

Carlos Alberto, Escalante Aguirre

David Irwins, Gonzales Contreras

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Mg. Simone Karim, Sovero Ancheyta

CUSCO – PERÚ

2020



Dedicatoria

A Dios y la Virgen María, por permitirme llegar a este momento y poder lograr mis objetivos y metas personales.

A mi madre y padre por el apoyo constante que siempre me dieron durante todos estos años, por los cuales estoy hoy aquí culminando una etapa más de mi vida.

A mis 2 hermanas, sobrinos, abuelos, abuelas y familiares por el afecto y aliento en todo momento

En memoria de mis dos abuelos y primo, por los cuales siempre consigo tener fuerzas para seguir y no rendirme.

A mis amigos y amigas que fui conociendo a través de los años por su aliento, consejos y compañerismo.

Escalante Aguirre Carlos Alberto.

Dedicatoria

Dedicado infinitamente a la Virgen Asunta por ser el motor que mueve mi vida cada día por darme la energía y fuerza para concluir este trabajo y sobre todo por ser la luz que ilumina mi camino.

A mis madres Carmen y Tibaldina por su esfuerzo y gran motivación en mi formación personal y profesional.

A mi hijo Thiago David por ser mi inspiración y fuerza cada día de mi vida

A mis queridos hermanos Milagros, Cesar y Adriana por su ánimo y alegría por comprenderme y entenderme.

Gonzales Contreras David Irwins



Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a Dios y la Virgen María, por permitirnos alcanzar hasta este punto de nuestras vidas y poder seguir creciendo a lo largo del sendero de la vida.

A nuestras familias por ser las personas las cuales nos brindan su apoyo incondicional, por los consejos y por siempre estar cuando los necesitamos.

A nuestra asesora Mg. Simone Karim Sovero Ancheyta por sus conocimientos, consejos, apoyo por brindarnos su tiempo y experiencia para poder realizar esta investigación.

A nuestros dictaminantes quienes nos aportaron con sus conocimientos y consejos para desarrollar de mejor manera nuestra investigación.

A la Universidad Andina del Cusco, y cada uno de los docentes que laboraron en nuestra etapa de estudiantes los cuales nos brindaron consejos y nos enseñaron con dedicación la esencia de nuestra profesión.

A nuestros amigos con los cuales compartimos aulas, charlas, aprendizajes y compañerismo dentro y fuera de la etapa universitaria.

¡Muchas Gracias!

Carlos Alberto y David Irwins



Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar las propiedades físico mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo cemento y ensambladas con tubos PVC en el departamento de Cusco, se utilizó suelo de la zona denominada Juscapampa del distrito de San Jerónimo, que es la zona donde se encuentran hoy en día las ladrilleras de la ciudad del Cusco.

Para poder realizar esta investigación se elaboró una máquina prensadora en base a los planos especificados de la empresa CETA-RAM, el cual está diseñada para producir una carga de 80 lb, denominada Cinva Ram modificada, el cual sirvió para poder obtener la geometría de las unidades de albañilería las cuales tienen una medida de 24 cm x 12 cm x 9 cm y dos orificios de 6 cm de diámetro, por los cuales se introdujo los tubos de PVC.

La investigación contiene la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, de las unidades de albañilería y finalmente de pilas y muretes. Los resultados fueron obtenidos mediante ensayos de laboratorio.

Estas unidades de albañilería fueron evaluadas bajo los requerimientos mínimos de la verificación de calidad de la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería. Esta investigación está dentro del tipo descriptivo experimental, ya que, se describe las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería, así como de las pilas y muretes.

Para poder realizar estos procesos se estructuró la investigación iniciando con la descripción del problema que es la contaminación que produce las fábricas de ladrillos en la ciudad del Cusco, así mismo, se indican paso a paso los ensayos de laboratorio realizados, teniendo siempre en cuenta lo indicado en la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería. Se dio inicio a los ensayos con los realizados a la muestra de suelo, como es la humedad natural, peso específico, granulometría, límites de consistencia, proctor modificado. Los ensayos realizados a las unidades son la variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión, módulo de rotura, absorción, módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, resistencia a la compresión en pilas y resistencia a la compresión diagonal en muretes.

De los resultados obtenidos más importantes se pueden mencionar que el tipo de suelo es una arcilla de alta plasticidad, el diseño de mezcla en peso fue de 20% de cemento, 74.58% de suelo y 5.42% agua, esta dosificación está en base al antecedente de tesis “Análisis de la resistencia a la compresión de ladrillos prensados interconectables elaborados de barro, cagahua y puzolana, con adiciones de cemento, cumpliendo la norma ecuatoriana de la construcción (NEC



2015)” (Medina Robalino & Chimbo Andy, 2015), la resistencia a compresión de la unidad fue de 86.16 kg/cm^2 superando a la resistencia a la compresión del ladrillo king kong artesanal. Clasificando esta unidad de suelo-cemento como un ladrillo de acuerdo a su resistencia a compresión como de clase II, según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.

Se realizó la dosificación en función de antecedentes de estudios realizados y además que en esta investigación no se desea alcanzar una resistencia a compresión específica.



Abstract

The main objective of this research was to determine the physical and mechanical properties of the masonry composed of lego-type ecological units made with cement soil and assembled with PVC pipes in the department of Cusco, soil was used from the area called Juscapampa of the San Jerónimo district, which is the area where the brickworks of the city of Cusco are today.

In order to carry out this investigation, a press machine was built, which produces a load of approximately 180 lb, called Cinva Ram modified, which served to obtain the geometry of the masonry units which have a measure of 24 cm x 12 cm x 9 cm and two holes 6 cm in diameter, through which PVC pipes were introduced.

The research contains the evaluation of the physical and mechanical properties of the soil, of the masonry units and finally of piles and walls. The results were obtained by laboratory tests.

These masonry units were evaluated under the minimum quality control requirements technical standard E.070 Masonry. This research is within the experimental descriptive type, since it describes the physical and mechanical properties of the masonry units, as well as the piles and walls.

In order to carry out these processes, the investigation was structured, beginning with the description of the problem that is the contamination produced by the brick factory in the city of Cusco, likewise, the laboratory tests carried out are indicated step by step, always taking into account what indicated in the current rule. The tests begin with those made to the soil sample such as natural weight, specific weight, grain size, consistency limits, modified Proctor. The tests carried out on the units are dimensional variation, warping, compressive strength, rupture modulus, absorption, compressive strength in piles and diagonal compressive strength in walls.

Of the most important results obtained, it can be mentioned that the type of soil is a clay of high plasticity, the mixture design by weight was 20% cement, 74.58% soil and 5.42% water, the compressive strength of the unit It was 86.16 kg / cm² exceeding the compressive strength of the handmade king kong brick. Classifying this soil-cement unit as a brick according to its compressive strength as class II.



Introducción

Durante mucho tiempo, se ha observado el proceso de elaboración de las unidades de albañilería, en el departamento de Cusco, el cual mayoritaria es de forma artesanal y no cuenta con un adecuado control de calidad. Por otro lado, la explotación de la arcilla, así como la cocción del suelo viene produciendo un incremento de la contaminación ambiental llegando a emitir hasta 31.40% de anhídrido carbónico CO_2 , monóxido de carbono CO . (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

Por tal motivo, en esta investigación se propuso un material de construcción como es el ladrillo ecológico “ladrillos construidos con materiales que no degradan el medio ambiente y cuya fabricación también es respetuosa con este, frente a los ladrillos habituales cuya fabricación y materiales no es tan inocua” (Ecured, 2012), este nuevo material de albañilería está compuesta por unidades elaboradas con suelo estabilizado con cemento. Con esta nueva propuesta se busca reducir la contaminación ambiental, ya que esta unidad no necesita ser cocida para alcanzar su resistencia. Así también se busca disminuir la cantidad de arcilla en la fabricación de ladrillos, con estas unidades se plantea fabricar prismas de albañilería de junta seca, las cuales estarán conectadas entre sí a través de tubos de cloruro de polivinilo (PVC).

Para cumplir con este propósito, se elaboraron unidades de albañilería tipo lego, con dimensiones comerciales de 24 cm x 12 cm x 9 cm. Se evaluaron sus propiedades físico-mecánicas los cuales sirvieron para poder clasificarlas para fines estructurales o no estructurales según los resultados obtenidos y comparados con lo indicado en la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.

Por último, se fabricaron pilas y muretes de albañilería para evaluar su resistencia a compresión axial y a corte respectivamente, la propuesta de albañilería fue satisfactoria a los requerimientos de la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería, y a su vez es económica y accesible para el público.



Índice General

Dedicatoria ii

Agradecimientos..... iii

Resumen iv

Abstract vi

Introducción vii

Índice de tablas..... xiii

Índice de figuras xv

Índice de gráficos xviii

Capítulo I: Planteamiento del Problema..... 19

 1.1. Identificación del problema 19

 1.1.1. Descripción del problema 19

 1.1.2. Formulación interrogativa del problema..... 21

 1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general 21

 1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos 21

 1.2. Justificación e importancia de la investigación..... 22

 1.2.1. Justificación técnica 22

 1.2.2. Justificación social..... 22

 1.2.3. Justificación por viabilidad..... 23

 1.2.4. Justificación por relevancia..... 23

 1.3. Limitaciones de la investigación 23

 1.4. Objetivo de la investigación..... 23

 1.4.1. Objetivo general 23

 1.4.2. Objetivos específicos 24

Capítulo II: Marco teórico..... 25

 2.1. Antecedentes de la tesis 25

 2.1.1. Antecedentes a nivel nacional 25

 2.1.2. Antecedentes a nivel internacional..... 26

 2.2. Aspectos teóricos 28

 2.2.1. Albañilería o mampostería..... 28



2.2.2. Tipos de albañilería 28

2.2.2.1. Por la función estructural..... 28

2.2.2.1.1. Muros portantes 28

2.2.2.1.2. Muro no portante 29

2.2.2.2. Por su distribución del refuerzo 29

2.2.2.2.1. Muros no reforzados o de albañilería simpe 29

2.2.2.2.2. Muros reforzados..... 30

2.2.2.2.2.1. Muros armados. 30

2.2.2.2.2.2. Muros laminares 31

2.2.2.2.2.3. Muros confinados. 31

2.2.3. Unidades de albañilería..... 31

2.2.4. Clasificación para fines estructurales..... 32

2.2.5. Limitaciones en su aplicación..... 33

2.2.6. Propiedades de las unidades de albañilería..... 34

2.2.7. Ensayos clasificatorios y no clasificatorios de unidades de albañilería 34

2.2.7.1. Ensayos clasificatorios..... 34

2.2.7.1.1. Variación de dimensiones 34

2.2.7.1.2. Alabeo 35

2.2.7.1.3. Compresión axial..... 36

2.2.7.2. Ensayos no clasificatorios 37

2.2.7.2.1. Tracción por flexión o módulo de ruptura..... 37

2.2.7.2.2. Succión 38

2.2.7.2.3. Absorción 39

2.2.7.2.4. Módulo de elasticidad de la unidad de albañilería 40

2.2.7.2.5. Coeficiente de Poisson..... 41

2.2.8. Aceptación de la unidad de albañilería..... 41

2.2.9. Prismas de albañilería..... 41

2.2.9.1. Pilas de unidades de albañilería 42

2.2.9.2. Muretes de albañilería..... 43

2.2.9.3. Tipos de falla 44

2.2.10. Suelo 45

2.2.10.1. Suelos utilizables para mezclas de suelo-cemento..... 47

2.2.10.2. Suelos competentes..... 48

2.2.10.3. Suelos no competentes 48

2.2.10.4. Suelo ideal para mezcla suelo-cemento 49

2.2.11. Características del suelo 49



- 2.2.11.1. Análisis granulométrico..... 49
- 2.2.11.2. Peso específico..... 49
- 2.2.11.3. Humedad natural 50
- 2.2.12. Arcillas..... 50
 - 2.2.12.1. Propiedades físico-químicas..... 50
- 2.2.13. Cemento 51
 - 2.2.13.1. Propiedades físicas y mecánicas del cemento..... 53
 - 2.2.13.2. Requisitos físicos y mecánicos 53
 - 2.2.13.3. Cemento portland puzolánico IP 54
 - 2.2.13.4. Características técnicas del cemento 54
- 2.2.14. Tubos de PVC (cloruro de polivinilo)..... 55
 - 2.2.14.1. Propiedades del tubo PVC 56
- 2.2.15. Máquina Cinva Ram 56
- 2.3. Hipótesis 57
 - 2.3.1. Hipótesis general 57
 - 2.3.2. Sub hipótesis..... 57
- 2.4. Definición de variables..... 58
 - 2.4.1. Variables independientes 58
 - 2.4.1.1. Indicadores de las variables Independientes..... 59
 - 2.4.2. Variables dependientes 59
 - 2.4.2.1. Indicadores de variables dependientes..... 59
 - 2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables 60
- Capítulo III: Metodología..... 64
 - 3.1. Metodología de la investigación..... 64
 - 3.1.1. Enfoque de la investigación 64
 - 3.1.2. Nivel de la investigación 64
 - 3.1.3. Método de investigación 64
 - 3.2. Diseño de la investigación 65
 - 3.2.1. Diseño metodológico 65
 - 3.2.2. Diseño de ingeniería 65
 - 3.3. Población y muestra 67
 - 3.3.1. Población 67
 - 3.3.1.1. Descripción de la población 67
 - 3.3.1.2. Cuantificación de la población..... 67
 - 3.3.2. Muestra..... 67



- 3.3.2.1. Descripción de la muestra 67
- 3.3.2.2. Cuantificación de la muestra 68
- 3.3.2.3. Método de muestreo 68
- 3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra 68
- 3.3.3. Criterios de inclusión 69
- 3.4. Instrumentos..... 69
- 3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos 69
- 3.4.2. Instrumentos de ingeniería..... 77
- 3.5. Procedimientos de recolección de datos..... 80
- 3.5.1. Selección del suelo..... 80
- 3.5.2. Humedad natural, y peso específico..... 81
- 3.5.3. Granulometría por tamizado 84
- 3.5.4. Límites de consistencia 86
- 3.5.5. Ensayo de Proctor modificado..... 89
- 3.5.6. Proceso de fabricación de las unidades de albañilería con suelo-cemento 91
- 3.5.7. Densidad de la unidad de albañilería..... 96
- 3.5.8. Ensayo de variación dimensional..... 98
- 3.5.9. Alabeo 99
- 3.5.10. Resistencia a compresión axial por unidad..... 101
- 3.5.11. Absorción 102
- 3.5.12. Módulo de rotura 104
- 3.5.13. Módulo de elasticidad 105
- 3.5.14. Resistencia a la compresión de pilas de albañilería..... 107
- 3.5.15. Resistencia a la compresión de muretes de albañilería 109
- 3.5.16. Recolección de datos para el costo en la fabricación de unidades de albañilería con suelo-cemento 111
- 3.6. Procedimiento de análisis de datos 112
- 3.6.1. Humedad natural y peso específico..... 112
- 3.6.2. Análisis granulométrico 115
- 3.6.3. Límites de consistencia 118
- 3.6.4. Cálculos de clasificación del suelo por el método SUCS..... 120
- 3.6.5. Ensayo de proctor modificado..... 121
- 3.6.6. Ensayo de variación dimensional..... 123
- 3.6.7. Densidad de la unidad de albañilería..... 125
- 3.6.8. Alabeo 125
- 3.6.9. Ensayo resistencia a la compresión de la unidad de albañilería 127



3.6.10. Absorción	130
3.6.11. Ensayo de módulo de ruptura	131
3.6.12. Ensayo de módulo de elasticidad	133
3.6.13. Ensayo de resistencia a la compresión axial de pilas.....	144
3.6.14. Ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes	147
3.6.15. Costo en la fabricación de unidades de albañilería con suelo-cemento	149
3.6.16. Costo en la fabricación de muretes con unidades de albañilería con suelo-cemento ...	151
Capítulo IV: Resultados	153
4.1. Resumen de la evaluación de las propiedades físico mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento ensambladas con tubos PVC.....	153
Capítulo V: Discusión	154
Glosario	158
Conclusiones	160
Recomendaciones.....	164
Referencias	165
Anexos.....	168

**Índice de tablas**

Tabla 1: Clasificación de unidades para fines estructurales	32
Tabla 2: Limitaciones del uso de las unidades de albañilería.....	33
Tabla 3: Incremento de resistencia f'_m por edad	43
Tabla 4: Incremento de la resistencia v'_m por edad.....	43
Tabla 5: Simbología de suelos según la clasificación de suelos SUCS.....	45
Tabla 6: Granulometría de suelos aptos para suelo-cemento	48
Tabla 7: Tipos de cemento	52
Tabla 8: Requisitos físicos y mecánicos.....	53
Tabla 9: Características del cemento Yura IP	55
Tabla 10: Propiedades físicas y mecánicas del tubo PVC.....	56
Tabla 11: Tabla de operacionalización de variables.....	60
Tabla 12: Hoja de recolección de datos de la selección del suelo	70
Tabla 13: Hoja de recolección de datos de la humedad natural y peso específico.....	70
Tabla 14: Hoja de recolección de datos de la granulometría del suelo	71
Tabla 15: Hoja de recolección de datos de los límites de consistencia	71
Tabla 16: Hoja de recolección de datos del ensayo de proctor modificado	72
Tabla 17: Hoja de recolección de datos del ensayo de densidad de la unidad de albañilería.....	72
Tabla 18: Hoja de recolección de datos del ensayo de variación dimensional.....	73
Tabla 19: Hoja de recolección de datos del ensayo de alabeo.....	73
Tabla 20: Hoja de recolección de datos del ensayo de resistencia a compresión axial de la unidad de albañilería	74
Tabla 21: Hoja de recolección de datos del ensayo de absorción	74
Tabla 22: Hoja de recolección de datos del ensayo de módulo de rotura.....	75
Tabla 23: Hoja de recolección de datos para el ensayo de módulo de elasticidad	75
Tabla 24: Hoja de recolección de datos del ensayo de resistencia a la compresión de pilas.....	76
Tabla 25: Hoja de recolección de datos del ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes	76
Tabla 26: Hoja para la recolección de datos para hallar el costo unitario de fabricación de una unidad de albañilería	77
Tabla 27: Hoja de toma de datos para la Selección del suelo.....	81
Tabla 28: Hoja de toma de datos de la humedad natural y peso específico del suelo	83
Tabla 29: Hoja de datos del ensayo de granulometría.....	85
Tabla 30: Hoja con datos del ensayo de límites de consistencia	88
Tabla 31: Datos obtenidos del ensayo de Proctor modificado	91
Tabla 32: Dosificación en porcentaje para la fabricación de una unidad de albañilería	96
Tabla 33: Toma de datos del ensayo de densidad de la unidad de albañilería.....	97
Tabla 34: Toma de medidas de las unidades de albañilería	99
Tabla 35: Toma de datos del ensayo de alabeo	100
Tabla 36: Obtención de datos del ensayo de resistencia a compresión axial de unidad de albañilería.....	102
Tabla 37: Recolección de datos del ensayo de absorción.....	104
Tabla 38: Recolección de datos el ensayo de módulo de rotura.....	105
Tabla 39: Recolección de datos del ensayo de módulo de elasticidad	107
Tabla 40: Recolección de datos del ensayo de resistencia a compresión de pilas.....	109
Tabla 41: Recolección de datos del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes	111
Tabla 42: Resultados de la humedad natural del suelo.....	114
Tabla 43: Resultados del ensayo de peso específico del suelo.....	114
Tabla 44: Peso retenido por tamices.....	115



Tabla 45: Resultados ensayo de granulometría	117
Tabla 46: Cálculo del ensayo de límite líquido	119
Tabla 47: Resultados del ensayo de límite plástico	120
Tabla 48: Cuadro resumen de los límites de consistencia	120
Tabla 49: Resultados de los cálculos del ensayo de variación dimensional.....	124
Tabla 50: Resultados de la densidad de la unidad de albañilería	125
Tabla 51: Resultados del ensayo de alabeo	126
Tabla 52: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial.....	129
Tabla 53: Resultados del ensayo de absorción	131
Tabla 54: Resultados del ensayo de módulo de rotura	132
Tabla 55: Resultados del ensayo de módulo de elasticidad.....	138
Tabla 56: resultados del ensayo de módulo de resistencia	142
Tabla 57: Resumen comparativo de módulos de elasticidad.....	143
Tabla 58: Resultados del ensayo de compresión en pilas.....	146
Tabla 59: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de murete	148
Tabla 60: Costo de materiales utilizados.....	149
Tabla 61: Análisis de costos unitarios para una unidad de albañilería	150
Tabla 62: Costo de materiales utilizados.....	151
Tabla 63: Análisis de costos unitarios para un muro tipo sogá con unidades ecológicas tipo lego y tubos PVC de junta seca en 1 m ²	151
Tabla 64: Diferencias entre unidades elaboradas con suelo cemento y ladrillos comerciales	156
Tabla 65: Matriz de consistencia.....	171

**Índice de figuras**

Figura 1 : Macrolocalización de la zona de extracción del suelo.....	20
Figura 2: Microlocalización de la zona de extracción del suelo.....	20
Figura 3: Ubicación de la zona de extracción del suelo	21
Figura 4: Muro portante de albañilería.....	29
Figura 5: Muro no portante alféizar	29
Figura 6: Muro de ladrillo no reforzado	30
Figura 7: Muros armados	30
Figura 8: Muro laminar	31
Figura 9: Muro confinado en edificaciones.....	31
Figura 10: Unidades de albañilería.....	32
Figura 11: Distribución de las zonas sísmicas del Perú.....	33
Figura 12: Medición de las dimensiones de la unidad de albañilería.....	35
Figura 13: Verificación del alabeo	36
Figura 14: Ensayo de compresión axial.....	37
Figura 15: Ensayo de tracción por flexión	38
Figura 16: Esquema para el ensayo de succión	39
Figura 17: Unidad sumergida en agua para el ensayo de absorción.....	40
Figura 18: Curvas normalizadas esfuerzo de compresión vs deformación unitaria de unidades	40
Figura 19: Ensayo de compresión axial en pilas	42
Figura 20: Ensayo compresión diagonal en muretes.....	44
Figura 21: Bolsa de cemento Yura	51
Figura 22: Tubo PVC de 2"	56
Figura 23: Máquina Cinva Ram	57
Figura 24: Flujograma del diseño de ingeniería	66
Figura 25: Balanza	77
Figura 26: Cuña de alabeo.....	77
Figura 27: Regla metálica.....	78
Figura 28: Vernier	78
Figura 29: Máquina de compresión Humboldt.....	78
Figura 30: Máquina de compresión diagonal	79
Figura 31: Horno eléctrico	79
Figura 32: Tamices ASTM y tamizadora	79
Figura 33: Probeta con suelo y agua	80
Figura 34: Peso de la tara	82
Figura 35: Peso tara más suelo.....	82
Figura 36: Muestra en el horno	82
Figura 37: Peso muestra seca	82
Figura 38: Tamizado de la muestra de suelo	83
Figura 39: Toma de peso del recipiente con agua.....	83
Figura 40: Recipiente con suelo y agua.....	83
Figura 41: Recipiente con suelo seco	83
Figura 42: Cuarteo del suelo	85
Figura 43: Tamizado del suelo	85
Figura 44: Toma de peso retenido en cada tamiz.....	85
Figura 45: Muestra de suelo retenidos en los tamices.....	85
Figura 46: Adición de agua al suelo previamente tamizado.....	87



Figura 47: Muestra de suelo húmeda 87

Figura 48: Colocación de la muestra de suelo en la cuchara de casa grande 87

Figura 49: Conteo de golpes en el equipo de casa grande..... 87

Figura 50: Extracción de la muestra..... 87

Figura 51: Peso del recipiente 87

Figura 52: Toma del peso húmedo..... 87

Figura 53: Construcción de varillas con la muestra del suelo 87

Figura 54: Peso de las varillas húmedas..... 87

Figura 55 Secado al horno de las muestras 88

Figura 56: Toma de pesos en seco de las varillas..... 88

Figura 57: Peso de la muestra seca..... 88

Figura 58: Tamizado de la muestra y cuarteo 90

Figura 59: Toma de pesos de los equipos..... 90

Figura 60: Peso de la muestra del suelo 90

Figura 61: Toma de peso del cemento..... 90

Figura 62: Medición del agua en la probeta..... 90

Figura 63: Colocación del suelo con 2% de agua..... 90

Figura 64: Limpieza de la superficie del molde 90

Figura 65: Extracción del suelo compactado..... 90

Figura 66: Toma del peso total molde más suelo compactado..... 90

Figura 67: Extracción de la superficie compactada..... 91

Figura 68: Toma del peso del suelo extraído..... 91

Figura 69: Secado al horno de la muestra pesada..... 91

Figura 70: Esquema de la máquina Cinva Ram 92

Figura 71: Construcción de la máquina Cinva Ram modificada..... 92

Figura 72: Máquina Cinva Ram modificada concluida..... 92

Figura 73: Muestra previa utilizando la máquina Cinva Ram modificada..... 92

Figura 74: Suelo seco extraído de la zona de Juscapampa 93

Figura 75: Prueba de la muñeca 94

Figura 76: Peso del cemento 95

Figura 77: Peso del suelo seco 95

Figura 78: Máquina Cinva Ram modificada 95

Figura 79: Mezcla del suelo más el cemento..... 95

Figura 80: Medición del agua en probeta..... 95

Figura 81: Colocación de la muestra húmeda en la máquina Cinva Ram modificada 95

Figura 82: Elaboración de unidades de albañilería tipo lego con suelo-cemento..... 96

Figura 83: Colocación de la tapa de la máquina Cinva Ram modificada..... 96

Figura 84: Unidades de albañilería húmedas obtenidas 96

Figura 85: Curación de la unidad de albañilería con agua 96

Figura 86: Vista frontal de una de las caras de la unidad de albañilería 96

Figura 87: Curado de las unidades mediante la utilización de brocha 96

Figura 88: Peso de la unidad de albañilería seca..... 97

Figura 89: Peso de la unidad de albañilería húmeda 97

Figura 90: Medición de la medida de la cara superior de la unidad de albañilería 98

Figura 91: Medición de la altura de la unidad de albañilería 98

Figura 92: Medición de la altura de una cara latera de la unidad de albañilería 98

Figura 93: Medición de la cara inferior de la unidad de albañilería..... 98

Figura 94: Medición del alabeo en la parte izquierda de la cara superior de la unidad de albañilería 100



Figura 95: Medición del alabeo en la parte central de la cara superior de la unidad de albañearía 100

Figura 96: Medición del alabeo de la parte derecha de la cara inferior de la unidad de albañilería.... 100

Figura 97: Medición del alabeo de la parte central de la cara inferior de la unidad de albañilería 100

Figura 98: Ensayo de resistencia de compresión de la unidad de albañilería..... 101

Figura 99: Fisura miento de la unidad de albañilería 101

Figura 100: Unidad de albañilería previa a su resistencia a compresión final 101

Figura 101: Unidad de albañilería post ensayo a la resistencia a compresión..... 101

Figura 102: Colocación de 05 unidades de albañilería en agua 103

Figura 103: Unidades de albañilería durante el proceso de absorción 103

Figura 104: Colocación de unidades de albañilería al horno durante 24 horas 103

Figura 105: Peso de la unidad de albañearía seca 103

Figura 106: Unidad de albañilería en el ensayo de módulo de rotura 105

Figura 107: Ensayo de módulo de elasticidad 106

Figura 108: Construcción de pilas 108

Figura 109: Colocación del capping en pilas conformadas por unidades de albañilería 108

Figura 110: Colocación de pilas en la máquina de compresión 108

Figura 111: Fisuras durante el ensayo de resistencia a compresión de pilas 108

Figura 112: Construcción de muretes 110

Figura 113: Máquina para el ensayo de compresión diagonal en muretes 110

Figura 114: Colocación de capping en muretes 110

Figura 115: Colocación de murete en la máquina de compresión diagonal 110

Figura 116: Falla mixta de los muretes 149

Figura 117: Elaboración de la máquina Cinva Ram modificada 168

Figura 118: Máquina Cinva Ram modificada concluida 168

Figura 119: Adherencia entre unidad de albañilería y tubo PVC de 2" 169

Figura 120: Pilas conformadas con unidades de albañilería y tubos PVC de 2" 169

Figura 121: Tubos de PVC 2" SAP 60cm 169

Figura 122: Ensayo de resistencia a compresión diagonal de muretes 170



Índice de gráficos

Gráfico 1: Curva granulométrica.....	117
Gráfico 2: Curva del límite líquido	120
Gráfico 3: Índice de plasticidad vs límite líquido	121
Gráfico 4: Densidad seca vs contenido de humedad del ensayo de compactación	123
Gráfico 5: Esfuerzo vs deformación de las unidades de albañilería.....	141



Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

La construcción, en la región de Cusco y en todo el Perú, está teniendo un crecimiento significativo en estos últimos años. En el departamento de Cusco, se elaboran materiales de construcción tales como el ladrillo, que en su proceso de fabricación se genera un impacto ambiental, que se comienza con la extracción de la materia prima (el suelo) y finaliza con su cocción (emisión de CO₂), lo cual representa un problema ecológico notable.

Es por ello, que es necesario explorar nuevas alternativas ecológicas de materiales de construcción que satisfagan los requisitos de calidad, seguridad y factores ambientales.

Por lo tanto, se desea plantear una alternativa ecológica para elaborar una albañilería más eco-amigable, constituida por unidades de albañilería ecológicas tipo lego, fabricadas con suelo - cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo).

Con esta investigación, se propone lograr una nueva alternativa de elaboración de unidades de albañilería con los cuales se pueda disminuir los efectos de la contaminación, al evitar la cocción de las unidades al mismo tiempo de satisfacer los estándares mínimos requeridos por la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería para su clasificación estructural mediante la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades con los ensayos de variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión axial de unidades.

Así mismo se evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería según los ensayos no clasificatorios como son: módulo de ruptura, módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, absorción, resistencia de compresión de pilas, resistencia a compresión diagonal.

Se obtuvo y analizó las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la zona denominada Juscapampa del distrito de San Jerónimo como son la humedad natural, peso específico, límites de consistencia, proctor modificado, granulometría, para así clasificar al suelo y hallar una dosificación para el diseño de mezcla.

A continuación, se detalla la ubicación de la zona de extracción del suelo.

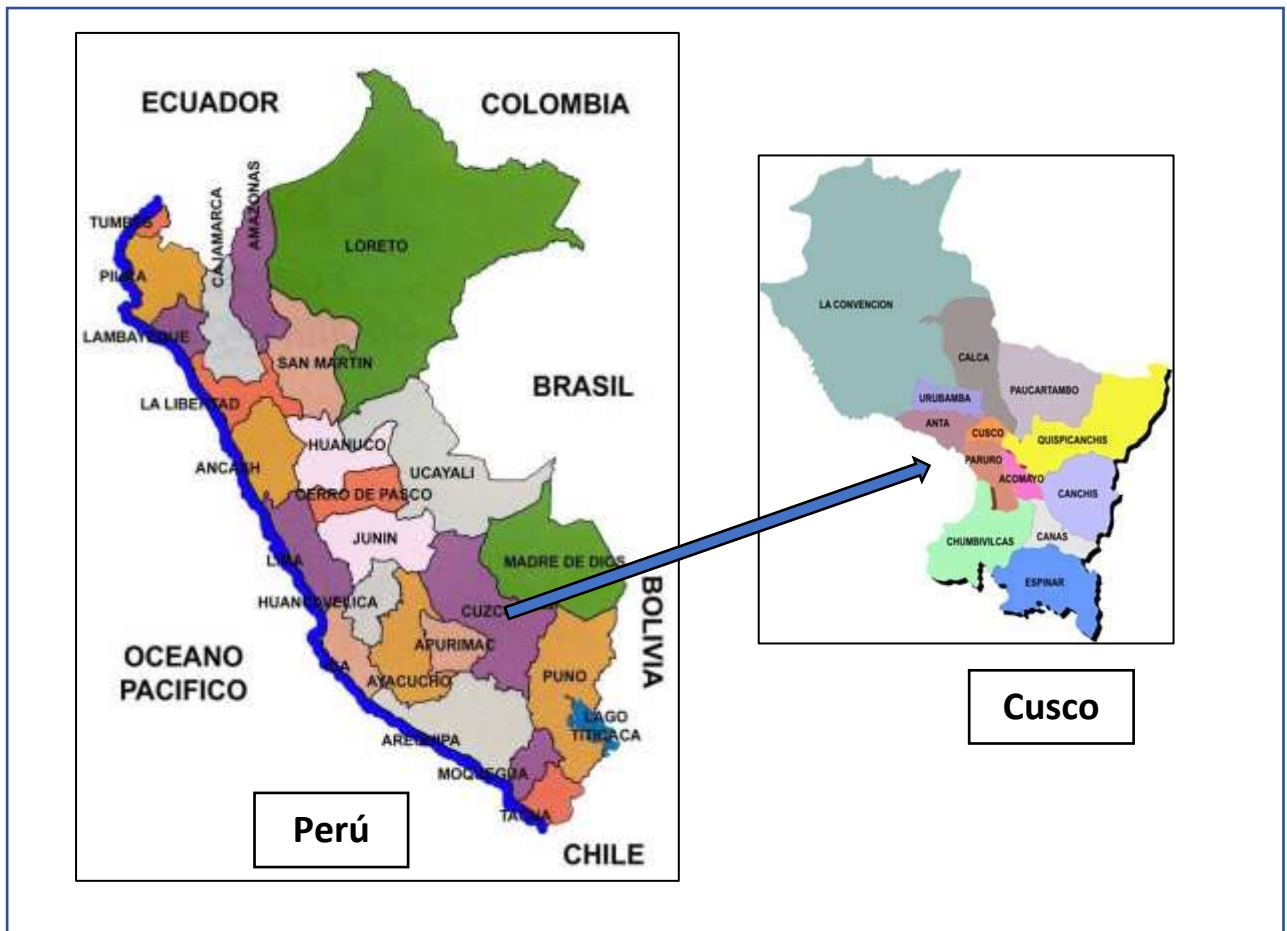


Figura 1 : Macrolocalización de la zona de extracción del suelo

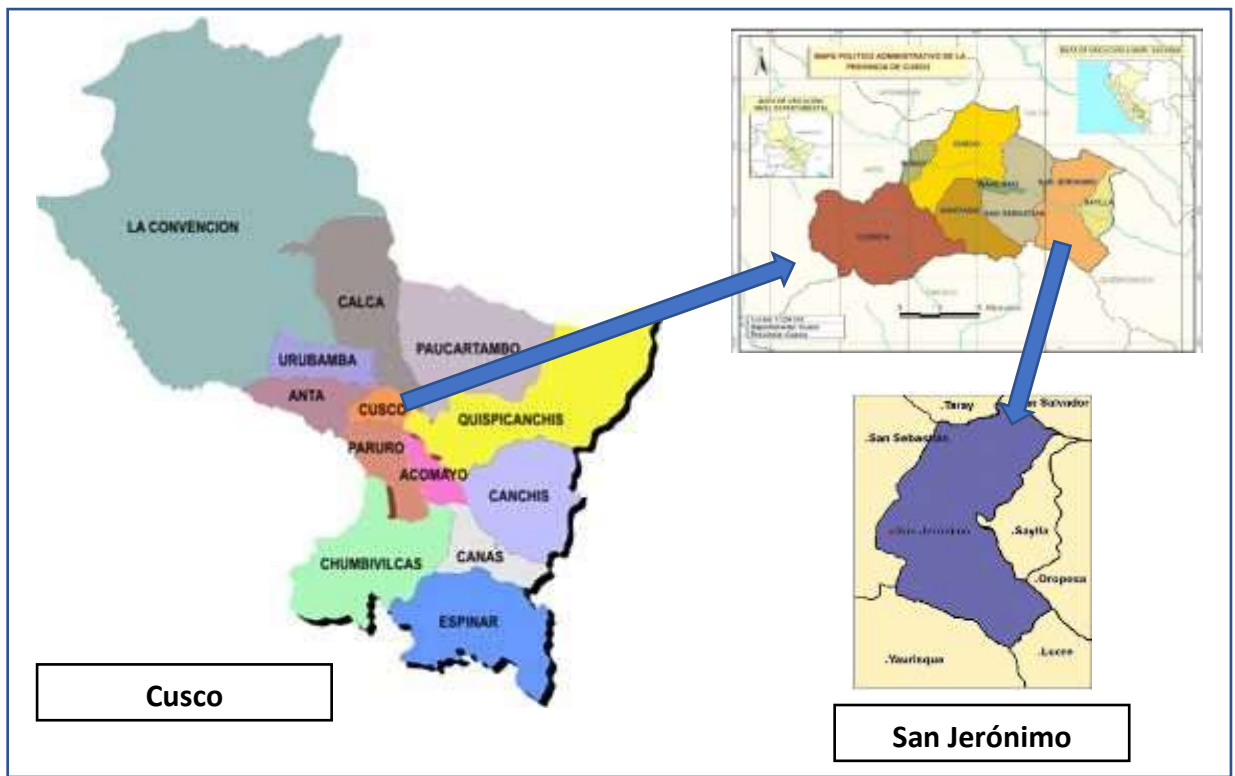


Figura 2: Microlocalización de la zona de extracción del suelo



Figura 3: Ubicación de la zona de extracción del suelo

1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuáles serán los valores de las propiedades físicas y mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de Polivinilo) en el departamento de Cusco, según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema específico 1:

¿Cuál es la clasificación del suelo de la zona de Juscapampa del distrito de San Jerónimo, para la fabricación de las unidades de albañilería tipo lego elaboradas con suelo - cemento, según la Norma Técnica Peruana E.050 Suelos y Cimentaciones?

Problema específico 2:

¿Cuál es la dosificación optada para la elaboración de unidades de albañilería tipo lego elaboradas con suelo-cemento?

Problema específico 3:

¿Cuál será la clasificación, para fines estructurales de las unidades de albañilería ecológicas tipo lego, elaboradas con suelo-cemento según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería, en base a la dosificación propuesta?

**Problema específico 4:**

¿Cuál será el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson de las unidades de albañilería ecológicas tipo lego, elaboradas con suelo-cemento?

Problema específico 5:

¿Cuál será la resistencia a compresión simple, de las pilas de albañilería compuestas por unidades ecológicas tipo lego fabricadas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería?

Problema específico 6:

¿Cuál será la resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego fabricadas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería?

Problema específico 7:

¿Cuál será el costo directo de las unidades de albañilería ecológicas tipo lego, fabricadas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco?

1.2. Justificación e importancia de la investigación**1.2.1. Justificación técnica**

Esta investigación se desarrollará dentro de la rama de la Mecánica de Suelos por lo cual se analizarán las propiedades físicas y mecánicas del suelo, así como su clasificación por el tamaño de sus partículas.

Dentro de la Mecánica de Materiales de Construcción, la unidad de albañilería propuesta es parte fundamental en la elaboración de una obra de construcción, cumpliendo requisitos mínimos de calidad, especificados en la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.

En la rama de Estructuras, debido a que las unidades propuestas son parte importante en la elaboración de muros portantes o no portantes en una obra de construcción.

1.2.2. Justificación social

Con esta investigación se busca contribuir a la sociedad en la introducción de una nueva alternativa para la construcción ecológica en edificaciones, introduciendo unidades de albañilería ecológicas y que satisfagan los requerimientos de la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.



1.2.3. Justificación por viabilidad

La investigación es viable, debido a que la cantera para la extracción del suelo es accesible y se cuenta con los recursos humanos y financieros para la adquisición de los materiales necesarios, como el cemento y tubos de PVC. Además, los ensayos se realizarán con los instrumentos y equipos proporcionados por el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco y el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

1.2.4. Justificación por relevancia

Con el incremento de las construcciones de edificaciones, es necesario implementar nuevos materiales de construcción, que sean de calidad y que brinden seguridad. En esta investigación se plantea elaborar una albañilería conformada por unidades de albañilería tipo lego, elaboradas con suelo-cemento y engranadas con tubos PVC. Por tanto, se generará una nueva alternativa ecológica y de bajo costo para la construcción de muros en edificaciones, permitiendo una tecnología más amigable con el medio ambiente.

1.3. Limitaciones de la investigación

- Se consideró la materia prima de la localidad de Juscapampa del distrito de San Jerónimo de la provincia del Cusco (arcilla).
- Se utilizó cemento Yura tipo IP.
- Se utilizó tubos de PVC SAP de 2" de diámetro.
- Para la elaboración de la mezcla y curado se utilizó el agua potable provista por Seda-Cusco.
- Para la fabricación se utilizó la máquina prensadora denominada Cinva Ram modificada.
- Las unidades de albañilería fueron diseñadas con dos agujeros de 6 cm, de dimensiones 24 cm x 12 cm x 9 cm (medidas más comerciales).
- Se realizaron ensayos clasificatorios para fines estructurales como la variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión, tal como lo indica la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.

1.4. Objetivo de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Calcular los valores de las propiedades físicas y mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de Polivinilo) en el departamento de Cusco, según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.



1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo específico N°1

Clasificar el tipo de suelo de la zona de Juscapampa del distrito de San Jerónimo para la fabricación de las unidades de albañilería tipo lego elaboradas con suelo - cemento de acuerdo con la Norma Técnica Peruana E.050 Suelos y Cimentaciones.

Objetivo específico N°2

Determinar la dosificación para la elaboración de unidades de albañilería tipo lego elaboradas con suelo-cemento.

Objetivo específico N°3

Determinar cuál será la clasificación para fines estructurales de las unidades de albañilería ecológicas tipo lego, elaboradas con suelo - cemento según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.

Objetivo específico N°4

Determinar el módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson de las unidades de albañilería ecológicas tipo lego, elaboradas con suelo – cemento.

Objetivo específico N°5

Calcular la resistencia a compresión simple de pilas de albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo - cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) según lo indicado por la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.

Objetivo específico N°6

Calcular la resistencia a compresión diagonal de los muretes de unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) según lo indicado en la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.

Objetivo específico N°7

Calcular el costo directo de las unidades de albañilería tipo lego elaboradas con suelo - cemento y tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco.



Capítulo II: Marco teórico

2.1. Antecedentes de la tesis

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

- Título: “Análisis de las propiedades de un prototipo de unidad de albañilería fabricada a partir de suelo-cemento y fibras de polipropileno en la ciudad de Cusco”.

Autores: Delgado Salazar, William y Bravo Paredes, Juan José.

Universidad: Andina del Cusco

Año: 2017.

Se analizaron las propiedades clasificatorias de la unidad de albañilería, como la resistencia a la compresión, alabeo y variación dimensional, así como las propiedades no clasificatorias tales como absorción, succión y peso de unidades de albañilería. Estas unidades fueron construidas con suelo cemento y fibras de polipropileno. Los materiales utilizados para el diseño de mezcla fueron obtenidos de la zona ladrillera del distrito de San Jerónimo. El cemento que se utilizó fue del tipo IP de la empresa “Yura” mientras que las fibras sintéticas de la empresa “Sika”. Las unidades fueron moldeadas, compactadas, curadas y ensayadas a los 21 días de su elaboración. Se realizaron 4 tipos de diseño de mezcla, la primera sin adición alguna de fibras de polipropileno, la segunda con 1 gr de fibras de polipropileno por kilogramo de mezcla, la tercera con 3 gr de fibras de polipropileno por kg de mezcla y finalmente la cuarta con 5 gr de fibras de polipropileno por kg de mezcla. Como conclusión los resultados obtenidos en esta investigación se evidenció que la adición de fibras sintéticas mejora el comportamiento de la unidad, sin embargo, no se vieron efectos notables en las propiedades de absorción, succión y peso. (Delgado Salazar & Bravo Paredes , 2017)

- Título: “Evaluación de las variaciones de resistencia a flexión por adherencia, compresión axial y diagonal en muros de albañilería elaborados con Ladrillo Tipo Blocker asentados con Morteros Normalizados Tipo P2 y NP, según la Norma E.070”.

Autores: Eduardo José medina Pilares y José Ángel Huarca Murillo.

Universidad: Andina del Cusco

Año: 2016.



Se da a conocer la variación de los valores de las propiedades de compresión axial, compresión diagonal y resistencia a flexión por adherencia en relación a la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería. Estos ensayos se realizaron con unidades huecas tipo blocker 10 y morteros normalizados tipos P2 y NP fabricados con arena de la cantera de Huillque, cemento portland tipo IP y agua potable.

Para los ensayos se fabricaron 30 especímenes, de los cuales 15 fueron asentados con mortero tipo P2 y 15 asentados con mortero tipo NP. Además, para el ensayo de compresión en los morteros se elaboraron muestras cubicas de 5 cm de lado. Todos los ensayos se realizaron a los 28 días, en función de la norma técnica E.070 de albañilería, fundamentalmente, además de otras normas nacionales e internacionales como ASTM E518, NTP399.605, NTP399.621 y NTP334.051.

Como conclusión de esta investigación se da a conocer que el mortero normalizado tipo P2 tiene mejores características que el tipo NP. (Medina Pilares & Huarca Murillo, 2016)

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional

- Título: “Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción”

Autor: María Cabo Laguna.

Universidad: Pública de Navarra (España).

Año: 2011.

Se propuso la elaboración de un material de construcción novedoso, denominado eco ladrillo con base en el tradicional adobe con el objetivo de que de alguna manera reemplace al ladrillo en el cual se hace uso de hornos de cocción. Para esto se empleó un suelo marginal, no utilizado hasta este momento, para la elaboración de ladrillos. Se empleó el cemento como aglomerante de los materiales y se le agrego a la mezcla como material resistente las cenizas de cáscaras de arroz y las cascarillas de arroz como aditivo estructurante. La incorporación de estos materiales residuales genera una reducción la contaminación ambiental.

Se llevó a cabo el ensayo de resistencia a compresión simple, el ensayo de absorción y el ensayo de heladicidad. Esta última prueba se realizó sometiendo al ladrillo a 25 ciclos de hielo-deshielo tras haberlas sumergido durante 48 horas en agua logrando así una saturación en las unidades. Además, se realizó un control y monitoreo de las pérdidas de peso que se generan durante el tiempo de curado, así como las pérdidas de resistencia que se generan tras sumergirlas en agua y tras los ciclos de hielo/deshielo.



Como conclusión se pudo ver que las cenizas de cáscara de arroz como aditivo en la elaboración de estas unidades generan a más del doble la resistencia a compresión de estas unidades. (Cabo Laguna, 2011)

- Título: “Análisis de la resistencia a la compresión de ladrillos prensados interconectables elaborados de barro, cagahua y puzolana, con adiciones de cemento, cumpliendo la norma ecuatoriana de la construcción (NEC 2015)”

Autor: Medina Robalino, Wilson Santiago y Chimbo Andy, Víctor Gerson.

Universidad: Técnica de Ambato (Ecuador)

Año: 2015.

En primera instancia se determinaron las propiedades de los materiales a emplear, provenientes de las minas ubicadas en la provincia de Cotopaxi, verificando de esa manera la granulometría y el índice de plasticidad de cada material cumpliendo las especificaciones de las normas ASTM 421-78 e INEN 691 respectivamente. Con estos antecedentes se procedió al cálculo de la dosificación para realizar la mezcla y consecutivamente con la finalidad de obtener los mejores resultados que aporten confiabilidad y basado en las normas NTE INEN 293 y NTE INEN 574 se elaboran muestras y se ensayan a compresión respectivamente. Además, para poder realizar la mezcla para elaborar ladrillos se establecerán al menos tres porcentajes diferentes de 10%, 15% y 20% de cemento para cada tipo de material y obtener tres muestras de ladrillos de cada porcentaje de mezcla establecido (nueve muestras) para tener un valor de resistencia más real. Los ensayos se deben realizar a las edades de 7, 14 y 28 días, por lo que se tendría 27 muestras para cada mezcla, teniendo un total de 81 muestras.

El proceso de curado de los ladrillos es de manera práctica que consiste en saturar las unidades con agua totalmente, 3 veces al día por tres días y dejarlas secar al ambiente in situ. Transcurridos los días necesarios de curado de los ladrillos se procede a ensayarlas a compresión donde se verifica que el porcentaje óptimo de cemento añadido para los ladrillos elaborados con barro y cangahua es del 15%, alcanzando resistencias considerablemente mayores al mínimo establecido por la NEC de 3MPa (30 kg/cm²) para muros de mampostería confinada, además de ser superior al mínimo de 20kg/cm² para los ladrillos artesanales. Como conclusión se tiene que los ladrillos elaborados con puzolana no alcanzaron la resistencia mínima requerida para muros de mampostería confinada, pero cumplen con la resistencia mínima a compresión para ladrillos artesanales. (Medina Robalino & Chimbo Andy, 2015)



2.2. Aspectos teóricos

2.2.1. Albañilería o mampostería

La albañilería se define como un material estructural, el cual está conformado por unidades de albañilería, los cuales están asentadas con mortero, (Norma Técnica Peruana E 070 Albañilería, 2006).

Según San Bartolomé Á. (1994), la albañilería se define como un conjunto de unidades adheridas entre sí con algún material, las unidades pueden ser naturales como artificiales.

Según Gallegos & Casabonne (2005), la albañilería es un material estructural que en su conformación está integrado por unidades asentadas con mortero por lo tal es un material de unidades débilmente unidas.

2.2.2. Tipos de albañilería

Según San Bartolomé Á. (1994) la albañilería está clasificada de dos maneras mencionadas a continuación:

- a) Por la función estructural
- b) Por la distribución del refuerzo

2.2.2.1. Por la función estructural

Estos a su vez se clasifican en muros portantes y no portantes.

2.2.2.1.1. Muros portantes

Son aquellos componentes estructurales de una edificación, estos muros están sometidos tanto a su plano como perpendicular a su plano a sollicitaciones, vertical como lateral.

El muro está diseñado y construido para transmitir las cargas horizontales y verticales de un nivel superior al nivel inferior o a la cimentación (Norma Técnica Peruana E 070 Albañilería, 2006). Como se muestra en la siguiente figura.

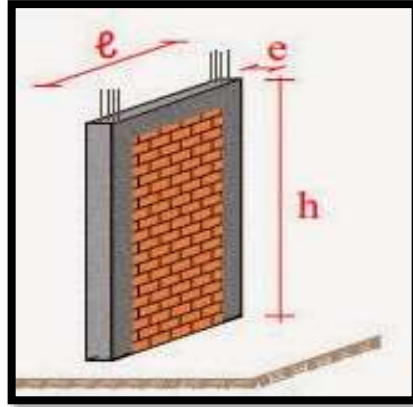


Figura 4: Muro portante de albañilería
Fuente: (Aceros Arequipa, 2010)

2.2.2.1.2. Muro no portante

Son aquellos muros diseñados y construidos para llevar su peso y cargas transversales a su plano (Norma Técnica Peruana E 070 Albañilería, 2006). Este tipo de muro a diferencia de los muros portantes no soportan cargas, por lo cual se los utiliza para cerramientos y divisiones de ambientes. Como se observa en la figura 5.



Figura 5: Muro no portante alféizar
Fuente: (Aceros Arequipa, 2010)

2.2.2.2. Por su distribución del refuerzo

Según San Bartolomé Á. (1994), estos muros se agrupan en:

- a) Muros no reforzados o de albañilería simple.
- b) Muros reforzados (armados, laminares y confinados).

2.2.2.2.1. Muros no reforzados o de albañilería simple

Son muros que no tienen refuerzo o en el caso de que si existiera refuerzo no cumplen con lo detallado en la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.



Figura 6: Muro de ladrillo no reforzado
Fuente: (Liro, 2016)

2.2.2.2.2. Muros reforzados

Por la colocación del refuerzo estos se catalogan en:

- a) Muros armados
- b) Muros laminares
- c) Muros confinados

2.2.2.2.2.1. Muros armados.

La Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería, la determina como aquella albañilería que esta reforzada con varillas de acero vertical como horizontal, los cuales a su vez están unidas con concreto líquido, tal que todos los elementos trabajen juntos para soportar los esfuerzos.



Figura 7: Muros armados
Fuente: (San Bartolomé., 2008)

2.2.2.2.2. Muros laminares

Formada por una placa de concreto, reforzada con una malla de acero en el centro, estos a su vez están al centro de dos muros de albañilería simple.

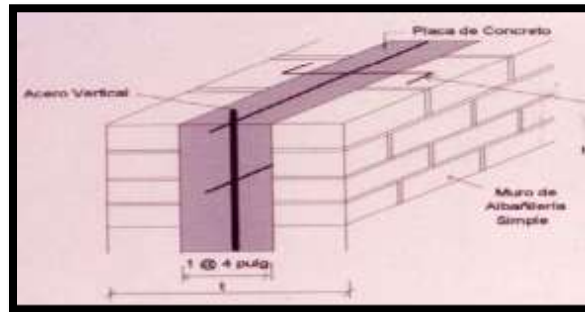


Figura 8: Muro laminar

Fuente: (San Bartolomé Á. , 2006)

2.2.2.2.3. Muros confinados.

Es el sistema más utilizado en el país, caracterizada por ser un muro de albañilería simple contenido por una cadena de concreto armado.



Figura 9: Muro confinado en edificaciones

Fuente: (San Bartolomé., 2008)

2.2.3. Unidades de albañilería

Es el elemento principal para la elaboración de la albañilería, están elaboradas con materia prima como la arcilla, concreto, cal. Su forma está dada por el molde que se utilice para su fabricación.

Según la Norma Técnica Peruana E 070 Albañilería (2006), son los ladrillos y bloques de arcilla cocida, concreto o de sílice-cal. Los cuales son sólidos, huecos, alveolares o tubulares.

Las unidades de albañilería solidas son aquellas unidades 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.

La unidad de albañilería hueca, es la unidad cuya superficie de asiento tiene un área menor que 70% del área bruta en el mismo plano.

La unidad de albañilería alveolar es una unidad que puede ser solida o hueca pero que poseen alveolos de tamaño adecuado para que pueda colocarse el refuerzo vertical.

La unidad de albañilería tubular, es la unidad con huecos paralelos a la superficie del asiento.



Figura 10: Unidades de albañilería
Fuente: (San Bartolomé., 2008)

2.2.4. Clasificación para fines estructurales

Según la Norma Técnica Peruana E 070 Albañilería (2006) las unidades de albañilería tendrán las especificaciones mencionadas en la siguiente tabla 1.

Tabla 1: Clasificación de unidades para fines estructurales

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión f'_b mínimo en Mpa (Kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 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	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Fuente: Norma Técnica Peruana E 070 Albañilería (2006)

2.2.5. Limitaciones en su aplicación

El empleo de las unidades de albañilería está condicionado por la zonificación sísmica del país (ver figura 11), tal como, lo indica la tabla 2.

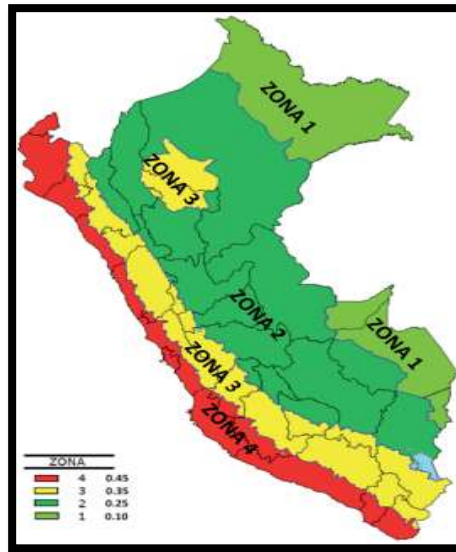


Figura 11: Distribución de las zonas sísmicas del Perú

Fuente: (Ministerio de vivienda, 2019)

Las edificaciones dependerán de la densidad de sus muros y su comportamiento ante sismos severos. Por ejemplo, el uso de unidades huecas en muros confinados en la zona sísmica 3 debe de estar respaldado por una memoria de cálculo estructural, ya que las unidades huecas se trituran después de la fractura diagonal o por flexo-compresión. (San Bartolomé., 2008).

Tabla 2: Limitaciones del uso de las unidades de albañilería

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
Solido artesanal	No	Si, hasta dos pisos	Si
Solido industrial	si	si	Si
alveolar	Si, celdas totalmente rellenas con grout.	Si, celdas parcialmente rellenas con grout.	Si, celdas parcialmente rellenas con grout.
Huecas	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta 2 pisos

Fuente: Norma Técnica Peruana E 070 Albañilería (2006)



2.2.6. Propiedades de las unidades de albañilería

Según Gallegos & Casabonne (2005), las propiedades principales de las unidades de albañilería se entienden a su relación con el producto terminado, que es la albañilería, en ese contexto, las principales propiedades relacionadas con la resistencia estructural son:

- a) Propiedades físicas: Los cuales determinan la resistencia de la albañilería, estos son:
 - La variación dimensional: Es la diferencia de dimensión de la unidad de albañilería de largo ancho y altura con referencia a las demás unidades.
 - Alabeo: Es la distorsión curvada de una unidad de albañilería.
 - Succión: Es una medición de libación de agua de la unidad de albañilería.
 - Textura de la cara de asiento: Es la manera que presenta la superficie de la unidad de albañilería.
 - Densidad: Es la relación entre su masa y el volumen que ocupa.
- b) Propiedades mecánicas: los cuales determinan la durabilidad de la albañilería, tales como:
 - La resistencia a la compresión: Es la propiedad fundamental, los valores altos determinan una buena resistencia y por lo tanto una buena calidad para los fines estructurales. La resistencia a la compresión es el esfuerzo máximo que un material puede soportar bajo una carga de aplastamiento.
 - Absorción: Se interpreta como el proceso de atracción sobre los fluidos cercanos que ejerce la unidad de albañilería.
 - Coeficiente de saturación: Cantidad de humedad contenida dentro de la unidad de albañilería.

2.2.7. Ensayos clasificatorios y no clasificatorios de unidades de albañilería

Según San Bartolomé Á. (2006) las unidades pueden ser clasificadas realizando el ensayo de variación de dimensiones, alabeo, compresión axial.

Las pruebas no clasificatorias de las unidades son la tracción por flexión, succión y la absorción.

2.2.7.1. Ensayos clasificatorios

2.2.7.1.1. Variación de dimensiones

Se realiza midiendo todas las dimensiones de la unidad de albañilería con precisión al milímetro de una muestra representativa y seguidamente se promedia los resultados obtenidos, (Gallegos & Casabonne, 2005),

La dimensión de cada arista de la unidad está definida con L= largo, A=ancho=altura. Se tomó como el promedio de 4 medidas en la parte media de cada cara, seguidamente de cada arista se calcula el valor promedio (MP) de las muestras; este valor se resta de la dimensión específica (DE), este resultado se divide entre la dimensión específica (DE).

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana E 070 Albañilería (2006), se debe cumplir con lo indicado en las normas NTP 399.613 y 399.604.



Figura 12: Medición de las dimensiones de la unidad de albañilería
Fuente: (San Bartolomé Á. , 2006)

$$V\% = \frac{DE-MP}{DE} \times 100 \dots\dots(1)$$

Donde:

V%= Variación dimensional (%)

DE= Dimensión específica (cm)

DP= Dimensión media promedio (cm)

2.2.7.1.2. Alabeo

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana E 070 Albañilería (2006), se debe proseguir con los pasos indicados en la NTP 399.613.

La concavidad y convexidad se realiza la medición con una regla y la utilización de una cuña graduada, la medición se realiza en milímetros. La existencia de mayor concavidad o convexidad provoca la deformación entre los espacios libres entre los ladrillos.

Se efectuó situando la superficie de la unidad encima de una mesa plana, para luego colocar la cuña. Ver figura 13.



Figura 13: Verificación del alabeo
Fuente: (San Bartolomé Á. , 2006)

2.2.7.1.3. Compresión axial

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana E 070 Albañilería (2006), la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería se efectúan los laboratorios según indicado en la norma NTP 399.613 y 339.604.

La resistencia a compresión f'_b bruta se obtiene dividiendo P_u que es la carga de rotura (kg) entre A_b que es el área bruta (cm^2), ver figura 14.

$$f'_b \text{ bruta} = \frac{P_u}{A_b} \text{ (kg/cm}^2\text{) (2)}$$

Donde:

f'_b bruta = Resistencia a compresión axial de la unidad (kg/cm²)

P_u = Carga de rotura (kg)

A_b = Área bruta (cm²)

La resistencia a compresión axial ofrecida por la unidad de albañilería (f'_b bruta) se obtiene restando una desviación estándar (D_s) al valor promedio de la muestra (promedio f'_b bruta)

$$f'_b \text{ bruta} = \text{Promedio } f'_b \text{ bruta} - D_s \text{ (kg/cm}^2\text{)(3)}$$

Donde:

f'_b bruta = Resistencia a compresión axial (kg/cm²)

D_s = Desviación estándar (kg/cm²)

Restar al valor promedio una desviación estándar, significa estadísticamente que el 84% de las unidades ensayadas tendrán una resistencia por encima al valor característico.

Esto significa que aún se puede utilizar el 16% de unidades deficientes, lo cual está previsto en el margen de seguridad dado por la norma para el diseño estructural.

Nota: A medida que sea mayor la altura de la unidad menor será su resistencia.



Figura 14: Ensayo de compresión axial

Fuente: (San Bartolomé Á. , 2006)

2.2.7.2. Ensayos no clasificatorios

2.2.7.2.1. Tracción por flexión o módulo de ruptura

Se realiza en una máquina que ejerza compresión, sobre la unidad de albañilería a la cual se la coloca sobre dos apoyos a los extremos de la cara inferior de la unidad con una luz no mayor a 18 cm y sobre la cara superior se somete una carga al centro de la unidad.

El módulo de ruptura es (f'_{br}), que se obtiene por el triple producto de P_u que es la carga axial (kg) por L que es la distancia entre varillas (cm), entre el doble del ancho de la unidad A (cm) entre su altura H (cm) al cuadrado.

$$f'_{br} = \frac{3P_u L}{2AH^2} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad \dots\dots (4)$$

Donde:

f'_{br} = Módulo de ruptura (kg/cm²)

P_u = Carga axial (kg)

L = Distancia entre varillas (cm)

A = Ancho de la unidad de suelo cemento (cm)

L= Altura de la unidad de suelo cemento (cm)

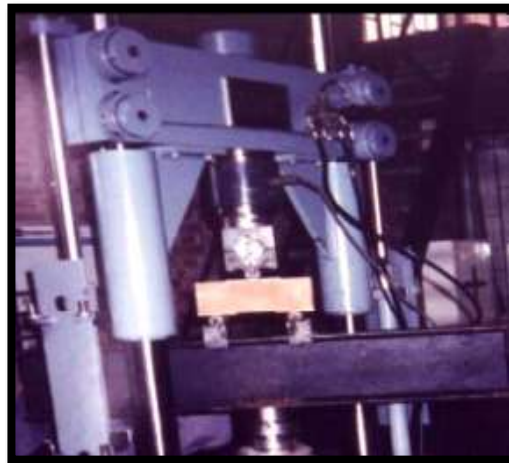


Figura 15: Ensayo de tracción por flexión

Fuente: (San Bartolomé Á. , 2006)

2.2.7.2.2. Succión

La succión es la rapidez con que la unidad absorbe agua proveniente del mortero.

En este ensayo se utilizan unidades que son secados en horno electrónico cuando se trata de investigación y secado natural para un proceso constructivo.

Primero se toma el peso seco P_s (gr) de la unidad en una balanza, luego se procede a colocar el área de contacto A (cm²) sobre los soportes, los cuales están sumergidos en agua, la cara de contacto está en contacto en agua durante un minuto, luego se procede a retirarlo para poder con un paño secar la superficie y pesar la unidad P_m (gr). La succión está dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Succión} = \frac{(P_m - P_s) \times 200}{A} \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

P_m = Peso del ladrillo después de la inmersión (gr)

P_s = Peso del ladrillo antes de la inmersión (gr)

A = Área bruta de la superficie en contacto (cm²)

La succión esta expresada en gramos (gr) por minuto en un área normalizada de 200 cm²

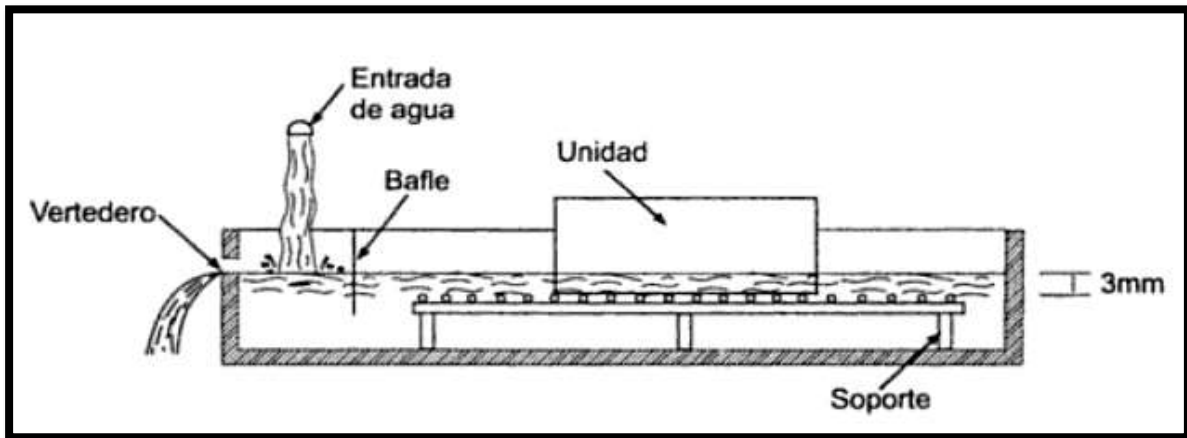


Figura 16: Esquema para el ensayo de succión
Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005)

2.2.7.2.3. Absorción

Es la porción de agua que absorbe una unidad de albañilería inmersa en agua durante 24 horas, cuando mayor sea absorción, la unidad es más porosa y ofrece menor resistencia contra la intemperie.

Para realizar el ensayo, se toma el peso de la unidad seca W_{sh} (gr), luego se sumerge totalmente en agua en un tiempo de 24 horas, por último, se toma el dato del peso húmedo W_{sat} (gr).

Para obtener el porcentaje de absorción se calcula con la siguiente formula:

$$A\% = \frac{W_{sat} - W_{sh}}{W_{sh}} * 100 (\%) \dots\dots (6)$$

Donde:

$A\%$ = Absorción (%)

W_{sat} = Peso de la unidad suelo cemento saturado por 24 horas (gr)

W_{sh} = Peso de la unidad suelo cemento seco (gr)

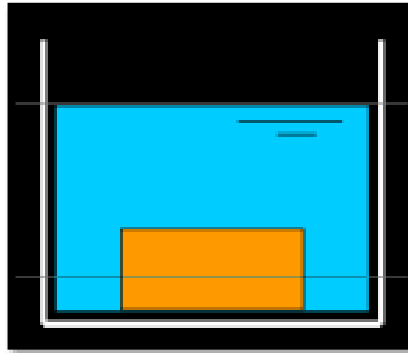


Figura 17: Unidad sumergida en agua para el ensayo de absorción

Fuente: (San Bartolomé Á. , 2006)

2.2.7.2.4. Módulo de elasticidad de la unidad de albañilería

Es el comportamiento de un material elástico, ante la ampliación de deformaciones controladas, obteniéndose curvas esfuerzo-deformación, cabe mencionar que ante carga de compresión, las unidades de diferentes materiales primas presentan comportamientos diferentes.

El módulo de elasticidad está dado por:

$$E = \frac{\text{Esfuerzo}}{\text{Def.unitaria}} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

E= Módulo de elasticidad (kg/cm²)

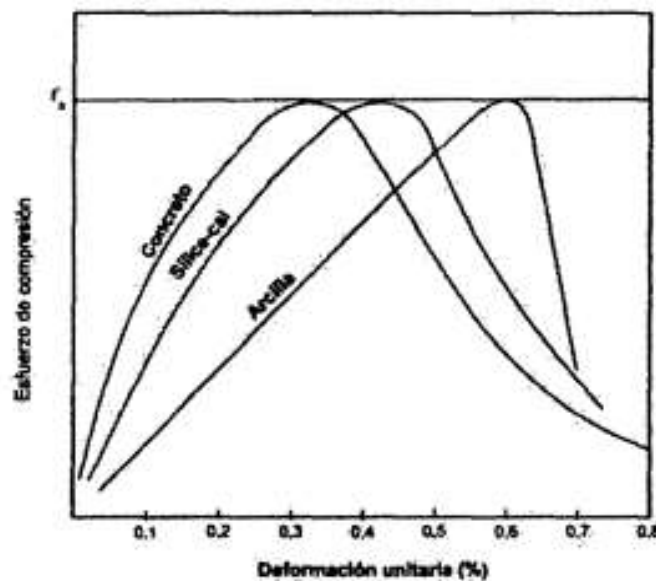


Figura 18: Curvas normalizadas esfuerzo de compresión vs deformación unitaria de unidades

2.2.7.2.5. Coeficiente de Poisson

El coeficiente de Poisson es una cantidad adimensional, característica de cada material. Es un indicativo de la deformación de un trozo de material ante la aplicación de ciertos esfuerzos.

$$V = \frac{E}{2 G'm} - 1 \dots (8)$$

Donde:

V= Coeficiente de Poisson (adimensional)

E= Módulo de elasticidad (kg/cm²)

G'm= Módulo de corte (kg/cm²)

2.2.8. Aceptación de la unidad de albañilería

La Norma Técnica Peruana E 070 Albañilería (2006) indica que se puede aceptar las unidades de acuerdo a los siguientes parámetros:

- a) De existir por encima de 20 % de dispersión en el coeficiente de variación, en unidades fabricadas por medios industriales, o 40 % fabricadas artesanalmente, se realizará el ensayo en otra muestra, de persistir la dispersión se rechaza el lote.
- b) Las unidades de arcilla y sillico calcáreas no excederán el 22% de absorción. En el caso del bloque de concreto no mayor a 12%, y el bloque de concreto NP no mayor a 15 %.
- c) Los espesores mínimos de las caras laterales a la superficie de asentado será 25 mm para bloque clase P y 12 mm para el bloque clase NP.
- d) Las unidades de albañilería de arcilla deben ser bien cocidas, de color uniforme y emitirá un sonido metálico al golpearla con un martillo.
- e) Las unidades no deben contener materias o elementos extraños en su superficie y su interior.
- f) No deben presentar resquebrajaduras, fracturas, grietas u otros defectos.
- g) Las unidades no deben presentar manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso.

2.2.9. Prismas de albañilería

Según San Bartolomé (2006), son especímenes de albañilería, los cuales de acuerdo a sus pruebas posibilitan establecer los parámetros que se requieren para el análisis y diseño estructural.

Las pilas y muretes según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería, son construidas bajo las mismas condiciones con que son usadas en los muros de edificaciones.

Los prismas de albañilería es decir las pilas y muretes nos facultan conocer la resistencia a compresión (f'_{m}) y a corte puro (V'_{m}).

2.2.9.1. Pilas de unidades de albañilería

Las pilas formadas por unidades de albañilería sobrepuestas, estas nos permiten evaluar el módulo de elasticidad (E'_{m}), la compresión axial, así como el tipo de falla y la calidad de los materiales.

Las pilas constan de por lo menos 3 hiladas (h), y un espesor adecuado (t), así como, tendrán una capa de cemento-yeso (capping), con un espesor de 3mm que corrija lo irregular de la superficie en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo. la resistencia característica f'_{m} en pilas se determinará como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.

La resistencia a compresión axial de cada pila se obtiene de la siguiente manera:

$$f'_{m} = \frac{Pr}{A} \quad (\text{kg/cm}^2) \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

f'_{m} = Resistencia a compresión en pilas (kg/cm²)

Pr = Carga de ruptura (kg)

A = Área (cm²)



Figura 19: Ensayo de compresión axial en pilas

Fuente: San Bartolomé (2006)

Los prismas se ensayan a una edad menor que la nominal que es 28 días, pero no menor de 14 días, para tal caso la resistencia se incrementa con los factores mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 3: Incremento de resistencia $f'm$ por edad

Edad		14 días	21 días
Pilas	Ladrillos de arcilla y bloques de concreto.	1.10 kg/cm ²	1.00 kg/cm ²

Fuente: San Bartolomé.(2008)

La grieta vertical que corta las unidades es denominada como una falla ideal de las pilas de albañilería, debido a la expansión lateral. La falla indeseable es la falla frágil y explosiva.

2.2.9.2. Muretes de albañilería

Los muretes son prismas formadas por unidades de albañilería, estas nos permiten evaluar la compresión diagonal o corte puro ($V'm$), módulo de corte ($G'm$), así como el tipo de falla y la calidad de los materiales.

El tamaño del prisma es mínimo con el objetivo de ser más manipulable y transportable hacia un laboratorio, es por ello que el murete tiene una forma cuadrada de tal manera que por lo menos los lados del murete midan 60 cm, con la finalidad de lograr resultados representativos.

Para los muretes construidos con ladrillos huecos o tubulares, se tapa los huecos con mortero antes de aplicar el capping.

Los prismas se ensayan a una edad menor que la nominal que es 28 días, y no inferior a 14 días, para tal caso la resistencia se incrementa con los factores indicados en la siguiente tabla.

Tabla 4: Incremento de la resistencia $v'm$ por edad

Edad		14 días	21 días
Murete	Ladrillos de arcilla	1.15 kg/cm ²	1.05 kg/cm ²
	Bloques de concreto	1.25 kg/cm ²	1.05 kg/cm ²

Fuente: San Bartolomé.(2008)

La resistencia a corte de un murete ($V'm$), se obtiene dividiendo la carga diagonal de rotura P_{max} (kg) entre el área bruta de la diagonal cargada D_{xt} (cm²).

También se puede obtener ($V'm$), dividiendo la carga diagonal proyectada en a la dirección de las hiladas entre el área bruta de la hilada ($L*t$), esto en muretes cuadrados. Ver figura 20

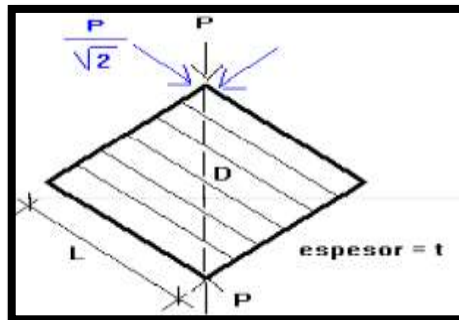


Figura 20: Ensayo compresión diagonal en muretes

Fuente: San Bartolomé.(2008)

Donde la resistencia a corte puro se obtiene de la siguiente manera:

$$V'm = \frac{P_{max}}{D*t} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots (10.1)$$

$$V'm = \frac{p_{max}/\sqrt{2}}{L*t} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots (10.2)$$

Donde:

$V'm$ = Resistencia a compresión diagonal en muretes o corte puro (kg/cm²)

P_{max} = Carga diagonal de rotura (kg)

D = Longitud de la diagonal del murete (cm)

L = Longitud del lado del murete (cm)

t = Espesor del murete (cm)

Los ensayos de compresión axial y diagonal indican la calidad de mano de obra y del material a través de la dispersión de sus resultados obtenidos, es por ello que cuando la desviación estándar dividida entre el resultado promedio rebasa el 30 %, se debe subsanar la mano de obra o utilizar otros tipos de materiales.

2.2.9.3. Tipos de falla

En los muretes existen tres tipos de fallas:

- Grieta diagonal atraviesa los ladrillos, se produce cuando la resistencia a la tracción de los ladrillos es menor que la resistencia por adherencia del mortero con los ladrillos, esta adherencia es considerada óptima.
- Cuando las grietas se producen en las juntas es conocida como falla escalonada, esto es producido cuando la resistencia de los ladrillos es mayor a la resistencia

por adherencia del mortero con los ladrillos. Esta adherencia es considerada no adecuada.

- Cuando la grita atraviesa los ladrillos y las juntas es conocida como falla mixta, es producida cuando la resistencia de los ladrillos es parecida a la resistencia por adherencia del mortero con los ladrillos, la adherencia mortero con el ladrillo es intermedia.

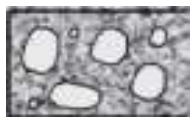



2.2.10. Suelo

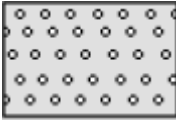
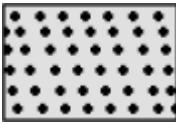
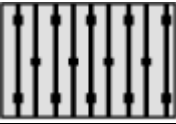
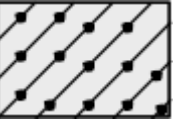

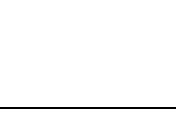

Según la revista Ciencia y sociedad (2008), el suelo está compuesto por tres componentes sólida, líquida y gaseosa.


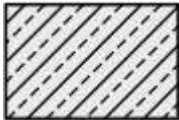
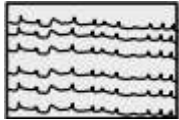
La fase solida está compuesta por varios minerales, conformado de acuerdo a la dimensión de sus partículas y la rigidez de su composición. La estructura del suelo al estar compuesto por la variedad de tamaño de sus partículas tiene un alto volumen de vacíos, en el cual esta total o parcialmente llenos de agua o gas.

Desde el punto de vista de la ingeniería, el suelo se clasifica en tres grupos, suelos granulares, suelos finos y suelos orgánicos., y estos a su vez en otros sub grupos, los cuales de acuerdo a la clasificación de suelos SUCS, poseen una simbología característica. Tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 5: Simbología de suelos según la clasificación de suelos SUCS

Divisiones mayores		Simbología		Descripción
		Sucs	Grafico	
Suelos granulares	Grava y suelos gravosos	GW		Grava bien graduada
		GP		Grava mal graduada
		GM		Grava limosa
		GC		Grava arcillosa

Divisiones mayores		Simbología		Descripción
		Sucs	Grafico	
Suelos granulares	Arena y suelos arenosos	SW		Arena bien graduada
		SP		Arena mal graduada
		SM		Arena limosa
		SC		Arena arcillosa
Suelos finos	Limos y arcillas (LL<50)	ML		Limo inorgánico de baja plasticidad
		CL		Arcilla inorgánica de baja plasticidad
		OL		Limo orgánico o arcilla orgánica de baja plasticidad

Divisiones mayores		Simbología		Descripción
		Sucs	Grafico	
Suelos finos	Limos y arcillas (LL>50)	CH		Arcilla inorgánica de alta plasticidad
		OH		Limo orgánico o arcilla orgánica de alta plasticidad
Suelos altamente orgánicos		Pt		Turba y otros suelos altamente orgánicos

Fuente: Norma Tecnica Peruana E 050 Suelos y Cimentaciones (2006)

2.2.10.1. Suelos utilizables para mezclas de suelo-cemento

Todos los suelos son aptos para producir suelo -cemento con excepción de la capa vegetal, sin embargo, existen suelos que favorecen con mayor relevancia para ejecutar una mezcla de calidad y con menor consumo de cemento.

Según Toirac Corral (2008), los suelos óptimos para la mezcla de suelo-cemento son aquellos en el que el peso del cemento se encuentre entre 5 % y 12% con respecto al peso del suelo.

Los suelos óptimos son los que tienen una relación de suelos entre gruesos y finos donde no predomine excesivamente un determinado tamaño, así mismo, debe tener una buena plasticidad tal que brinde una determinada adherencia a la mezcla.

En la siguiente tabla se puede apreciar el rango granulométrico del suelo pasante que garantice las adecuadas propiedades del suelo-cemento.

Tabla 6: Granulometría de suelos aptos para suelo-cemento

Tamiz	% pasado
3 pulg.	100
Nº. 4	100 - 50
Nº. 40	100 - 15
Nº. 200	50 - 10

Fuente: Toirac Corral (2008)

El límite líquido y el límite plástico del suelo están representados por un porcentaje de humedad. El límite líquido refleja el porcentaje de humedad por el cual el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. En cambio, el límite plástico es aquel suelo que pasa del estado rígido a un estado plástico.

El índice de plasticidad es la resta aritmética de ambos límites, estos límites no solo dependen de cuanta arcilla exista en su composición si no de su tipo y rango aceptable para mezclas de suelo-cemento. Y estos se fijan de la siguiente manera:

Límite líquido $> 45\%$

Límite plástico $< 18\%$

Es por estos parámetros que para la mezcla suelo cemento, existen 2 tipos de suelos los eficientes y los deficientes los cuales se mencionan a continuación.

2.2.10.2.Suelos competentes

Son suelos que dan una respuesta óptima ante proporciones relativamente pequeñas de cemento. Suelos arenosos y suelos con grava tienen características más favorables, estos son entre 10% y 35 % de limo y arcilla combinados.

Las arenas de playas permiten un adecuado suelo-cemento a pesar de ser un suelo arenoso con deficiencia de partículas finas y el uso de mayor cantidad de cemento.

Los suelos limosos y arcillosos con baja plasticidad permiten tener resultados satisfactorios, pero mientras más contenido de arcilla, mayor será el uso de cemento.

2.2.10.3.Suelos no competentes

Son suelos que no responden adecuadamente ante una proporción reducida de cemento, es decir el uso de este suelo amerita un incremento de la presencia de cemento. Entre estos suelos podemos mencionar:

Suelos orgánicos, suelos limosos y arcillosos con alta plasticidad.



2.2.10.4. Suelo ideal para mezcla suelo-cemento

Un suelo ideal es aquel que sus deficiencias sean mínimas y la cantidad utilizada de cemento fuera mínima, es por ellos que según Toirac Corral (2008), el suelo ideal debe cumplir con las siguientes peculiaridades:

- Máximo agregado de arena 80% (óptimo del 55% al 75%)
- Máximo agregado de limo 30% (óptimo 0% al 28%)
- Máximo agregado de arcilla 50% (óptimo 15% al 18%)
- Máximo agregado de materia orgánica 3%
- Debe pasar por un tamiz de 4,8 mm (#4)

2.2.11. Características del suelo

Para realizar la dosificación, primero debemos conocer las características del suelo, por lo que se efectúan una serie de ensayos, entre ellos tenemos los siguientes:

- Análisis granulométrico
- Peso específico
- Humedad natural

2.2.11.1. Análisis granulométrico

Con este ensayo se logra determinar el módulo de fineza y el tamaño máximo, tanto para el agregado fino como para el grueso.

Módulo de fineza: es un número adimensional el cual nos indica que tan grande o pequeña son las partículas del agregado fino en estudio, es decir, mientras más grande es el módulo de fineza las partículas del agregado serán de mayor tamaño (A. Millones, 2008).

$$MF = \frac{\sum \% \text{Ret. Acum } (3", 1 \frac{1}{2}", 3/4", 3/8", n^{\circ}4, n^{\circ}8, n^{\circ}16, n^{\circ}30, n^{\circ}50, n^{\circ}100)}{100} \dots \dots (11)$$

2.2.11.2. Peso específico

Es un indicador de calidad. Es aquella que los valores elevados corresponden a materiales de buena durabilidad, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles.

$$\text{Peso específico} = \gamma_s = \frac{W_{ss} * K}{W_{ss} + W_{fa} - W_{fas}} \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) \dots \dots (12)$$



Donde:

K= Peso específico del agua, 1 gr/cm³

W_{ss}= Peso del suelo seco (gr)

W_{fa}= Peso del frasco con agua (gr)

W_{fas}= peso del frasco con agua y suelo (gr)

2.2.11.3. Humedad natural

La cantidad de agua retenida por las partículas del suelo es denominado contenido de humedad, esta propiedad varía en función del tiempo y condiciones ambientales (A.Millones, 2008)

$$\text{Humedad \%} = W = \frac{W_w}{W_{ss}} \times 100 (\%) \dots \dots (13)$$

Donde:

W= Humedad natural (%)

W_w= Peso del agua. (gr)

W_{ss}= Peso del suelo seco. (gr)

2.2.12. Arcillas

Originado por la descomposición de las rocas feldespato, siendo un silicato aluminico hidratado, es un tipo de roca natural sedimentaria, puede estar en estado suelto o sólido.

Material de grano fino con la capacidad de transformarse en una masa plástica al estar en contacto con cierta cantidad de agua. Las arcillas poseen las siguientes características:

- Material de estructura laminar
- Sumamente higroscópico
- Su masa se expande con el agua
- Con la humedad se reblandece y se vuelve plástica
- Al secar su masa se contrae en un 10%
- Adquiere gran dureza al ser sometida a temperatura mayores a 600 °C

2.2.12.1. Propiedades físico-químicas

Las arcillas poseen propiedades como la absorción ya que puede absorber agua u otras moléculas en el espacio inter laminar o por los canales estructurales.

Las arcillas tienen la capacidad de cambiar fácilmente los iones fijados en la superficie exterior de sus cristales, en los espacios inter laminares, o en otros espacios interiores de las estructuras.

Las arcillas son eminentemente plásticas, esto debido a que el agua forma una envuelta sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas.

Las arcillas son refractarias, al resistir los aumentos de temperatura sin sufrir variaciones.

2.2.13. Cemento

Según la Norma Técnica Peruana E.060 Concreto Armado (2009), el cemento es definido como un material pulverizado que, en acción con el agua, conforma una pasta aglomerante capaz de endurecer tanto en el aire, como bajo el agua. Es producto de la pulverización del Clinker compuesto por silicatos de calcio hidráulico, es decir es producto del Clinker Portland más yeso. El Clinker portland es el resultado de la calcinación de una mezcla de calizas, arcillas y óxido de hierro, hasta alcanzar a una fusión incipiente (clinkerización) a 1450 °C.



Figura 21: Bolsa de cemento Yura

Fuente: (Cementos Yura, 2019)

El cemento es el resultado de la quema de rocas calizas areniscas y arcillas, lo cual lo convierte en un aglomerante hidrófilo y que en contacto con el agua adquiere propiedades resistentes y adherentes (Enrique Pascal Carbajal, 1998). En la tabla siguiente, se puede ver los tipos de cemento sin adición, usados en la construcción:

Tabla 7: Tipos de cemento

Tipo de cemento	Características
Tipo I	Son para obras en general, que no requieren características especiales.
Tipo II	Destinados a obras que están sometidas a la presencia de sulfatos y donde es necesario un moderado calor de hidratación.
Tipo III	Desarrollan alta resistencia inicial. Con mayor calor de hidratación. En casos donde es necesario acelerar el servicio de las estructuras en climas fríos.
Tipo IV	Posee bajo calor de hidratación.
Tipo V	Desarrolla mayor resistencia al ataque de los sulfatos
Tipo IP	Moderada resistencia a la presencia de los sulfatos disminuyendo la eflorescencia del salitre y así la corrosión del acero de refuerzo.

Fuente: Norma Técnica Peruana E.060 Concreto Armado (2009)

También tenemos a los cementos Pórtland adicionados, los cuales contienen 2 o más componentes inorgánicos que mejoran las propiedades del cemento.

Según la Norma Técnica Peruana E.060 Concreto Armado (2009), tenemos el cemento Portland puzolánico tipo IP y tipo I (PM), el tipo uno contiene puzolana entre el 15 % y 40% del peso total, mientras el tipo I (PM) contiene puzolana menor del 15% del peso total.

Cemento portland de escoria, tipo IS y tipo ISM, el tipo IS contiene escoria entre el 25% al 70%, mientras que el tipo I (SM) contiene menor al 25% de escoria.

Cemento portland compuesto tipo I (CO), obtenido por la pulverización conjunta del Clinker portland y materiales calizos hasta un 30% de peso.

Cemento de albañilería (A) obtenido por la pulverización de Clinker portland y materiales que mejoran su plasticidad y la retención de agua.

2.2.13.1. Propiedades físicas y mecánicas del cemento

a) Finura o fineza

Grado de molienda del polvo expresada en m^2/kg . La importancia de la fineza es que mientras más finas sean las partículas, mayor será la resistencia, al igual que aumenta el calor de hidratación.

b) Peso específico

Es el peso del cemento por unidad de volumen, expresado en gr/cm^3 . Es de gran importancia para el diseño de mezcla.

c) Tiempo de fraguado

Es el tiempo en que la mezcla del agua y el cemento pasan a solidificarse se expresa en minutos.

d) Estabilidad de volumen

Son los cambios volumétricos generados por agentes expansivos, se expresa en porcentajes.

e) Resistencia a la compresión

Calcula la capacidad mecánica del cemento a tolerar una fuerza externa de compresión, expresada en kg/cm^2 , esta propiedad es la brinda la calidad del cemento.

f) Contenido de aire

Presencia de aire que está atrapado en la mezcla de mortero, se expresa en porcentaje del volumen total. El contenido de aire disminuye la resistencia.

g) Calor de hidratación

Es el calor que se desarrolla en respuesta a la reacción del agua con el cemento.

2.2.13.2. Requisitos físicos y mecánicos

Según la Norma Técnica Peruana 339.009 (1997), menciona que para garantizar la calidad del cemento deben cumplir las siguientes especificaciones:

Tabla 8: Requisitos físicos y mecánicos

	Tipos de cemento					
	I	II	V	MS	IP	ICO
Resistencia a la compresión mínima (kg/cm^2)						
3 días	120	100	80	100	130	130

	Tipos de cemento					
	I	II	V	MS	IP	ICO
Resistencia a la compresión mínima (kg/cm ²)						
7 días	190	170	150	170	200	200
28 días	280	280	210	280	250	250
Tiempo de fraguado (min)						
Inicial min.	45	45	45	45	45	45
Final máx.	375	375	375	375	375	375
Expansión en autoclave						
% Máximo	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Resistencia a los sulfatos % máx. expansión			0.04 14 días	0.10 6 meses	0.10 6 meses	
Calor de hidratación máx.						
7 días		290			290	
28 días					330	

Fuente: Norma Tecnica Peruana 339.009 (1997)

2.2.13.3. Cemento portland puzolánico IP

Según lo determina Cementos Yura (2019), es el producto que es elaborado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de procedencia volcánico y yeso.

Esta mezcla es molida logrando alto grado de finura, sus componentes hacen que tenga propiedades los cuales permiten que el concreto mejore su resistencia, durabilidad, impermeabilidad, resistencia al intemperismo, ataques químicos como al sulfato.

2.2.13.4. Características técnicas del cemento

Las características de sus propiedades se encuentran recopiladas en la siguiente tabla.

Tabla 9: Características del cemento Yura IP

Requisitos	Cemento Yura tipo IP	Requisitos norma NTP 334.090 ASTM C-595	Requisitos norma NTP 334.009 ASTM C-150 cemento tipo I
Requisitos químicos			
MgO(%)	1.5 a 2.4	6.00 Max.	
SO3 (%)	1.5 a 2.3	4.00 Max.	
Perdida por ignición (%)	1.5 a 3.8	5.00 Max.	
Requisitos físicos			
Peso específico (gr/cm ³)	2.77 a 2.85		
Expansión en autoclave (%)	-0.05 a 0.03	-0.20 a 0.80	
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170 a 270	45 a 420	
Contenido de aire	2.5 a 8.0	12 Max.	
ResT. a la compresión kgf/cm²			
3 días	175 a 200	133 mínimo	122 mínimo
7 días	225 a 260	204 mínimo	194 mínimo
28 días	306 a 350	255 mínimo	
Resistencia a los sulfatos (%)			
% expansión a los 6 meses	< 0.021 %	0.05 máximo	
% expansión a 1 año	<0.023%	0.10 máximo	

Fuente: Cementos Yura (2019)

2.2.14. Tubos de PVC (cloruro de polivinilo)

Es un material plástico, solido, es obtenida mediante la polimerización del cloruro de vinilo monómero y estos a su vez obtenidos de la sal y el petróleo. (PVC, s.f.).

Según Tamayo Rodríguez & Luis Villegas (2002), el PVC se define como el resultado de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo es la unión química de carbono, hidrogeno y cloro, el cual ofrece un



Figura 22: Tubo PVC de 2"

Fuente: (Pavco Vinduit, 2017)

2.2.14.1. Propiedades del tubo PVC

Las principales propiedades de las tuberías de PVC son:

Tabla 10: Propiedades físicas y mecánicas del tubo PVC

Propiedades	Norma	Unidades
Peso específico a 25°C	ASTM D-7892	1.42 gr/cm ³
Coefficiente de dilatación térmica	ASTM D-696	0.06 mm/m/°C
Constante dieléctrica	ASTM D-150	A 10 ³ -10 ⁶ Hz:3.0 -3.8
Inflamabilidad	NTP 399.007	Auto extingible
Coefficiente de fricción	-	n=0.009 Manning: C=150 Hazen-Williams
Tension de diseño	-	100 bar
Resistencia a la tracción	ASTM D-638	48 Mpa
Resistencia a compresión	ASTM D-695	170/300 kg/cm ²
Dureza	ASTM D-2240	80-83 shore D
Módulo de elasticidad	ASTM D-636	31000 kg/cm ²

Fuente: Pavco Vinduit (2017)

2.2.15. Máquina Cinva Ram

Es una prensa portátil de funcionamiento mecánico, conformada por una caja del cual un pistón ejercido por un dispositivo de palanca comprime la mezcla de suelo-cemento para formar las unidades de albañilería, al ejercer la palanca al sentido contrario, el pistón expulsa el bloque.

La máquina Cinva Ram funciona con una palanca de fuerza, de tal forma que mientras se va comprimiendo la mezcla se incrementa la presión, con esta máquina se puede lograr una resistencia de 14 a 35 kg/cm² y en mezclas más ricas de 50 a 90 kg/cm².

La máquina Cinva Ram puede elaborar entre 400 a 500 bloques en 8 horas de trabajo.

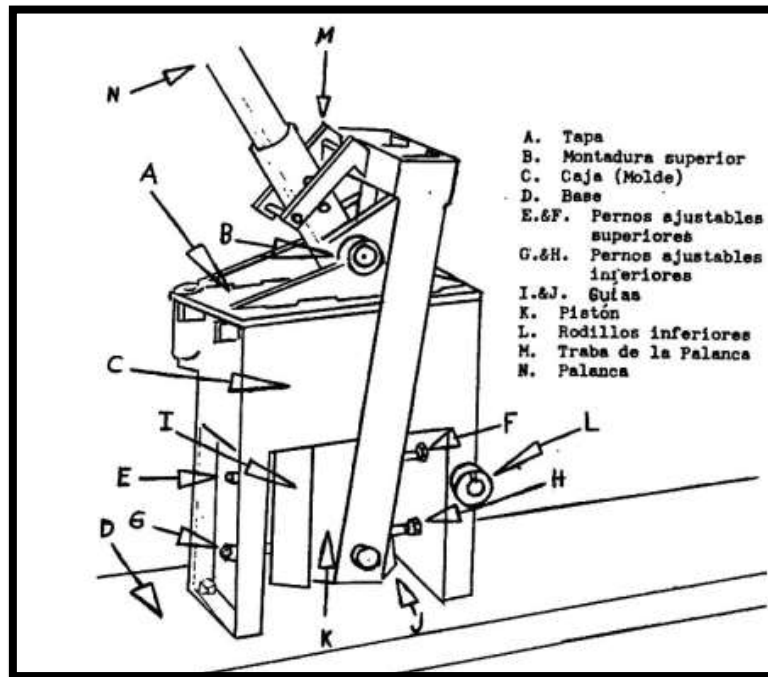


Figura 23: Máquina Cinva Ram

Fuente: (Choque Ruelas & Huaman Meza, 2015)

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

Los valores de las propiedades físicas y mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de Polivinilo) en el departamento de Cusco, sí cumplirán con las especificaciones de la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería para su clasificación estructural.

2.3.2. Sub hipótesis

Hipótesis específico 1

La clasificación del suelo según SUCS de la zona Juscapampa del distrito de San Jerónimo para la fabricación de las unidades de albañilería tipo lego, elaboradas con suelo -cemento será una arcilla inorgánica CL

**Hipótesis específico 2**

La dosificación para la fabricación de las unidades de albañilería tipo lego elaboradas con suelo - cemento si contribuyen a lograr unidades de albañilería que logran una clasificación estructural tipo V de acuerdo con la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.

Hipótesis específico 3

Las unidades de albañilería ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento, se encontrarán clasificadas como tipo V, según los ensayos de clasificación de la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería y en base a la dosificación propuesta.

Hipótesis específico 4

Las unidades de albañilería ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento, presentarán un módulo de elasticidad mayor a 1000 kg/cm² y un coeficiente de Poisson de 0.25.

Hipótesis específico 5

La albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo), superaran la resistencia $f'm=35$ kg/cm² del ladrillo king kong artesanal, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.

Hipótesis específico 6

La albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo), superarán la resistencia a compresión diagonal $v'm=5.1$ kg/cm² del ladrillo king kong artesanal.

Hipótesis específico 7

Las unidades de albañilería ecológicas tipo lego fabricadas con suelo-cemento y tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento del Cusco tendrán un valor menor a s/ 1.00 por unidad.

2.4. Definición de variables**2.4.1. Variables independientes**

- Tipo de suelo: Es un indicador que varía de acuerdo a las características que posee el suelo (arenoso, calizos, húmiferos arcillosos).
- Cemento: Sustancia en polvo que mezclada con el agua forma una pasta aglomerante sus características varían de acuerdo al tipo de cemento que se utilice (tipo IP).
- Tubo PVC: Policloruro de vinilo el cual varía de acuerdo a la clase (SAP) y diámetro 2”.
- Dimensión de la unidad de albañilería: Es la medida o extensión de algo en una o varias magnitudes el cual ocupa un lugar en el espacio.



- Forma geométrica de la unidad de albañilería: es una figura compuesta por puntos el cual por sus características varían por su forma, extensión.

2.4.1.1. Indicadores de las variables Independientes

- Clasificación SUCS
- Límite líquido y plástico
- Tipo de mezcla
- Dimensiones altura (cm), ancho (cm) y largo(cm)

2.4.2. Variables dependientes

- Resistencia a la compresión (kg/cm²)
- Alabeo (mm)
- Variación dimensional (%)
- Porcentaje de absorción (%)
- Módulo de rotura (kg/cm²)
- Módulo de elasticidad (kg/cm²)
- Coeficiente de Poisson (adimensional)
- Resistencia a la compresión simple axial de pilas (kg/cm²)
- Resistencia a la compresión diagonal de muretes (kg/cm²)
- Costo (s/.)

2.4.2.1. Indicadores de variables dependientes

- (kg/cm²) carga sobre área bruta
- Concavidad o convexidad en (mm)
- Dimensiones altura (mm), ancho (mm) y largo (mm)
- Porcentaje (%)
- Área neta/ área bruta (Kg/cm²)
- Esfuerzo / deformación unitaria. (Kg/cm²)
- Carga total aplicada/ área de la sección transversal de adherencia (Kg/cm²)
- Resistencia a la compresión axial (f'm) Kg/cm²
- Resistencia de la albañilería al corte de muretes a compresión diagonal (v'm) Kg/cm²
- Valor de la moneda (s/)

2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 11: Tabla de operacionalización de variables

VARIABLE DEPENDIENTE				
TIPO DE VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADOR	NIVEL	INSTRUMENTO
Resistencia a la Compresión	Es el esfuerzo máximo que puede tolerar un material bajo una carga axial.	Valor resultante de la relación carga sobre el área bruta	(kg/cm ²) carga sobre área bruta	Ficha de campo elaborada para la toma de datos y operación de cálculos.
Alabeo	Deformación de una superficie plana por acción del calor, humedad etc.	Valor numérico de la Concavidad o convexidad	Longitud (mm)	Ficha de campo elaborada para la toma de datos y operación de cálculos.
Variación dimensional	La variación dimensional es la medida obtenida de las mediciones comparadas con un patrón inicial.	Dimensiones, son las medidas de las caras de la unidad.	Longitud (mm), ancho (mm) y largo (mm)	Ficha de campo elaborada para la toma de datos y operación de cálculos.
Porcentaje de absorción	Es el porcentaje del incremento en la masa de la unidad de albañilería debido a su contenido de humedad.	Son: el peso seco y el peso húmedo	Porcentaje (%)	Ficha de campo elaborada para la toma de datos y operación de cálculos.
Módulo de rotura	Es la tensión máxima que un espécimen puede soportar.	Magnitud	Se expresa en (Kg/cm ²)	Ficha de campo elaborada para la toma de datos y operación de cálculos.



VARIABLE DEPENDIENTE				
TIPO DE VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADOR	NIVEL	INSTRUMENTO
Módulo de elasticidad	Parámetro que caracteriza su comportamiento elástico.	Valor de la magnitud, es la relación de la carga controlada sobre el área bruta	Se expresa en (Kg/cm ²)	Ficha de campo elaborada para la toma de datos y operación de cálculos.
Coefficiente de Poisson	Es un indicativo de la deformación de un trozo de material ante la aplicación de ciertos esfuerzos	Valor que relaciona el módulo de elasticidad y el módulo de corte	El coeficiente de Poisson es adimensional	Ficha de campo elaborada para la toma de datos y operación de cálculos.
Resistencia a la compresión simple axial de pilas	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una pila de unidades de albañilería bajo una carga axial	Valor de la magnitud, es la relación de la carga axial sobre el área bruta	Resistencia a la compresión axial (f'm) se expresa en (Kg/cm ²)	Ficha de campo elaborada para la toma de datos y operación de cálculos.
Resistencia a la compresión diagonal de muretes	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un murete bajo una carga axial diagonal	Valor de la magnitud es la relación entre la carga de compresión a lo largo de una de sus diagonales.	Resistencia de la albañilería al corte diagonal (v'm) se expresa en (Kg/cm ²)	Ficha de campo elaborada para la toma de datos y operación de cálculos.
Costo	Cantidad de dinero que cuesta una unidad de albañilería	Valor monetario	Un nuevo sol	Ficha de campo elaborada para la toma de datos y operación de cálculos.



VARIABLE INDEPENDIENTE				
TIPO DE VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADOR	NIVEL	INSTRUMENTO
Tipo de Suelo	El suelo es la formación por la descomposición de rocas por cambios de temperatura, intemperismo, provocadas por las condiciones climáticas y seres humanos a través del tiempo.	Según a su clasificación por sus propiedades físicas y mecánicas.	Es la clasificación (SUCS) según sus propiedades	Ficha de campo elaborada para la toma de datos y operación de cálculos.
Cemento	Mezcla de caliza y arcilla sometida a calcinación y molienda posee la característica de endurecer al contacto con el agua y el aire tiene la propiedad de ser aglomerante.	Según el tipo y las propiedades mecánicas que posee	tipo IP	Fichas técnicas del cemento.
Tubo PVC	También conocido como cloruro de vinilo	Tubo PVC clase (SAP)	Diámetro 2"	Ficha técnica tubo Pavco Perú
Dimensión de la unidad de albañilería	Es la medida o extensión de algo en una o varias magnitudes el cual ocupa un lugar en el espacio.	Magnitud	Área, longitud de las caras de la unidad (mm)	Ficha de campo elaborada para la toma de datos de variación dimensional.



VARIABLE INDEPENDIENTE				
TIPO DE VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADOR	NIVEL	INSTRUMENTO
Forma geométrica de la unidad de albañilería	Es una figura compuesta por puntos el cual por sus características varían por su forma, extensión	Forma geométrica	Rectángulo, cuadrado, círculo	Observación de la forma física de la unidad de albañilería

Capítulo III: Metodología

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

Enfoque cuantitativo. – Según Sampieri (2014) es la investigación que hace uso de la obtención de datos para tratar de comprobar una hipótesis, utilizando la medición numérica y el análisis estadístico y probar teorías.

Las características de este enfoque, para esta investigación son:

- Las variables son cuantificables, tales como: resistencia a la compresión, alabeo máximo, variación dimensional, porcentaje de absorción y módulo de rotura, resistencia a la compresión simple axial de pilas, resistencia a la compresión diagonal de muretes, son cuantificables.
- Cada hipótesis tiene su respectiva prueba de veracidad.
- El resultado de la investigación se puede comparar con la norma técnica peruana E.070 albañilería.

3.1.2. Nivel de la investigación

Nivel descriptivo. - Se define este nivel como la descripción, registro, interpretación de la realidad. La investigación descriptiva se enfoca en la realidad de hechos, y su propiedad fundamental es la de brindar una interpretación correcta (Tamayo Tamayo, 2006).

- La finalidad es de describir las propiedades físico – mecánicas, para obtener promedios de los distintos ensayos y compararlos con los parámetros, que se establecen en la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.
- Los datos para las pruebas de laboratorio son acumulables y empíricos.

3.1.3. Método de investigación

Según Behar Rivero (2008), el método hipotético-deductivo establece la verdad o falsedad de las hipótesis, las cuales no se pueden comprobar directamente por ser enunciados generales, pero se puede llegar a las hipótesis mediante procedimientos inductivos y deductivos.

Es decir, es una vía de consecuencia lógico deductivo para llegar a conclusiones específicas a partir de las hipótesis y que pueden ser comprobadas experimentalmente.



El método utilizado para esta investigación es del tipo hipotético-deductivo, ya que se llegó a conclusiones a base de hipótesis establecidas, los cuales brindan la verdad o falsedad de cada una de las hipótesis.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Diseño metodológico

Según Sampieri (2014), el tipo cuasi experimental es el estudio en el que se maneja, de forma deliberada, una o más variables independientes, para estudiar las consecuencias que causa el manejo deliberado de las variables independientes sobre las variables dependientes.

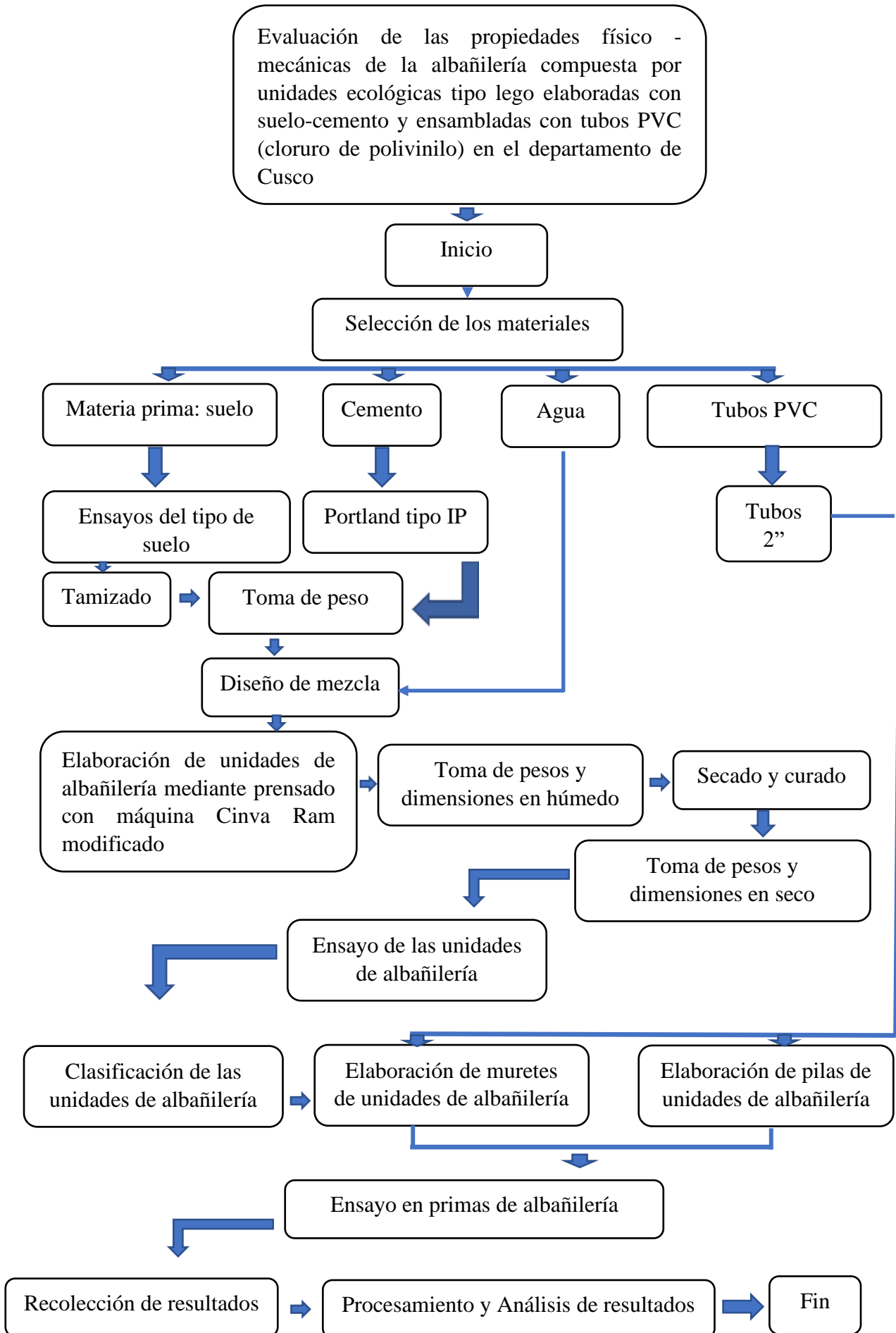
El diseño de la investigación es de tipo cuasi experimental, ya que se manipula de manera intencional las variables tales como el diseño de mezcla, las áreas de los agujeros donde ingresan los tubos de PVC, luego se analiza las consecuencias que estas producen sobre las unidades, y sobre la albañilería, tales como: la resistencia a compresión, variación dimensional, alabeo, absorción, módulo de rotura, compresión en pilas y compresión diagonal de muros.

3.2.2. Diseño de ingeniería

Este proyecto de investigación se realizó en dos etapas:

En la primera etapa se hizo la selección del suelo, así como el diseño de mezclas y la elaboración de las unidades.

En la segunda etapa se llevaron a cabo los ensayos clasificatorios para fines estructurales y no estructurales, como no clasificatorios de los especímenes.



3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la población

De acuerdo a Sampieri (2014), la población es el conjunto de especímenes que tienen las mismas características, es decir son conjuntos que comparten un patrón de similitud.

La población está constituida por las unidades de albañilería, especímenes que poseen la siguiente dimensión 24 cm x 12 cm x 9 cm (largo, ancho, altura), los cuales poseen dos agujeros cilíndricos de 6 cm de diámetro fabricadas en el departamento del Cusco, que abarca a un promedio de 1000 unidades

3.3.1.2. Cuantificación de la población

Por ser un material de uso no común en el distrito de san Jerónimo, se consideró para la evaluación de esta investigación se realizaron 150 unidades de albañilería para todos los ensayos de la investigación.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

La muestra está compuesta por las unidades de albañilería elegidas al azar de la población ya que en esta investigación se usó el muestreo no probabilístico por ser una investigación cuantitativa. Este dado por:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q} \dots\dots (13)$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Población o universo

Z= Nivel de confianza

p= Probabilidad a favor

q= Probabilidad en contra

e= Error muestral

Por lo tanto, se tiene de la tabla de apoyo al cálculo del tamaño de una muestra por niveles de confianza

- Para un 95% de confianza $z=1.96$ con un error muestral $e=0.05$

La cantidad de muestras de la población que tienen en común las variables que buscamos medir se indican con la probabilidad a favor $p=0.5$ y la probabilidad en contra $q=1-p$



Reemplazando:

$$n = \frac{150 * 11.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (150 - 1) + 11.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

n=108 unidades

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

La muestra está conformada por 108 unidades de albañilería y tres tubos PVC de 2" de 3 m de largo.

Del total de la muestra se extrajo:

- 10 unidades que sirvieron para realizar las pruebas de variación de dimensiones y alabeo.
- 05 de estas unidades se ensayaron a compresión axial.
- 05 para la absorción.
- 05 unidades para los ensayos de módulo de rotura.
- 05 unidades para los ensayos de módulo de elasticidad.
- 66 unidades para los ensayos en resistencia a la compresión axial en pilas y para los ensayos a la resistencia a la compresión en muretes.
 - 5 pilas conformadas por 3 unidades cada una.
 - 3 muretes conformados por 17 unidades cada una.

3.3.2.3. Método de muestreo

En esta investigación se usó el muestreo no probabilístico por ser una investigación cuantitativa y que supone un procedimiento de selección orientado por las propiedades de la investigación y el propósito del investigador, el método no es mecanizado ni está en base a fórmulas probabilísticas, es decir está sujeta a la decisión del investigador.

Sampieri (2014), menciona que la muestra no probabilística o muestra dirigida es la selección orientada por las particularidades de la investigación, y no por un criterio estadístico, la elección de los especímenes no tiene la misma posibilidad de ser elegidos, es decir, la decisión la realiza el investigador.

3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra

Los criterios de calificación de la muestra para esta investigación están realizados mediante elementos fabricados con suelo-cemento y agua los cuales conforman la unidad de albañilería los cuales fueron sujetos a pruebas, como el ensayo de variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión, módulo de rotura y absorción.



En la segunda etapa se realizó la construcción de pilas y muretes, los cuales están formados por las unidades de albañilería y unidas por tubos PVC.

- El número de la muestra es de 10 unidades sacadas de la población. Estas sirvieron para realizar las pruebas de variación de dimensiones y alabeo, en 5 de estas unidades se ensayaron la compresión axial y en las otras 5 la absorción.
- En 5 unidades se realizó el ensayo del módulo de rotura y en otras 5 el ensayo de módulo de elasticidad
- La muestra restante está conformada por 66 unidades para los ensayos de resistencia a la compresión axial en pilas (03 ensayos) y resistencia a la compresión diagonal en muretes (03 ensayos).
- Realizando un total de 100 unidades de albañilería

3.3.3. Criterios de inclusión

- Se ensaya las unidades de 24 x 12 x 9 cm con dos orificios de 2" con el suelo de la zona .de Juscapampa del distrito de San Jerónimo.
- Suelo de la zona de Juscapampa del distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco.
- Se evalúa la variación dimensional, alabeo, absorción, resistencia a la compresión para la obtención de resultados.
- No tienen aristas fisuradas.
- Se ensayan aquellos prismas que tengan una edad de 28 días.
- Las unidades tienen una superficie uniforme.
- Se ensayan los prismas que no presenten daño alguno que pueda incidir en los resultados de la resistencia a compresión axial y diagonal.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

Son las guías de toma de datos para los ensayos que son necesarios para esta investigación los cuales serán mencionados a continuación para cada tipo de ensayo.

- Guía de observación de selección de suelo

Tabla 12: Hoja de recolección de datos de la selección del suelo

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERA CIVIL

TESIS: Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco

FICHA TECNICA Selección del suelo

CANTERA Zona Juscapanpa del distrito de San Jeronimo

TESISTAS: Escalante Aguirre Carlos Alberto
Gonzales Contreras David Irwins

LABORATORIO laboratorio de suelos Ingeomat Cusco

FECHA _____ **PROF. DE MUESTRA:** 30-50cm

Muestra	Arena %	Arcilla y limo %
M-1		
M-2		
M-3		

- Guía de observación de humedad natural, peso específico

Tabla 13: Hoja de recolección de datos de la humedad natural y peso específico

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERA CIVIL

TESIS: Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco

FICHA TECNICA Humedad natural, peso específico y peso volumetrico

CANTERA Zona Juscapanpa del distrito de San Jeronimo

TESISTAS: Escalante Aguirre Carlos Alberto
Gonzales Contreras David Irwins

LABORATORIO laboratorio de suelos Ingeomat Cusco

FECHA _____ **PROF. DE MUESTRA:** _____

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA	1	2	3
Peso de Tara (gr)			
P. del suelo humedo+tara (gr)			
P.del suelo seco + tara (gr)			
Peso del agua (gr)			
Peso del suelo seco (gr)			
% de humedad			
Promedio % de humedad			

PESO ESPECIFICO

MUESTRA	1	2	3
Peso frasco+agua+suelo (gr)			
Peso frasco + agua (gr)			
Peso suelo seco (gr)			
Peso suelo en agua (gr)			
Volumen del suelo cm3			
Peso específico gr/cm3			
Promedio gr/cm3			

- Guía de observación de granulometría por tamizado

Tabla 14: Hoja de recolección de datos de la granulometría del suelo

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERA CIVIL

TESIS: Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco

FICHA TECNICA: Granulometria por tamizado

CANTERA: Zona Juscapanpa del distrito de San Jeronimo

TESISTAS: Escalante Aguirre Carlos Alberto
Gonzales Contreras David Irwins

LABORATORIO: laboratorio de suelos Ingeomat Cusco

FECHA:

Peso muestra: _____ Peso tara: _____

Tamiz	Peso	retenido	Ret.acumulad	% que	%
Pulg	(mm)	Retenido	o %	pasa	Corregido
1 1/2"	38.1				
1"	25.4				
3/4"	19.05				
1/2"	12.7				
3/8"	9.525				
1/4"	6.35				
Nº4	4.76				
Nº8	2.38				
Nº16	1.19				
Nº30	0.59				
Nº40	0.426				
Nº50	0.297				
Nº60	0.25				
Nº100	0.149				
Nº200	0.074				
Fondo					
Pasa tamiz Nº 4 (5mm):			0.00	%	MF
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):			0.00	%	0.00

- Guía de observación para límites de consistencia

Tabla 15: Hoja de recolección de datos de los límites de consistencia

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERA CIVIL

TESIS: Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco

FICHA TECNICA: Determinación de límites de consistencia

CANTERA: Zona Juscapanpa del distrito de San Jeronimo

TESISTAS: Escalante Aguirre Carlos Alberto
Gonzales Contreras David Irwins

LABORATORIO: laboratorio de suelos Ingeomat Cusco

FECHA: _____ **PROF. DE MUESTRA:** _____

LIMITE LIQUIDO

Muestra	1	2	3	4
Peso de recipiente (gr)				
P.del suelo humedo + recip(gr)				
P. del suelo seco + recip (gr)				
Peso del agua (gr)				
Peso del suelo seco (gr)				
% de humedad				
numero de golpes				
Limite liquido				

LIMITE PLASTICO ASTM D-4318

Muestra	1	2	3
Peso de recipiente (gr)			
P.del suelo humedo + recip (gr)			
P. del suelo seco + recip (gr)			
Peso del agua (gr)			
Peso del suelo seco (gr)			
Limite plastico			
% Promedio			

- Guía de observación del ensayo de proctor modificado.

Tabla 16: Hoja de recolección de datos del ensayo de proctor modificado

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONA DE INGNIERA CIVIL				
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco			
FICHA TECNICA	Proctor modificado			
CANTERA	Zona Juscapanpa del distrito de San Jeronimo			
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins			
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco			
FECHA	PROF. DE MUESTRA:			
Nº de golpes / capa:	Nº capas:			
	Diametro:			
	Sobrecarga:			
	P. martillo:			
	altura:			
	volumen:			
Relacion Densidad-Humedad (Proctor modificado) ASTM D-1557				
Determinacion del contenido de humedad				
Muestra Nº	1	2	3	4
Peso del tarro (gr)				
Peso del tarro + muestra humeda				
Peso del tarro + muestra seca (gr)				
Peso del agua (gr)				
Peso del material seco (gr)				
Contenido de humedad (%)				
Determinacion de la densidad				
Contenido de humedad %				
Peso del suelo + molde (gr)				
Peso del molde (gr)				
Peso del suelo (gr)				
Densidad humeda (gr/cm3)				
Densidad seca (gr/cm3)				
				Densidad maxima (gr/cm3)
				Humedad optima %

- Guía de observación de la densidad de la unidad de albañilería

Tabla 17: Hoja de recolección de datos del ensayo de densidad de la unidad de albañilería

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONA DE INGNIERA CIVIL						
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco					
FICHA TECNICA	Densidad de la unidad de albañilería					
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins					
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco					
FECHA						
EDAD ESPECIMEN						
Densidad de unidad de albañilería						
Muestra	Dimensiones (cm)			volumen (cm3)	peso seco (gr)	Densidad (gr/cm3)
	largo	ancho	alto			
M-1						
M-2						
M-3						
M-4						
M-5						
Densidad prom. (gr/cm3)						

- Guía de observación del ensayo de variación dimensional

Tabla 18: Hoja de recolección de datos del ensayo de variación dimensional

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERA CIVIL

TESIS: Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco

FICHA TECNICA: Ensayo de variación dimensional
TESISTAS: Escalante Aguirre Carlos Alberto
Gonzales Contreras David Irwins
LABORATORIO: laboratorio de suelos Ingcomat Cusco
FECHA:
EDAD ESPECIMEN:

Variación de dimensiones

MUESTRA	LARGO (mm)					ANCHO (mm)					ALTO (mm)					
	L1	L2	L3	L4	Lprom	A1	A2	A3	A4	Aprm	H1	H2	H3	H4	Hprom	
M-1																
M-2																
M-3																
M-4																
M-5																
M-6																
M-7																
M-8																
M-9																
M-10																
Medida promedio (MP)																
Dimensión especificada (DE)																
Variación dimensional (V%)																

- Guía de observación del ensayo de alabeo

Tabla 19: Hoja de recolección de datos del ensayo de alabeo

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERA CIVIL

TESIS: Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco

FICHA TECNICA: Ensayo de Alabeo
TESISTAS: Escalante Aguirre Carlos Alberto
Gonzales Contreras David Irwins
LABORATORIO: laboratorio de suelos Ingcomat Cusco
FECHA:
EDAD ESPECIMEN:

MUESTRA	Cara superior(mm)							Cara inferior(mm)						
	lado Izquierdo		Centro		lado Derecho		Prom.	lado Izquierdo		Centro		lado Derecho		Prom.
	conc	conv	conc	conv	conc	conv		conc	conv	conc	conv	conc	conv	
M-1	2.1		2.2		2.0			2.1		2.2		2.0		
M-2	2.1		2.1		2.1			2.1		2.1		2.1		
M-3	1.8		1.4		1.5			1.8		1.4		1.5		
M-4	1.6		1.8		1.5			1.6		1.8		1.5		
M-5	2.3		3.0		2.1			2.3		3.0		2.1		
M-6	2.0		2.1		1.8			2.0		2.1		1.8		
M-7	2.0		2.4		1.7			2.0		2.4		1.7		
M-8	2.0		2.4		1.7			2.0		2.4		1.7		
M-9	2.0		2.5		1.7			2.0		2.5		1.7		
M-10	2.0		2.6		1.6			2.0		2.6		1.6		
	Media Promedio							Media Promedio						

Teniendo en cuenta que:

Concavo

Convexo

- Guía de observación del ensayo de resistencia a compresión axial de la unidad de albañilería

Tabla 20: Hoja de recolección de datos del ensayo de resistencia a compresión axial de la unidad de albañilería

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONA DE INGNIERA CIVIL

TESIS: Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco

FICHA TECNICA Ensayo de resistencia a la compresion axial por unidad
TESISTAS: Escalante Aguirre Carlos Alberto
 Gonzales Contreras David Irwins

LABORATORIO laboratorio de suelos Ingeomat Cusco

FECHA
EDAD ESPECIMEN

Ensayo de resistencia a la compresion de unidades

Muestra	Area bruta cm2	Area alveolo cm2	Area neta cm2	Carga rotura Lb	Carga rotura Kg
M-1					
M-2					
M-3					
M-4					
M-5					

Muestra	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
f'b Bruta kg/cm2					
Prom.					
Ds kg/cm2					
f'b Bruta kg/cm2					
f'b Neta kg/cm2					
Prom.					
Ds kg/cm2					
f'b Neta kg/cm2					

- Guía de observación del ensayo de absorción

Tabla 21: Hoja de recolección de datos del ensayo de absorción

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONA DE INGNIERA CIVIL

TESIS: Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco

FICHA TECNICA Ensayo de absorcion
TESISTAS: Escalante Aguirre Carlos Alberto
 Gonzales Contreras David Irwins

LABORATORIO laboratorio de suelos Ingeomat Cusco

FECHA
EDAD ESPECIMEN

Absorcion

Muestra	M-1 gr	M-2 gr	M-3 gr	M-4 gr	M-5 gr
Peso humedo de unidad					
Peso seco al horno (G3)					
P. saturado 24 h. (G4)					
% absorcion (A)					
Promedio % A					

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

- Guía de observación del ensayo del módulo de rotura

Tabla 22: Hoja de recolección de datos del ensayo de módulo de rotura

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL						
TESIS:		Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco				
FICHA TECNICA		Ensayo Modulo de rotura				
TESISTAS:		Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins				
LABORATORIO		laboratorio de suelos Ingeomat Cusco				
FECHA						
EDAD ESPECIMEN						
Muestra	L(cm)	A (cm)	H (cm)	P (kg)	dist. Entre varillas cm	f'b (kg/cm2)
M-1						
M-2						
M-3						
M-4						
M-5						
					promedio:	
					Ds kg/cm2:	
					f'b (kg/cm2)	

- Guía de observación del ensayo de módulo de elasticidad en unidades de albañilería

Tabla 23: Hoja de recolección de datos para el ensayo de módulo de elasticidad

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
TESIS:		Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco		
FICHA TECNICA		Ensayo modulo de elasticidad		
TESISTAS:		Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins		
LABORATORIO		laboratorio de suelos Ingeomat Cusco		
FECHA				
EDAD ESPECIMEN				
Nº	DEAL (Kg)	Area bruta (cm2)	ESFUERZO (Kg/cm2)	DEF. (mm)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

MODULO DE ELASTICIDAD

MODULO DE YOUNG (E)= ESFUERZO/(DEFORMACIÓN UNITARIA)

- Guía de observación del ensayo de resistencia a la compresión en pilas de albañilería

Tabla 24: Hoja de recolección de datos del ensayo de resistencia a la compresión de pilas

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONA DE INGNIERA CIVIL						
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco					
FICHA TECNICA	Ensayo resistencia a la compresion de pilas					
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins					
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco					
FECHA						
EDAD ESPECIMEN						
Especimen	Medidas (mm)			Edad dias	Carga rotura lb	
	Largo cm	Ancho cm	Alto cm			
M-1						
M-2						
M-3						
M-4						
M-5						
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	
Area (cm2)						
Pr (kg)						
f _i (kg/cm2)						
h/a						
C						
ai						
f' _i (kg/cm2)						
V%						
f'm kg/cm2						
Tabla relacion h/a con C						
relacion h/a	2	2.5	3	3.5	4	5
c	0.73	0.8	0.86	0.91	0.95	1

- Guía de observación del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería

Tabla 25: Hoja de recolección de datos del ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONA DE INGNIERA CIVIL						
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco					
FICHA TECNICA	Ensayo resistencia a la compresion diagonal en muretes					
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins					
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco					
FECHA						
EDAD ESPECIMEN						
Resistencia a la compresion diagonal de muretes						
Murete	Pmax (kg)	t (cm)	L (cm)	A (cm2)	Vm (kg/cm2)	Tipo de falla
M-1						
M-2						
M-3						
M-4						
M-5						
Promedio:						
Ds kg/cm2						
Vm kg/cm2						

- Guía de observación del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería

Tabla 26: Hoja para la recolección de datos para hallar el costo unitario de fabricación de una unidad de albañilería

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERA CIVIL						
TESIS: Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco						
FICHA TECNICA costo de fabricación de la unidad de albañilería						
TESISTAS: Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins						
LABORATORIO laboratorio de suelos Ingeomat Cusco						
FECHA						
EDAD ESPECIMEN						
analisis de precios unitario						
rendimiento:		und/dia		cost. unt. analizado por:		und
para:						
	unidad	cantidad	precio	parcial	sub total	total
mano de obra						
operario	hh					
oficial	hh					
materiales						
cemento	bols					
arena	m ³					
arcilla	kg					
agua	lt					
equipos						
Cinva ram	hm					
herramientas manuales	% M. de O.					

3.4.2. Instrumentos de ingeniería

Breve relación de los instrumentos de ingeniería utilizados.

- Balanza con capacidad de soportar 30 kg y precisión de 0.001.



Figura 25: Balanza

- Cuña de alabeo, 8 cm de largo.



Figura 26: Cuña de alabeo

- Regla metálica de 30 cm



Figura 27: Regla metálica

- Vernier de 6 pulg. Medida en mm, cm y pulgadas.



Figura 28: Vernier

- Máquina para el ensayo de compresión de pilas.



Figura 29: Máquina de compresión Humboldt

La máquina para ensayos de concreto, modelo pc-180, con funciones de operación y cálculo integradas, asegurando la precisión de los resultados, la máquina cumple con los requisitos de las normas nacionales e internacionales ASTM C-39, C-78, C-293, C-496

CARACTERÍSTICAS:

Rango de medición: 1000 kn

Clase de exactitud: 1% desde el 20% del rango

División de escala: 0.1 kn

- Máquina para el ensayo de compresión diagonal en muretes.



Figura 30: Máquina de compresión diagonal

Máquina adaptada para los ensayos de compresión diagonal del laboratorio Geotest Perú SAC.

- Horno eléctrico.



Figura 31: Horno eléctrico

Horno eléctrico de laboratorio para el secado homogéneo de materiales por convección mecánica, con recirculación forzada de aire.

- Capacidad de 198 litros

- Juego de tamices y tamizadora



Figura 32: Tamices ASTM y tamizadora

3.5. Procedimientos de recolección de datos

3.5.1. Selección del suelo

La primera etapa para el inicio de la investigación estuvo basada en la selección del suelo mediante un método experimental de decantación, llamado método de la botella, para poder observar las partículas que componen el suelo.

a) Equipos, herramientas y materiales

- Botella plástica de 600 ml
- Pico
- Agua
- Suelo

b) Procedimiento

- Primero, se tomó tres lugares de la zona de Juscapampa del distrito de San Jerónimo, de donde se tomaron muestras de suelo, seguidamente estas muestras se colocaron a las botellas en un 30 % de suelo y 70 % de agua, luego se agitaron en el recipiente dejándolo reposar por lo menos 45 minutos.
- Pasado los 45 minutos se procedió a identificar los componentes del suelo primero decanta la arena y sobre ella asienta el limo y la arcilla.



Figura 33: Probeta con suelo y agua

Estas muestras de arcilla fueron comparadas y se optó por el que contenga más cantidad de arena en su composición. Sin embargo, estos datos fueron corroborados con el ensayo de granulometría por tamizado.

c) Toma de datos

Se compararon los resultados de 3 muestras de suelo de distintos puntos de la zona de Juscapanpa, en los cuales se observó los siguientes resultados.

Tabla 27: Hoja de toma de datos para la Selección del suelo

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	
ESCUELA PROFESIONA DE INGIENIERA CIVIL	
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco
FICHA TECNICA	Selección del suelo
CANTERA	Zona Juscapanpa del distrito de San Jeronimo
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco
FECHA	PROF. DE MUESTRA: 30-50cm

Muestra	Arena %	Arcilla y limo %
M-1	15	85
M-2	10	80
M-3	5	95

3.5.2. Humedad natural, y peso específico**a) Referencias normativas**

- MTC E 108 ,MTC (2016)

b) Equipos, herramientas y materiales

- Tara
- Balanza
- Horno
- Frasco
- Molde
- Probeta

c) Procedimiento

- Para la humedad natural primeramente se pesó la tara vacía y se colocó la muestra de suelo y se volvió a pesar, seguidamente se llevó al horno por 24 horas, pasada las 24 horas se sacó para dejarlo enfriar y se procedió a medir su masa, para luego con los datos hallar el contenido de agua. Tal como se muestran en las siguientes figuras:



Figura 34: Peso de la tara



Figura 35: Peso tara más suelo



Figura 36: Muestra en el horno



Figura 37: Peso muestra seca

- Para hallar el peso específico, primero se selecciona el material que pase por el tamiz N°4, posteriormente se secó la muestra en el horno, terminado el secado se dejó enfriar. Para hallar los datos necesarios primero se pesó el frasco vacío, luego, se tomó el peso del frasco más el agua (llega hasta la parte inferior del menisco concuerde con la marca del envase), después de tomar su peso se botó el agua, se colocó la muestra de suelo y se llenó con agua hasta la mitad, se extrajo el aire atrapado dentro del suelo rotándolo con cuidado y dejándolo reposar mínimamente por 5 minutos para su sedimentación, seguidamente se tomó la medida del peso del frasco que contiene el agua y el suelo.



Figura 38: Tamizado de la muestra de suelo



Figura 39: Toma de peso del recipiente con agua



Figura 40: Recipiente con suelo y agua



Figura 41: Recipiente con suelo seco

d) Toma de datos

Tabla 28: Hoja de toma de datos de la humedad natural y peso específico del suelo

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONA DE INGNIERA CIVIL			
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco		
FICHA TECNICA	Humedad natural, peso específico		
CANTERA	Zona Juscapanpa del distrito de San Jeronimo		
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins		
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco		
FECHA	PROF. DE MUESTRA: 0.35m		
HUMEDAD NATURAL			
MUESTRA	1	2	3
Peso de Tara (gr)	67.00	67.00	67.00
P. del suelo humedo+tara (gr)	360.00	345.24	354.12
P.del suelo seco + tara (gr)	325.34	313.67	322.05
PESO ESPECIFICO			
MUESTRA	1	2	3
Peso frasco+agua+suelo (gr)	299.00	289.34	286.00
Peso frasco + agua (gr)	145.35	136.35	137.87
Peso suelo seco (gr)	238.98	229.34	227.42



3.5.3. Granulometría por tamizado

a) Referencias normativas

- MTC E 107, MTC (2016)

b) Equipos, herramientas y materiales

- Balanza
- Tamices de malla cuadrada
- Cepillo para limpiar los tamices
- Horno eléctrico
- Tamizadora automática
- Bandeja metálica
- Suelo

c) Procedimiento

- Primero se eligió una muestra de suelo y se realizó el cuarteo para tener una muestra representativa.
- Se colocó en una bandeja metálica la muestra de suelo y se la puso en el horno durante 24 horas para tener un suelo seco.
- La muestra seca, no fue necesaria lavarla con la malla número 200 para de esta manera no perder material.
- Seguidamente se tomó su peso seco inicial.
- Se instaló los tamices en orden en la parte superior se colocó los tamices de mayor tamaño de mallas seguidas por las menores.
- Se vertió la muestra en los tamices y se zarandea tapando al parte superior, en la máquina tamizadora automática.
- Se determinó el peso retenido por cada tamiz en una balanza.



d) Toma de datos

Tabla 29: Hoja de datos del ensayo de granulometría

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERA CIVIL						
TESIS:		Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco				
FICHA TECNICA		Granulometria por tamizado ASTM D1140-54				
CANTERA		Zona Juscapampa del distrito de San Jeronimo				
TESISTAS:		Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins				
LABORATORIO		laboratorio de suelos Ingeomat Cusco				
FECHA						
		Peso muestra:	302.78 gr	Peso tara:	0.065 kg	
Pulg	Tamiz (mm)	Peso Retenido	retenido parcial(%)	Ret.acumulad o %	% que pasa	% Corregido
1 1/2"	38.1	0.00				
1"	25.4	0.00				
3/4"	19.05	0.00				
1/2"	12.7	0.00				
3/8"	9.525	0.00				
1/4"	6.35	0.44				
Nº4	4.76	3.45				
Nº8	2.38	8.89				
Nº16	1.19	4.91				
Nº30	0.59	6.45				
Nº40	0.426	11.60				
Nº50	0.297	23.45				
Nº60	0.25	29.85				
Nº100	0.149	22.38				
Nº200	0.074	15.92				
Fondo		175.43				
Pasa tamiz Nº 4 (5mm):					%	MF
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):					%	



3.5.4. Límites de consistencia

a) Referencias normativas

- MTC E 110, MTC (2016)
- MTC E 111, MTC (2016)

b) Equipos, herramientas y materiales

- Copa de Casagrande
- Ranurador
- Tamices
- Horno eléctrico
- Balanza
- Suelo
- Jeringa

c) Procedimiento

- Para hallar el límite líquido, primero se tomó una muestra de suelo arcilloso secado al horno, luego se procedió cuartear y pesar la porción representativa, ya pesado se realizó el tamizado de la muestra y se conservó el material desde el tamiz número 40 hacia abajo.
- En un recipiente se tomó una porción de la muestra y con una jeringa procedimos a humedecerla, ya humedecida se mezcló constantemente hasta lograr que este planchada, y se la colocó en la cuchara de Casagrande, luego con el ranurador se procedió pasarlo por medio de la muestra y se extrajo una porción, seguidamente se dio vueltas a la manija y se contó el número de golpes, hasta lograr que cierre a 12 mm, posteriormente se procedió a sacar un pedazo de la muestra que se encuentra en la parte derecha de la cuchara de Casagrande, se tomó su peso y se puso la muestra en el horno durante 24 horas pasado estas horas se pesó en una balanza.



Figura 46: Adición de agua al suelo previamente tamizado



Figura 47: Muestra de suelo húmeda



Figura 48: Colocación de la muestra de suelo en la cuchara de casa grande



Figura 49: Conteo de golpes en el equipo de casa grande



Figura 50: Extracción de la muestra



Figura 51: Peso del recipiente



Figura 52: Toma del peso húmedo



Figura 53: Construcción de varillas con la muestra del suelo



Figura 54: Peso de las varillas húmedas

- Para obtener el límite plástico se sacó una porción del lado izquierdo y se realizaron los churros y los pesamos en la balanza, ya pesados se los puso en el horno por 24 horas habiendo pasado las 24 horas se sacó los churros secos y se pesaron en la balanza. Los procedimientos realizados se observan en las siguientes imágenes.



Figura 55 Secado al horno de las muestras



Figura 56: Toma de pesos en seco de las varillas



Figura 57: Peso de la muestra seca

d) Toma de datos

Tabla 30: Hoja con datos del ensayo de límites de consistencia

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL				
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco			
FICHA TECNICA	Determinación de límites de consistencia			
CANTERA	Zona Juscapanpa del distrito de San Jeronimo			
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins			
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco			
FECHA	PROF. DE MUESTRA:			
LIMITE LIQUIDO ASTM D-4318				
Muestra	1	2	3	4
Peso de recipiente (gr)	25.00	25.02	25.00	25.01
P.del suelo humedo + recip(gr)	55.20	33.83	35.40	37.91
P. del suelo seco + recip (gr)	42.82	30.13	30.80	32.11
Peso del agua (gr)				
Peso del suelo seco (gr)				
% de humedad				
numero de golpes				
$fr = (w2 - w1) / (n2 - n1)$				
$LL = fr(25) - fr * n2 + w1$				
LIMITE PLASTICO ASTM D-4318				
Muestra	1	2		
Peso de recipiente (gr)	25.00	25.00		
P.del suelo humedo + recip (gr)	31.36	46.32		
P. del suelo seco + recip (gr)	29.90	40.99		
Peso del agua (gr)				
Peso del suelo seco (gr)				
Limite plastico				
% Promedio				



3.5.5. Ensayo de Proctor modificado

a) Referencias normativas

- MTC E 115 , MTC (2016)

b) Equipos, herramientas y materiales

- Molde cilíndrico de 4” y 6”
- Collar de extensión
- Pisón o martillo
- Extractor de muestras
- Balanza
- Regla metálica
- Juego de tamices
- Horno de secado
- Herramientas de mezcla

c) Procedimiento

- Para este ensayo se eligió un molde de 6 pulg. Y compactado en 5 capas por 56 golpes por capa.
- Se utilizó el material seco el cual se pasó a través del tamiz $\frac{3}{4}$ ”.
- Se obtuvo una muestra de unos 20 kg y se cuarteo en porciones equitativas, cada porción equivale a un punto de la gráfica de la curva de compactación.
- Luego se procedió a pesar el molde con la base y sin el collar.
- Se colocó cada porción del cuarteo en bandejas con cantidades diferentes de agua para lograr humedades diferentes, la dosis de agua agregada es de acuerdo a la multiplicación del peso de la muestra con un porcentaje creciente. Primero se colocó 2% del peso, es decir si el peso es 5500 gr entonces 2% significa 110 gr.
- Se mezcló bien el agua con todo el material y se dividió en 5 porciones iguales.
- Luego se tomó una cantidad y se colocó en el molde armado.
- Seguidamente se compacto con el martillo, levantando el martillo y dejándolo caer libremente, la compactación se dio de forma circular, se formó por 5 capas cada capa se compacto por 56 golpes con el pisón.
- Después de compactar las 5 capas se retiró el collarín y se pesó el molde con el material compactado.
- Se pesó los tarritos que sirven para el contenido de humedad de las muestras compactadas.

- Los tarritos pesados fueron rellenos con el material compactado, luego pesados y luego secados al horno finalmente fueron pesados.

El procedimiento se realizó según (Bowles J. , 1981).

 <p>Figura 58: Tamizado de la muestra y cuarteo</p>	 <p>Figura 59: Toma de pesos de los equipos</p>	 <p>Figura 60: Peso de la muestra del suelo</p>
 <p>Figura 61: Toma de peso del cemento</p>	 <p>Figura 62: Medición del agua en la probeta</p>	 <p>Figura 63: Colocación del suelo con 2% de agua</p>
 <p>Figura 64: Limpieza de la superficie del molde</p>	 <p>Figura 65: Extracción del suelo compactado</p>	 <p>Figura 66: Toma del peso total molde más suelo compactado</p>



Figura 67: Extracción de la superficie compactada



Figura 68: Toma del peso del suelo extraído



Figura 69: Secado al horno de la muestra pesada

Fuente: propia

d) Toma de datos

Tabla 31: Datos obtenidos del ensayo de Proctor modificado

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONA DE INGNIERA CIVIL	
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco				
FICHA TECNICA	Proctor modificado				
CANTERA	Zona Juscapanpa del distrito de San Jeronimo				
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins				
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco				
FECHA					
Nº de golpes / capa:	56	Nº capas:	5	P. martillo:	10 Lbs
		Diametro:	15.1	altura:	12.2
		Sobrecarga:	10 Lbs	volumen:	2177.06
Relacion Densidad-Humedad (Proctor modificado) ASTM D-1557					
Determinacion del contenido de humedad					
Muestra N°	1 (w=2%)	2(w=4%)	3(w=6%)	4(w=8%)	
Peso del tarro (gr)	65.00	65.00	65.01	65.02	
Peso del tarro + muestra humeda	308.45	402.12	482.12	465.00	
Peso del tarro + muestra seca (gr)	298.72	386.89	453.74	434.53	
Peso del agua (gr)					
Peso del material seco (gr)					
Contenido de humedad (%)					
Determinacion de la densidad					
Contenido de humedad %	4.16	4.73	7.30	8.25	
Peso del suelo + molde (gr)	9902.00	10069.00	10071.00	10016.00	
Peso del molde (gr)	5763.00	5763.00	5763.00	5763.00	
Peso del suelo (gr)					
Densidad humeda (gr/cm3)					
Densidad seca (gr/cm3)					
				Densidad maxima (gr/cm3)	
				Humedad optima %	

3.5.6. Proceso de fabricación de las unidades de albañilería con suelo-cemento

a) Equipos, herramientas y materiales

- Suelo

- Cemento yura tipo IP
- Cimva Ram
- Balanza
- Recipiente
- Espátula
- Badilejo

b) Procedimiento

➤ Actividades predecesoras para la dosificación

- Elaboración de la máquina Cimva Ram modificada: Por medio de los planos y la colaboración de un personal técnico con experiencia en elaboración de maquinarias, se llegó a construir un equipo similar a la máquina Cimva Ram, esta máquina elaborada fue adaptada para la forma geométrica diseñada de acuerdo a las medidas de 24 cm x 12 cm x 9cm. La máquina cuenta con un tope en la parte de la palanca la cual hace que la unidad se comprima hasta los 9 cm y así mantener la misma presión en todas las unidades fabricadas.

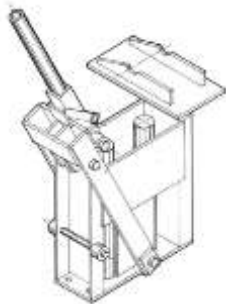


Figura 70: Esquema de la máquina Cimva Ram



Figura 71: Construcción de la máquina Cimva Ram modificada



Figura 72: Máquina Cimva Ram modificada concluida



Figura 73: Muestra previa utilizando la máquina Cimva Ram modificada

- Extracción del suelo: Fue realizada de la zona denominada Juscapampa del distrito de San Jerónimo de la provincia del Cusco, se trasladó hasta el laboratorio donde se elaboraron las unidades de albañilería. Es por ello que se sacó de la cantera un aproximado de 750 kg de tierra.

Al sacar la tierra del lugar, se desechó la primera capa vegetal y otros materiales orgánicos e inorgánicos.

La profundidad de la extracción del suelo se limitó por el tamaño que se puede llegar con las herramientas y técnicas empleadas para la extracción.

Para tener un mejor resultado en la granulometría, se espacío la tierra homogéneamente, con un tamaño de 20 cm para que el aire y el sol puedan ingresar, sobre una superficie plana y seca, ya que con la humedad natural y la cohesión entre partículas dificulta la realización del tamizado.



Figura 74: Suelo seco extraído de la zona de Juscapampa

- Tamizado: Con la finalidad de eliminar partículas superiores a $\frac{1}{4}$ " (6.35 mm), se realizó el tamizado del suelo seco, con este proceso se pretendió una eficiente compactación, así como el correcto uso y mantenimiento de los equipos utilizados, para esto se utilizó el tamiz de $\frac{1}{4}$ " para la selección del material adecuado.
- **Diseño de la dosificación y fabricación de las unidades de albañilería**
- De acuerdo a los antecedentes y otros artículos relacionados a la elaboración de ladrillos con suelo estabilizados con cemento los cuales mencionan que la cantidad del aglutinante depende de las propiedades del suelo y del mecanismo de compactación y que nuestro suelo es una arcilla con alta plasticidad, con presencia de poca arena en su composición de acuerdo a los datos obtenidos por el ensayo de tamizado, por tanto estos suelos al no poseer alto contenido de arena en su composición utilizan más cantidad de cemento en el diseño de mezcla, al buscar en

esta investigación minimizar la contaminación ambiental, se optó de acuerdo a los antecedentes y recomendaciones de la investigación de suelos aptos de Toirac Corral José, los siguientes parámetros para el diseño de mezcla.

- Ya que en la investigación se busca clasificar la unidad de albañilería utilizando suelo cemento y no se hizo una dosificación para lograr una resistencia a compresión específica, el diseño de mezcla fue a base de porcentaje de los pesos de los materiales que la componen y que de acuerdo al ensayo de proctor modificado realizado el cual nos da un 5.42 % de humedad se optó por 74.58% de suelo y 20 % de cemento, esto en base al antecedente de Título: “Análisis de la resistencia a la compresión de ladrillos prensados interconectables elaborados de barro, cagahua y puzolana, con adiciones de cemento, cumpliendo la norma ecuatoriana de la construcción (NEC 2015) (Medina Robalino & Chimbo Andy, 2015)”
- Obtenida la mezcla del suelo con el cemento se agregó el agua hasta lograr que la humedad sea uniforme, seguidamente se procedió a mezclar por unos minutos hasta obtener la humedad óptima mediante el ensayo de campo nombrado como “prueba de la muñeca”, el cual consiste en tomar un puñado de suelo humedecido el cual se aprieta con la mano, la dejamos caer observando que la mezcla se disgrega, en una cantidad considerable de terrones, similares a la mezcla original lo cual indica que la humedad era óptima.

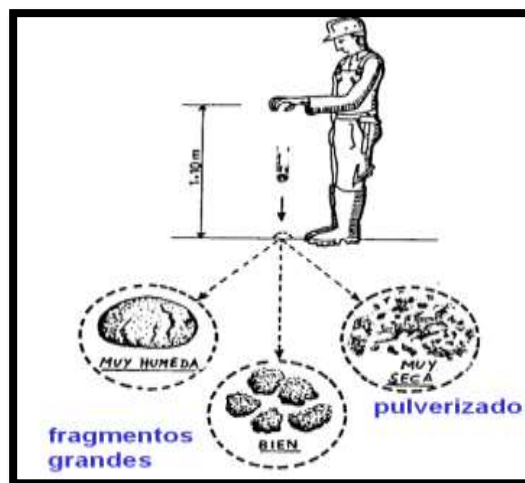


Figura 75: Prueba de la muñeca

Fuente: (Gatani, 2000)

- Para la elaboración de una unidad de albañilería en esta investigación se usó aproximadamente una dosificación en pesos de:

Suelo= 3356.1 gr, cemento= 900 gr, agua =243.9 mililitros, considerando desperdicios.

- Después se colocó la mezcla en la máquina Cimva Ram modificada, colocando la mezcla hasta el tope de la tapa de la máquina. Seguidamente se ejerce la presión mediante la palanca de la máquina hasta el tope, el cual indica que se llegó hasta los 9 cm deseados.
- Con la misma máquina se extrae la unidad compactada, ya que posee la cualidad de levantar las unidades hasta poder obtenerlas con las manos.
- Al extraer las unidades de albañilería de la máquina Cimva Ram modificada se procedió a llevarlas a un lugar seco y limpio para su secado a la intemperie.
- Al día siguiente de la elaboración de las unidades de albañilería tipo lego, elaboradas con suelo cemento se procedió a realizar el curado mediante una brocha.
- Los procesos se pueden ver a continuación en las siguientes figuras:



Figura 76: Peso del cemento



Figura 77: Peso del suelo seco



Figura 78: Máquina Cimva Ram modificada



Figura 79: Mezcla del suelo más el cemento



Figura 80: Medición del agua en probeta



Figura 81: Colocación de la muestra húmeda en la máquina Cimva Ram modificada



Figura 82: Elaboración de unidades de albañilería tipo lego con suelo-cemento

Figura 83: Colocación de la tapa de la máquina Cinva Ram modificada

Figura 84: Unidades de albañilería húmedas obtenidas

Figura 85: Curación de la unidad de albañilería con agua

Figura 86: Vista frontal de una de las caras de la unidad de albañilería

Figura 87: Curado de las unidades mediante la utilización de brocha

c) Toma de datos

Tabla 32: Dosificación en porcentaje para la fabricación de una unidad de albañilería

Dosificación de las unidades de albañilería en base a peso		
Cemento %	Suelo (arcilla y arena) %	Agua %
20	74.58	5.42

3.5.7. Densidad de la unidad de albañilería

a) Equipos, herramientas y materiales

- Balanza
- Regla de acero
- Horno eléctrico
- Unidades de suelo cemento

b) Procedimiento

- Se tomaron las unidades recién fabricadas a las cuales tomamos su peso luego procedimos a meterlas al horno durante 24 horas para su secado.
- Después del secado se siguió a tomar las dimensiones de las unidades tomando nota del largo, ancho, altura y así poder hallar su volumen.
- Finalmente se pesaron las unidades secas las cuales servirán para hallar la densidad de cada unidad.



Figura 88: Peso de la unidad de albañilería seca

Figura 89: Peso de la unidad de albañilería húmeda

c) Toma de datos

Tabla 33: Toma de datos del ensayo de densidad de la unidad de albañilería

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA						
ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERA CIVIL						
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco					
FICHA TECNICA	Densidad de la unidad de albañilería					
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins					
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco					
FECHA						
EDAD ESPECIMEN	24 horas					
Densidad de unidad de albañilería						
Muestra	Dimensiones (cm)			*volumen (cm ³)	peso seco (gr)	Densidad (gr/cm ³)
	largo	ancho	alto			
M-1	24.10	12.00	9.00		4214	
M-2	24.00	12.10	9.10		4275	
M-3	24.00	12.00	9.10		4206	
M-4	24.10	12.05	9.00		4198	
M-5	24.00	12.00	9.00		4186	
Densidad prom. (gr/cm³)						

3.5.8. Ensayo de variación dimensional

a) Referencias normativas

- NTP 399.613, NTP (2005)
- NTP 399.604, NTP (2005)

b) Equipos, herramientas y materiales

- Regla de acero inoxidable graduada al milímetro
- Calibrador de mordazas paralelas
- Unidades de suelo cemento

c) Procedimiento

- Se tomaron 10 muestras (unidades suelo cemento) de la población.
- Se midió el largo, ancho y alto de cada espécimen con la precisión de 1mm.



Figura 90: Medición de la medida de la cara superior de la unidad de albañilería



Figura 91: Medición de la altura de la unidad de albañilería



Figura 92: Medición de la altura de una cara lateral de la unidad de albañilería



Figura 93: Medición de la cara inferior de la unidad de albañilería

d) Toma de datos

Tabla 34: Toma de medidas de las unidades de albañilería

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL															
TESIS:		Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco													
FICHA TECNICA		Ensayo de variacion dimensional													
TESISTAS:		Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins													
LABORATORIO		laboratorio de suelos Ingcomat Cusco													
FECHA															
EDAD ESPECIMEN															
Variacion de dimensiones															
MUESTRA	LARGO (mm)					ANCHO (mm)					ALTO (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lprom	A1	A2	A3	A4	Aprom	H1	H2	H3	H4	Hprom
M-1	240.0	239.9	239.9	240.0		120.1	120	119.8	120		90.1	90.2	90	90	
M-2	240.0	240.0	239.9	240.0		120.1	120	120	120		90	90.1	90	90	
M-3	239.9	240.1	240.0	240.0		120	120	120	120		90	90	90	89.9	
M-4	240.0	240.0	239.9	240.0		120	120	120	120		90.1	90	90	90	
M-5	239.9	240.0	239.9	239.9		120	120	119.8	119.8		90	90	90	90	
M-6	240.0	240.1	240.0	239.9		120	120	120	120		90.1	90	90	90	
M-7	240.0	240.0	240.0	239.9		120	120	120	120		90	90	90	90.1	
M-8	239.9	240.0	240.0	240.0		120	120	120	120		90	90	90.1	90	
M-9	240.0	240.0	240.0	240.0		120	120	120	120		90	90	90	90	
M-10	239.8	240.0	240.0	240.0		120.1	120	120	120.1		90	90	90	90	
Medida promedio (MP)															
Dimension especificada (DE)															
Variacion dimensional (V%)															

Variacion dimensional $V\% = \frac{DE-MP}{DE} \times 100$

3.5.9. Alabeo

a) Referencias normativas

- NTP 399.613, NTP (2005)

b) Equipos, herramientas y materiales

- Regla graduada.
- Cuña.
- Unidades de suelo cemento

c) Procedimiento

- Se colocó la parte recta de una regla sobre las caras superiores e inferiores de las unidades de albañileara.
- Luego se colocó la cuña, y se realizó la lectura con la precisión de 1 mm.



Figura 94: Medición del alabeo en la parte izquierda de la cara superior de la unidad de albañilería



Figura 95: Medición del alabeo en la parte central de la cara superior de la unidad de albañilería



Figura 96: Medición del alabeo de la parte derecha de la cara inferior de la unidad de albañilería



Figura 97: Medición del alabeo de la parte central de la cara inferior de la unidad de albañilería

d) Toma de datos

Tabla 35: Toma de datos del ensayo de alabeo

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERA CIVIL

TESIS: Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco

FICHA TECNICA: Ensayo de Alabeo
TESISTAS: Escalante Aguirre Carlos Alberto
Gonzales Contreras David Irwins
LABORATORIO: laboratorio de suelos Ingeomat Cusco
FECHA:
EDAD ESPECIMEN:

MUESTRA	Cara superior(mm)						Cara inferior(mm)							
	lado izquierdo		Centro		lado Derecho		Prom.	lado izquierdo		Centro		lado Derecho		Prom.
conc	conv	conc	conv	conc	conv	conc		conv	conc	conv	conc	conv		
M-1	2.0		2.0		2.5		2.2	2.1		2.2		2.0		2.1
M-2	2.0		2.0		2.3		2.1	2.1		2.1		2.1		2.1
M-3	1.0		1.5		1.0		1.2	1.8		1.4		1.5		1.6
M-4	1.0		1.5		1.5		1.3	1.6		1.8		1.5		1.6
M-5	2.0		3.0		2.0		2.3	2.3		3.0		2.1		2.5
M-6	3.0		2.2		2.0		2.4	2.0		2.1		1.8		2.0
M-7	2.5		2.0		1.7		2.1	2.0		2.4		1.7		2.0
M-8	2.3		2.1		1.7		2.0	2.0		2.4		1.7		2.0
M-9	2.0		3.0		1.7		2.2	2.0		2.5		1.7		2.1
M-10	2.0		3.0		1.6		2.2	2.0		2.6		1.6		2.1
	Media Promedio						2.0	Media Promedio						2.0

Teniendo en cuenta que:

3.5.10. Resistencia a compresión axial por unidad

a) Referencias normativas

- NTP 399.604, NTP (2005)
- NTP 399.613, NTP (2005)

b) Equipos, herramientas y materiales

- Máquina de compresión controlada
- Unidades de suelo cemento



Figura 98: Ensayo de resistencia de compresión de la unidad de albañilería



Figura 99: Fisura mienta de la unidad de albañilería



Figura 100: Unidad de albañilería previa a su resistencia a compresión final



Figura 101: Unidad de albañilería post ensayo a la resistencia a compresión

c) Procedimiento

- Se eligió 5 de las 10 unidades de albañilería de suelo cemento elegidas con anterioridad.
- Se colocó la unidad de albañilería con una de sus caras mayores encima el apoyo de la máquina.

- Se realizó el descenso ligeramente de la rótula hasta tener un contacto encima de la cara superior de la muestra.
- Se aseguró que el eje de la rótula coincida con el eje longitudinal de la muestra.
- Se ejerció la carga y se toman los datos de la fuerza máxima registrada.

d) Toma de datos

Tabla 36: Obtención de datos del ensayo de resistencia a compresión axial de unidad de albañilería

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA					
ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERA CIVIL					
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco				
FICHA TECNICA	Ensayo de resistencia a la compresion axial por unidad				
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins				
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco				
FECHA					
EDAD ESPECIMEN					
Ensayo de resistencia a la compresion de unidades					
Muestra	Area bruta cm2	Area alveolo cm2	Area neta cm2	Carga rotura Lb	Carga rotura Kg
M-1	288.00	56.55	231.45	44320.12	20103.16
M-2	289.20	56.55	232.65	44335.14	20109.98
M-3	290.40	56.55	233.85	44345.35	20114.61
M-4	288.00	56.55	231.45	44324.00	20104.92
M-5	289.20	56.55	232.65	44321.25	20103.68
Muestra	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
f'b Bruta kg/cm2					
Prom.					
Ds kg/cm2					
f'b Bruta kg/cm2					
f'b Neta kg/cm2					
Prom.					
Ds kg/cm2					
f'b Neta kg/cm2					

3.5.11. Absorción

a) Referencias normativas

- NTP 399.604, NTP (2005)
- NTP 399.613, NTP (2005)

b) Equipos, herramientas y materiales

- Balanza
- Horno eléctrico
- Recipiente con agua
- Guantes de seguridad
- Franela

- Unidades de suelo cemento

c) Procedimiento

- Se eligió 5 unidades de albañilería de suelo cemento de las 10 elegidas de la muestra.
- Se colocó al horno hasta que consiga una masa constante, posteriormente, se retiró del horno y se enfrió a temperatura ambiente.
- Se procedió a pesar las muestras en seco.
- Una vez preparadas las muestras, se sumergió en el recipiente que contiene agua durante 24 horas.
- Al finalizar las 24 horas se sacan las muestras del recipiente y se secó el agua superficial con una franela y se procede a pesar.



Figura 102: Colocación de 05 unidades de albañilería en agua



Figura 103: Unidades de albañilería durante el proceso de absorción



Figura 104: Colocación de unidades de albañilería al horno durante 24 horas



Figura 105: Peso de la unidad de albañilería seca

d) Toma de datos

Tabla 37: Recolección de datos del ensayo de absorción

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL					
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco				
FICHA TECNICA	Ensayo de absorcion				
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins				
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco				
FECHA					
EDAD ESPECIMEN					
Absorcion					
Muestra	M-1 gr	M-2 gr	M-3 gr	M-4 gr	M-5 gr
Peso seco al horno (G3)	4210	4125	4189	4198	4189
P. saturado 24 h. (G4)	4692	4595	4653	4672	4668
% absorcion (A)					
Promedio % A					

$$A = \frac{G4 - G3}{G3} \times 100$$
3.5.12. Módulo de rotura**a) Referencias normativas**

- ASTM C78, ASTM (2015)

b) Equipos, herramientas y materiales

- Máquina de compresión
- Unidades de suelo cemento
- Regla metálica

c) Procedimiento

- Se colocó la unidad de suelo cemento sobre dos varillas ubicadas en cada extremo $d=18\text{cm}$.
- Después se descendió lentamente la carga puntual sobre el eje de la cara superior de la unidad de albañilería la cual está apoyada sobre las dos varillas.
- Una vez instalado todo se aplicó la carga a la muestra de forma continua hasta el punto de ruptura, anotando los datos de la carga máxima.



Figura 106: Unidad de albañilería en el ensayo de módulo de rotura

d) Toma de datos

Tabla 38: Recolección de datos el ensayo de módulo de rotura

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERA CIVIL 						
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco					
FICHA TECNICA	Ensayo Modulo de rotura					
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins					
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco					
FECHA						
EDAD ESPECIMEN						
Muestra	L(cm)	A (cm)	H (cm)	P (kg)	dist. Entre varillas cm	f'b (kg/cm ²)
M-1	24	12.00	9.00	125.00	18.00	
M-2	24.1	12.10	9.00	112.65	18.00	
M-3	24	11.98	9.10	137.52	18.00	
M-4	24	12.00	9.00	125.24	18.00	
M-5	24.1	12.00	9.00	108.12	18.00	
					promedio:	
					Ds kg/cm²:	
					f'b	
					(kg/cm²)	

3.5.13. Módulo de elasticidad

a) Referencias normativas

- ASTM C469, ASTM (2010)

b) Equipos, herramientas y materiales

- Máquina de compresión controlada
- Unidades de suelo cemento

c) Procedimiento

- Se eligieron unidades de albañilería en buen estado sin fisuras.
- Se debe de tener una maquina calibrada para evitar errores en la toma de datos.
- Las unidades de suelo cemento fueron colocadas al centro de la a la máquina de compresión.
- Se colocó el deformímetro, el cual mide la deformación existente
- Luego se procedió a ejercer la compresión controlada sobre la unidad.
- El proceso finaliza hasta alcanzar el punto de ruptura de la unidad.



Figura 107: Ensayo de módulo de elasticidad

d) Toma de datos

Tabla 39: Recolección de datos del ensayo de módulo de elasticidad

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
TESIS:		Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco			
FICHA TECNICA		Ensayo módulo de elasticidad			
TESISTAS:		Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwin laboratorio de suelos Ingeomat Cusco			
LABORATORIO		laboratorio de suelos Ingeomat Cusco			
FECHA					
EDAD ESPECIMEN					
Muestra 1					
N°	DEAL (Kg)	Area bruta (cm2)	ESFUERZO (Kg/cm2)	Def.(unif)	DEF. (mm)
1	1012	288,36			
2	1868	288,36			
3	2654	288,36			
4	2963	288,36			
5	3567	288,36			
6	4396	288,36			
7	5178	288,36			
8	5984	288,36			
9	6635	288,36			
10	7236	288,36			
11	8036	288,36			
12	8865	288,36			
13	9436	288,36			
14	10236	288,36			
15	11084	288,36			
16	11849	288,36			
17	12683	288,36			
18	13469	288,36			
19	14236	288,36			
20	15088	288,36			
21	16454	288,36			
22	18036	288,36			
23	19662	288,36			
24	21112	288,36			
25	23011	288,36			
26	24655	288,36			
27	23411	288,36			
28	18432	288,36			
29	7965	288,36			
30	1256	288,36			

3.5.14. Resistencia a la compresión de pilas de albañilería

a) Referencias normativas

- NTP 399.605, NTP (2018)

b) Equipos, herramientas y materiales

- Máquina de compresión
- Unidades de suelo cemento
- Tubos de PVC de 2" sap



Figura 108: Construcción de pilas



Figura 109: Colocación del capping en pilas conformadas por unidades de albañilería



Figura 110: Colocación de pilas en la máquina de compresión



Figura 111: Fisuras durante el ensayo de resistencia a compresión de pilas

c) Procedimiento

- Una vez que las unidades de albañilería de suelo cemento cumplieron 28 días de edad se construyeron las pilas para este ensayo.
- Se construyeron las pilas las cuales están conformadas por las 3 unidades y 2 tubos de PVC de 27 cm de largo cada una, y se aplicó una capa de unos 3mm de grosor en las caras de contacto con los cabezales del equipo de compresión.
- Finalizada la construcción de las pilas se colocó la muestra en la maquina compresora utilizando dos planchas las cuales corrigen las imperfecciones de las superficies del capping.
- Se aplicó una carga inicial a los prismas de un cuarto de la carga esperada. A si mismo se aplicó la carga faltante a una tasa uniforme en no menos de 2 y no más de 4 minutos.

- se aplicó la carga hasta lograr el fragmenta miento de las pilas y se tomaron nota de la carga máxima registrada en la pantalla de la máquina y del tipo de falla.

d) Toma de datos

Tabla 40: Recolección de datos del ensayo de resistencia a compresión de pilas

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONA DE INGNIERA CIVIL						
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco					
FICHA TECNICA	Ensayo resistencia a la compresion de pilas					
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins					
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco					
FECHA						
EDAD ESPECIMEN						
Especimen	Medidas (mm)			Edad días	Carga rotura lb	
	Largo cm	Ancho cm	Alto cm			
M-1	24.00	12.00	27.10	28.00	45360.25	
M-2	24.10	12.10	27.20	28.00	46026.25	
M-3	24.00	12.00	27.20	28.00	47124.80	
M-4	24.00	12.10	27.30	28.00	48923.42	
M-5	24.10	12.00	27.20	28.00	47536.45	
Area (cm ²)	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	
Pr (kg)	325.2	329.12	326.4	330.33	326.4	
F _m (kg/cm ²)	20575.05	20877.14	21375.43	22191.27	21562.15	
h/a						
C						
F _{mp} (kg/cm ²)						
D _s (kg/cm ²)						
V%						
Tabla relacion h/a con C						
relacion h/a	2	2.5	3	3.5	4	5
c	0.73	0.8	0.86	0.91	0.95	1

3.5.15. Resistencia a la compresión de muretes de albañilería

a) Referencias normativas

- NTP 399.621, NTP (2004)

b) Equipos, herramientas y materiales

- Máquina de compresión
- Unidades de suelo cemento
- Tubos de PVC de 2" sap

c) Procedimiento

- Una vez que las unidades de albañilería de suelo cemento cumplieron 28 días de edad se construyen los muretes para este ensayo.
- Se construyeron 3 muretes de 60 cm x 60 cm, las cuales están conformadas por las unidades de albañilería y 15 tubos de PVC de 60 cm de largo cada una, y se aplicó una capa de 3 mm de espesor en la cara superior e inferior del muro (capping), así como en las aristas del muro para estar en contacto con los ángulos del equipo de compresión.

- Finalizada la construcción de los muretes se colocaron las muestras en la máquina compresora de manera que estén centradas en las respectivas superficies de carda de la máquina de ensayo.
- Se colocaron deformímetros, colocados en la dirección de las dos diagonales.
- se aplicó la carga continua hasta la carga ultima, la carga aplicada sobre el murete es a una velocidad uniforme de 1 tonelada por minuto hasta provocar la rotura de los muretes procediendo a tomar nota de la carga máxima registrada en la pantalla de la máquina y del tipo de falla.



Figura 112: Construcción de muretes



Figura 113: Máquina para el ensayo de compresión diagonal en muretes



Figura 114: Colocación de capping en muretes



Figura 115: Colocación de murete en la máquina de compresión diagonal

d) Toma de datos

Tabla 41: Recolección de datos del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONA DE INGNIERA CIVIL		
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco					
FICHA TECNICA	Ensayo resistencia a la compresion diagonal en muretes					
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins					
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco					
FECHA						
EDAD ESPECIMEN						
Resistencia a la compresion diagonal de muretes						
Murete	Pmax (kg)	t (cm)	L (cm)	A (cm2)	Vm (kg/cm2)	Tipo de falla
M-1	4653	12	84.85	1018.20		
M-2	4418	12	84.86	1018.32		
M-3	4364	12	84.90	1018.80		
M-4	4588	12	84.89	1018.68		
M-5	4975	12	84.86	1018.31		
				Promedio:		
				Ds kg/cm2		
				Vm kg/cm2		

3.5.16. Recolección de datos para el costo en la fabricación de unidades de albañilería con suelo-cemento

a) Equipos, herramientas y materiales

- Cemento Yura tipo IP
- Unidades de suelo cemento
- Tubo PVC 2" SAP
- Arcilla

b) Procedimiento

- Primero se tomó el valor del rendimiento el cual está dado por las unidades que se pueden realizar en un día de trabajo (experiencia propia).
- La mano de obra está conformada por dos personas un operario y un oficial para poder realizar las actividades de elaboración de la unidad.
- Se toman las cantidades de cada material integrante de la unidad de acuerdo a su unidad y porcentaje de participación.

c) Toma de datos

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA						
ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERA CIVIL						
TESIS:	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco					
FICHA TECNICA	costo de fabricacion de la unidad de albañilería					
TESISTAS:	Escalante Aguirre Carlos Alberto Gonzales Contreras David Irwins					
LABORATORIO	laboratorio de suelos Ingeomat Cusco					
FECHA						
EDAD ESPECIMEN						
analisis de precios unitario						
rendimiento:	800	und/dia		cost.unt.analizado por:		
	unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	sub total
mano de obra						0.12
operario	hh	1	0.01	6.58	0.0658	
oficial	hh	1	0.01	5.87	0.0587	
materiales						0.52
cemento	bols		0.021	23	0.483	
arcilla	kg		3.356	0.01	0.034	
agua	lt		0.243	0.001	0.0004	
equipos						0.3
Cinva ram	hm	0.02	0.0002	1500	0.3	
herramientas manuales	% M. de O.		3	0.1245	0	0

3.6. Procedimiento de análisis de datos

3.6.1. Humedad natural y peso específico

a) Procedimiento o cálculos de la prueba

A continuación, se muestran los datos y resultados obtenidos para la muestra (m-1) y los resultados se muestran en la tabla de resultados para la humedad natural y para el peso específico.

- Para hallar la humedad natural se siguieron los siguientes cálculos con los datos obtenidos previamente.

$$W(\text{recipiente}) = W_r = 67 \text{ gr}$$

$$W(\text{recipiente y suelo humedo}) = W_{rsh} = 360 \text{ gr}$$

$$W(\text{suelo humedo}) = W_{sh}$$

$$W_{sh} = W_{rsh} - W_r$$

$$W_{sh} = 360 \text{ gr} - 67 \text{ gr}$$

$$W_{sh} = 293 \text{ gr}$$



- Después del secado de la muestra en 24 horas en el horno se tiene:

$$W(\text{recipiente y suelo seco}) = W_{rss} = 325.34 \text{ gr}$$

$$W(\text{suelo seco}) = W_{ss} = W_{rss} - W_r$$

$$W_{ss} = 325.34 \text{ gr} - 67 \text{ gr}$$

$$W_{ss} = 258.34 \text{ gr}$$

$$W(\text{agua}) = W_w = W_{sh} - W_{ss}$$

$$W_w = 293 \text{ gr} - 258.34 \text{ gr}$$

$$W_w = 34.66 \text{ gr}$$

$$\text{Humedad} = W = \frac{W_w}{W_{ss}} \times 100 \quad \dots (13)$$

$$W = \frac{34.66 \text{ gr}}{258.34 \text{ gr}} \times 100$$

$$W = 13.42 \%$$

- Para hallar el peso específico del suelo se siguieron los siguientes cálculos con los datos obtenidos previamente.

$$W(\text{frasco + agua + suelo}) = W_{fas} = 299 \text{ gr}$$

$$W(\text{frasco + agua}) = W_{fa} = 145.35 \text{ gr}$$

- Después del secado de la muestra en el horno por 24 horas se tiene:

$$W(\text{suelo seco}) = W_{ss} = 238.98 \text{ gr}$$

$$W(\text{suelo en agua}) = W_{sa} = W_{fas} - W_{fa}$$

$$W_{sa} = 299 \text{ gr} - 145.35 \text{ gr}$$

$$W_{sa} = 153.65 \text{ gr}$$

- Para hallar el peso específico se tiene los siguientes cálculos:

$$\text{Peso específico} = \gamma_s = \frac{W_{ss} * K}{W_{ss} + W_{fa} - W_{fas}} \quad \dots (12)$$

K: peso específico del agua

$$\gamma_s = \frac{238.98 \text{ gr} * 1 \text{ kg/cm}^3}{238.98 \text{ gr} + 145.35 \text{ gr} - 299 \text{ gr}}$$

$$\gamma_s = 2.80 \text{ gr/cm}^3$$

b) Diagrama, tablas

Tabla 42: Resultados de la humedad natural del suelo

HUMEDAD NATURAL			
MUESTRA	m-1	m-2	m-3
Peso de Tara (gr)	67.00	67.00	67.00
P. del suelo húmedo + tara (gr)	360.00	345.24	354.12
P. del suelo seco + tara (gr)	325.34	313.67	322.05
PROCESAMIENTO DE DATOS			
Peso del agua (gr)	34.66	31.57	32.07
Peso del suelo seco (gr)	258.34	246.67	255.05
% de humedad	13.42	12.80	12.57
Promedio % de humedad	12.93		

Tabla 43: Resultados del ensayo de peso específico del suelo

PESO ESPECIFICO			
MUESTRA	1	2	3
Peso frasco + agua + suelo (gr)	299.00	289.34	286.00
Peso frasco + agua (gr)	145.35	136.35	137.87
Peso suelo seco (gr)	238.98	229.34	227.42
PROCESAMIENTO DE DATOS			
Peso suelo en agua (gr)	153.65	152.99	148.13
Volumen del suelo cm ³	85.33	76.35	79.29
Peso específico gr/cm ³	2.8	3.00	2.87
Promedio gr/cm³	2.89		

c) Análisis de la prueba

- Como se puede apreciar la muestra natural contiene un 12.93 % de humedad, lo que indica que la mayor parte de su composición es sólida.
- Se puede decir que el resultado obtenido de 2.89 gr/cm³.

3.6.2. Análisis granulométrico

A continuación, se muestran los datos y resultados obtenidos en el ensayo de granulometría, los resultados se muestran en la tabla de resultados.

a) Procedimiento o cálculos de la prueba

Primero se halla la el peso de la muestra sin la tara.

$$\text{Peso tara} = 65 \text{ gr}$$

$$\text{Peso tara} + \text{muestra} = 367.78 \text{ gr}$$

$$\text{Peso muestra} = P_m = 367.78 \text{ gr} - 65 \text{ gr}$$

$$\text{Peso muestra} = 302.78 \text{ gr}$$

- Se toma los pesos del material retenido en cada tamiz.

Tabla 44: Peso retenido por tamices

Tamiz		Peso
Pulg	(mm)	Retenido
1 1/2"	38.1	0.00
1"	25.4	0.00
3/4"	19.05	0.00
1/2"	12.7	0.00
3/8"	9.525	0.00
1/4"	6.35	0.44
N°4	4.76	3.45
N°8	2.38	8.89
N°16	1.19	4.91
N°30	0.59	6.45
N°40	0.426	11.60
N°50	0.297	23.45
N°60	0.25	29.85
N°100	0.149	22.38
N°200	0.074	15.92
	Fondo	175.45

- Para hallar el porcentaje retenido, usamos la siguiente formula.

$$\% \text{ Retenido parcial} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{peso total}} \times 100$$



$$\% \text{ Retenido parcial en el tamiz } 1/4" = \frac{0.44gr}{302.78gr} \times 100$$

$$\% \text{ Retenido parcial en el tamiz } 1/4" = 0.15$$

- Para hallar el porcentaje retenido acumulado, usamos la siguiente formula.

$$\% \text{ Retenido acumulado} = \%R. \text{Acumulado} + \%R. \text{parcial}$$

$$\% \text{ Retenido acumulado en el tamiz } 1/4" = 0.15 + 0$$

$$\% \text{ Retenido acumulado en el tamiz } 1/4" = 0.15$$

- Teniendo estos datos se procede hallar el % que pasa cada tamiz

$$\% \text{ Que pasa} = 100 - \%R. \text{Acumulado}$$

$$\% \text{ Que pasa en el tamiz } 1/4" = 100 - 0.15$$

$$\% \text{ Que pasa en el tamiz } 1/4" = 99.85$$

- Para hallar el módulo de fineza del suelo se utilizó la siguiente formula:

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{Ret. Acum} (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", n^{\circ}4, n^{\circ}8, n^{\circ}16, n^{\circ}30, n^{\circ}50, n^{\circ}100)}{100} \dots (11)$$

$$MF = (0+0+0+0+1.28+4.22+5.84+7.97+19.55+36.80) / 100$$

$$MF = 0.76$$

b) Diagrama, tablas

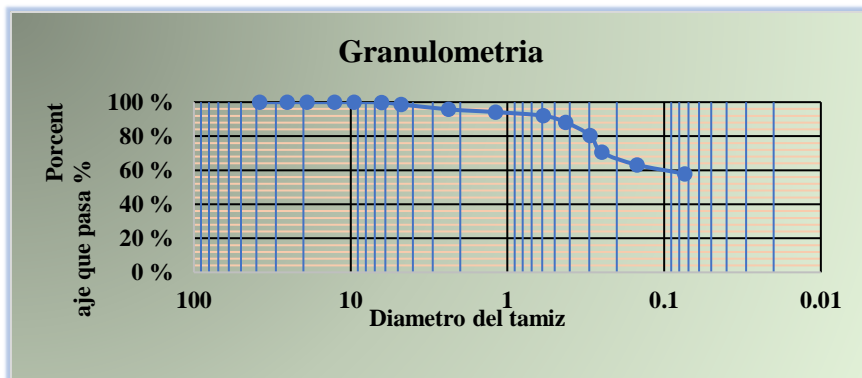
Tabla 45: Resultados ensayo de granulometría

Peso muestra: 302.78 gr

Peso tara: 0.065 kg

Tamiz		Peso	retenido	Ret. acumulado %	% que	%
Pulg	(mm)	Retenido	Parcial (%)		Pasa	Corregido
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
1/4"	6.35	0.44	0.15	0.15	99.85	0.00
N°4	4.76	3.45	1.14	1.28	98.72	0.00
N°8	2.38	8.89	2.94	4.22	95.78	0.00
N°16	1.19	4.91	1.62	5.84	94.16	0.00
N°30	0.59	6.45	2.13	7.97	92.03	0.00
N°40	0.426	11.60	3.83	11.80	88.20	0.00
N°50	0.297	23.45	7.74	19.55	80.45	0.00
N°60	0.25	29.85	9.86	29.41	70.59	0.00
N°100	0.149	22.38	7.39	36.80	63.20	0.00
N°200	0.074	15.92	5.26	42.06	57.94	0.00
Fondo		175.45	57.946	100.00	0.00	0.00
Pasa tamiz N° 4 (5mm):				98.72	%	MF
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):				57.94	%	0.76

Gráfico 1: Curva granulométrica



**c) Análisis de la prueba**

Debido a que el porcentaje que pasan la malla N° 200 es de 57.94% y este valor es mayor al 50% y que el material retenido en el tamiz número 200 es menor al 50%. Se concluye que el material es un suelo de grano fino

3.6.3. Límites de consistencia**a) Cálculos de la prueba**

A continuación, se muestran los datos y resultados obtenidos para la muestra (M-1) y los resultados se muestran en la tabla de resultados, para el límite líquido el límite plástico.

- Para hallar el límite líquido se siguieron los siguientes cálculos.

$$W(\text{recipiente}) = W_r = 25 \text{ gr}$$

$$W(\text{suelo humedo} + \text{recipiente}) = W_{shr} = 55.20 \text{ gr}$$

$$W(\text{suelo seco} + \text{recipiente}) = W_{ssr} = 42.82 \text{ gr}$$

$$\text{Numero de golpes} = 65$$

$$W(\text{agua}) = W_a = W_{shr} - W_{ssr}$$

$$W_a = 55.20\text{gr} - 42.82\text{gr}$$

$$W_a = 12.38 \text{ gr}$$

$$W(\text{suelo seco}) = W_{ss} = W_{ssr} - W_r$$

$$W_{ss} = W_{ssr} - W_r$$

$$W_{ss} = 42.82 \text{ gr} - 25 \text{ gr}$$

$$W_{ss} = 17.82 \text{ gr}$$

$$\% \text{ de humedad} = \frac{W_a}{W_{ss}} \times 100 \quad (13)$$

$$\% \text{ de humedad} = \frac{12.38\text{gr}}{17.82 \text{ gr}} \times 100$$

$$\text{numero de golpes} = 65$$

$$\% \text{ de humedad} = 69.485 \%$$

- Para hallar el límite plástico se siguieron los siguientes cálculos.

$$W(\text{recipiente}) = W_r = 25 \text{ gr}$$

$$W(\text{suelo humedo} + \text{recipiente}) = W_{shr} = 31.36 \text{ gr}$$

$$W(\text{suelo seco} + \text{recipiente}) = W_{ssr} = 29.90 \text{ gr}$$

$$W(\text{agua}) = W_a = W_{shr} - W_{ssr}$$



$$W_a = 31.36\text{gr} - 29.90\text{gr}$$

$$W_a = 1.46\text{gr}$$

$$W(\text{suelo seco}) = W_{ss} = W_{ssr} - W_r$$

$$W_{ss} = W_{ssr} - W_r$$

$$W_{ss} = 29.90\text{gr} - 25\text{gr}$$

$$W_{ss} = 4.90\text{ gr}$$

$$\text{Limite plastico} = \frac{W_a}{W_{ss}} \times 100$$

$$\text{Limite plastico} = \frac{1.46\text{ gr}}{4.90\text{gr}} \times 100$$

$$\text{Limite palstico} = 29.80\%$$

- Ya teniendo el LL y el LP se halla el índice Plástico.

$$\text{Indice de plasticidad} = \text{Limite Liquido} - \text{Limite Plastico}$$

$$\text{Indice de plasticidad} = 78.53 - 31.56$$

$$\text{Indice de plasticidad} = 46.96\%$$

b) Diagrama, tablas

Tabla 46: Cálculo del ensayo de límite líquido

LÍMITE LÍQUIDO				
Muestra	M-1	M-2	M-3	M-4
Peso de recipiente (gr)	25.00	25.02	25.00	25.01
P. del suelo húmedo + recipiente (gr)	55.20	33.83	35.40	37.91
P. del suelo seco + recipiente (gr)	42.82	30.13	30.80	32.11
Peso del agua (gr)	12.38	3.70	4.60	5.80
Peso del suelo seco (gr)	17.82	5.11	5.80	7.10
% de humedad	69.49	72.41	79.31	81.69
numero de golpes	65.00	51.00	21.00	11.00
$f_i = (w_2 - w_1) / (n_2 - n_1)$	-0.226			
$LL = f_i(25) - f_i \cdot n_2 + w_1$	78.53 %			

* $f_i = (\% \text{ de humedad (2)} - \% \text{ de humedad (1)}) / (\text{número de golpes (2)} - \text{número de golpes (1)})$

Gráfico 2: Curva del límite líquido

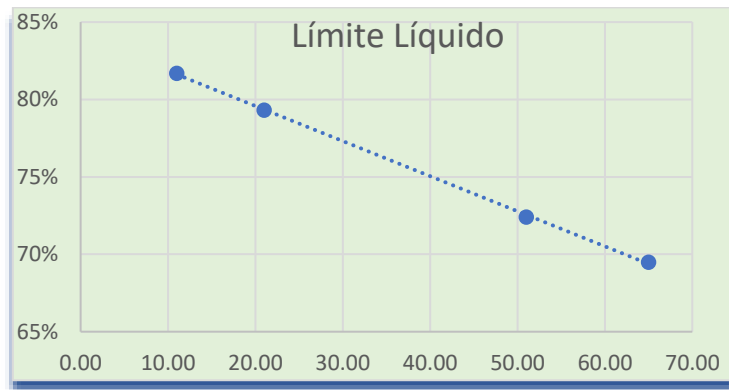


Tabla 47: Resultados del ensayo de límite plástico

Muestra	M-1	M-2
Peso de recipiente (gr)	25.00	25.00
P. del suelo húmedo + recipiente (gr)	31.36	46.32
P. del suelo seco + recipiente (gr)	29.90	40.99
Peso del agua (gr)	1.46	5.33
Peso del suelo seco (gr)	4.90	15.99
Límite plástico	29.80	33.33
% Promedio	31.56	

Tabla 48: Cuadro resumen de los límites de consistencia

Límite líquido %	78.53
Límite plástico %	31.56
Índice de plasticidad %	46.96

c) Análisis de la prueba

Del ensayo se tiene que el límite líquido es del 78.53% y que el límite plástico es de 31.56% lo cual nos da un índice de plasticidad de 46.96% lo que indica que el suelo es altamente plástico.

3.6.4. Cálculos de clasificación del suelo por el método SUCS

a) Cálculo de la prueba

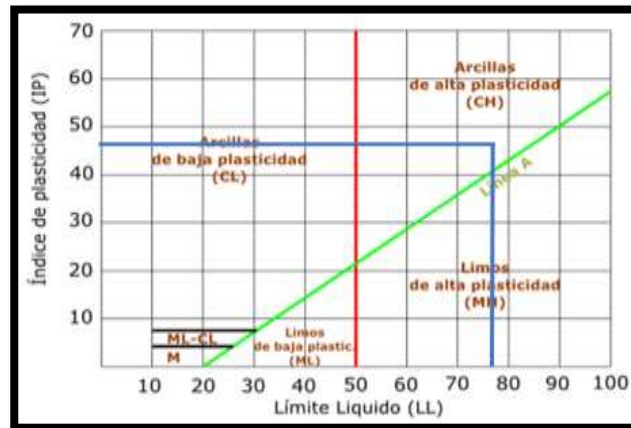
- Debido a que el porcentaje que pasan la malla N° 200 es de 57.94% y este valor es mayor al 50% y que el material retenido en el tamiz número 200 es menor al 50%. Se concluye que el material es un suelo de grano fino.

- De acuerdo a la gráfica de plasticidad SUCS y los resultados obtenidos del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad tenemos.

b) Diagrama, tablas

Sabiendo que el límite líquido es 78.53%, el límite plástico 31.56% y el índice de plasticidades de 46.56% entonces se tiene por la gráfica de plasticidad lo siguiente:

Gráfico 3: Índice de plasticidad vs límite líquido



Línea verde A: separa las arcillas que están en la parte superior y de los limos que se encuentran en la parte inferior.

Línea roja B: separa los suelos de baja plasticidad a la izquierda y suelos de alta plasticidad a la derecha

Línea azul: es la intersección del índice de plasticidad con el límite plástico, el punto de intersección es la clasificación que se le da al suelo.

c) Análisis de la prueba

De la gráfica de plasticidad SUCS, se puede observar que es una arcilla de alta plasticidad (CH)

3.6.5. Ensayo de proctor modificado

a) Cálculos de la prueba

- Para determinar el contenido de humedad

$$W_{\text{tarro}} = W_t = 65.00 \text{ gr}$$

$$W(\text{tarro} + \text{suelo húmedo}) = W_{\text{tsh}} = 308.45 \text{ gr}$$

$$W(\text{tarro} + \text{suelo seco}) = W_{\text{tss}} = 298.72 \text{ gr}$$

$$W(\text{agua}) = W_a = W_{\text{tsh}} - W_{\text{tss}}$$



$$W_a = 308.45 \text{ gr} - 298.72 \text{ gr}$$

$$W_a = 9.73 \text{ gr}$$

$$W(\text{suelo seco}) = W_{ss} = W_{tss} - W_t$$

$$W_{ss} = 298.72 - 65.00 \text{ gr}$$

$$W_{ss} = 233.72 \text{ gr}$$

$$\text{Contenido de Humedad} = CH = \frac{W_a}{W_{ss}} \times 100 \quad (13)$$

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{9.73}{233.72} \times 100$$

$$\text{Contenido de Humedad} = 4.16\%$$

- Para determinar la densidad se realizaron los siguientes cálculos

$$W(\text{suelo} + \text{molde}) = W_{sm} = 9902.00 \text{ gr}$$

$$W(\text{molde}) = W_m = 2177.06 \text{ gr}$$

$$W(\text{suelo}) = W_s = W_{sm} - W_m$$

$$W_s = 9902.00 \text{ gr} - 5763.00 \text{ gr}$$

$$W_s = 4139.00 \text{ gr}$$

$$\text{Densidad húmeda} = \frac{W_s}{V_m} \dots (14)$$

$$\text{Densidad húmeda} = \frac{4139.00 \text{ gr}}{2177.06 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Densidad húmeda} = 1.901 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Densidad seca} = \left[\frac{\text{Densidad húmeda}}{(\text{Contenido de humedad} + 100)} \right] \times 100 \dots (15)$$

$$\text{Densidad seca} = \left[\frac{1.901}{(4.16 + 100)} \right] \times 100$$

$$\text{Densidad seca} = 1.825 \text{ gr/cm}^3$$

Densidad seca 1 : 1.825 gr/cm³

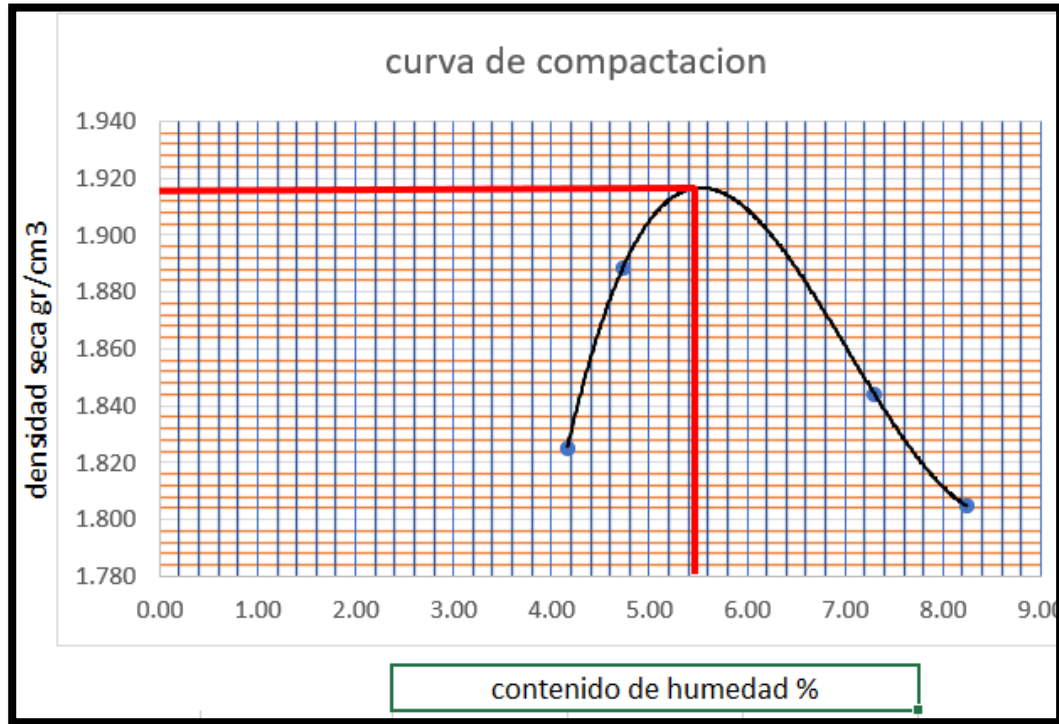
Densidad seca 2 : 1.889 gr/cm³

Densidad seca 3 : 1.844 gr/cm³

Densidad seca 4: 1.805 gr/cm³

b) Diagrama, tablas

Gráfico 4: Densidad seca vs contenido de humedad del ensayo de compactación



Puntos azules: Puntos obtenidos del ensayo

Curva: Curva que relaciona la densidad seca con la humedad

Línea roja: Intersección entre la densidad seca con el contenido de humedad

c) Análisis de la prueba

De la curva grafica se puede apreciar que se logra una alta densidad seca de 1.98 gr/cm³, con un contenido de humedad de 5.42 %.

3.6.6. Ensayo de variación dimensional**a) Cálculos de la prueba**

Para el cálculo de este ensayo se tomó como ejemplo la muestra M-1 para el largo de la unidad, los resultados se aprecian en la tabla de resultados.

- Para hallar la variación dimensional se siguen los siguientes cálculos:

$$\text{Largo promedio} = \left[\frac{\sum \text{medidas de Muestras}}{4} \right]$$

$$\text{Largo promedio} = \left[\frac{240 + 239 + 239 + 240}{4} \right]$$

$$\text{Largo promedio (M - 1)} = 239.50 \text{ mm}$$

$$\text{Variación dimensional \%} = \left[\frac{DE - MP}{DE} \right] \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Medida promedio de las muestras (MP)} = 239.07$$

$$\text{Variación dimensional \%} = \left[\frac{240 - 239.07}{240} \right] \times 100$$

$$\text{Variación dimensional largo \%} = 0.389$$

b) Diagrama, tablas

Tabla 49: Resultados de los cálculos del ensayo de variación dimensional

MUESTRA	LARGO (mm)					ANCHO (mm)					ALTO (mm)						
	L1	L2	L3	L4	Lprom	A1	A2	A3	A4	Aprom	H1	H2	H3	H4	Hprom		
M-1	240.0	239	239	240.0	239.50	121	120	119	120	120	91	92	90	90	90.75		
M-2	240.0	240.0	238.0	240.0	239.50	121	120	120	120	120.25	90	91	90	90	90.25		
M-3	239.0	241.0	240.0	240.0	240.00	118	120	120	120	119.5	90	90	90	89	89.75		
M-4	240.0	241.0	239.0	240.0	240.00	120	120	120	120	120	91	89	90	90	90		
M-5	239.0	240.0	238.0	239.9	239.23	117	120	119	119	118.75	90	89	91	90	90		
M-6	240.0	241.0	240.0	239.9	240.23	120	119	120	120	119.75	91	89	90	90	90		
M-7	241.0	214.0	240.0	239.9	233.73	120	119	121	120	120	90	90	89	91	90		
M-8	239.0	240.0	242.0	240.0	240.25	120	120	121	120	120.25	90	90	91	90	90.25		
M-9	240.0	237.0	237.0	240.0	238.50	118	120	120	120	119.5	90	90	90	90	90		
M-10	239.0	240.0	240.0	240.0	239.75	121	120	120	121	120.5	90	90	90	90	90		
Medida promedio (MP)					239.07						119.85						90.10
Dimensión especificada (DE)					240						120						90
Variación dimensional (V%)					0.389						0.125						0.111

c) Análisis de la prueba

De los resultados obtenidos del cuadro anterior, se concluye que la variación dimensional del largo de la unidad es de 0.38 %, del ancho un 0.125 % y de la altura un 0.111%.

3.6.7. Densidad de la unidad de albañilería

a) Cálculos de la prueba

- Medidas de la unidad de albañilería: largo= 24.10 cm, ancho= 12 cm, alto= 9 cm
- Para hallar el volumen:

$$\text{Volumen de la unidad} = \text{Largo} \times \text{ancho} \times \text{alto}$$

$$\text{Volumen de la unidad} = 24.10 \times 12 \times 9$$

$$\text{Volumen de la unidad} = 2348.33 \text{ cm}^3$$

$$\text{Peso seco de la unidad} = 4214 \text{ gr}$$

$$\text{Densidad de la unidad} = \frac{\text{Peso seco de la unidad gr}}{\text{volumen de la unidad cm}^3} \dots (14)$$

$$\text{Densidad de la unidad} = \frac{4214}{2348.33}$$

$$\text{Densidad de la unidad} = 1.794 \text{ gr/cm}^3$$

b) Diagrama, tablas

Tabla 50: Resultados de la densidad de la unidad de albañilería

Muestra	Dimensiones (cm)			*volumen (cm3)	peso seco (gr)	Densidad (gr/cm3)
	largo	ancho	alto			
M-1	24.10	12.00	9.00	2348.33	4214	1.794
M-2	24.00	12.10	9.10	2385.34	4275	1.792
M-3	24.00	12.00	9.10	2363.50	4206	1.780
M-4	24.10	12.05	9.00	2359.18	4198	1.779
M-5	24.00	12.00	9.00	2337.53	4186	1.791
Densidad prom. (gr/cm3)						1.787

c) Análisis de la prueba

De las cinco muestras se puede apreciar que el volumen vario entre 2337.53 cm³ a 2385.34 cm³ lo cual nos da un promedio de la densidad de 1.787 gr/cm³

3.6.8. Alabeo

a) Cálculos de la prueba

Cálculos para la muestra 1 (M-1), los resultados obtenidos se muestran en la tabla de resultados

$$\text{Alabeo} = \frac{\text{Suma de medidas}}{\text{numero de medidas}}$$

$$\text{Alabeo} = \frac{(2.1 + 2.2 + 2.0)}{3} = 2.1\text{mm}$$

$$\text{Alabeo} = \frac{\text{Suma de medidas promedio}}{\text{numero de medidas promedio}}$$

$$\text{Alabeo promedio} = \frac{(2.1 + 2.1 + 1.6 + 1.6 + 2.5 + 2.0 + 2.0 + 2.0 + 2.1 + 2.1)}{10}$$

$$\text{Alabeo promedio} = 2.0 \text{ mm}$$

b) Diagrama, tablas

Tabla 51: Resultados del ensayo de alabeo

MUESTR	Cara superior(cm)							Cara inferior(cm)							Prom
	lado Izquierdo		Centro		lado Derecho		Prom	lado Izquierdo		Centro		lado Derecho			
	con c	con v	con c	con v	con c	con v		con c	con v	con c	con v	con c	con v		
M-1	0.2		0.2		0.3		0.2	0.2		0.2		0.2		0.2	
M-2	0.2		0.2		0.2		0.2	0.2		0.2		0.2		0.2	
M-3	0.1		0.2		0.1		0.1	0.2		0.1		0.2		0.2	
M-4	0.1		0.2		0.2		0.1	0.2		0.2		0.2		0.2	
M-5	0.2		0.3		0.2		0.2	0.2		0.3		0.2		0.2	
M-6	0.3		0.2		0.2		0.2	0.2		0.2		0.2		0.2	
M-7	0.3		0.2		0.2		0.2	0.2		0.2		0.2		0.2	
M-8	0.2		0.2		0.2		0.2	0.2		0.2		0.2		0.2	
M-9	0.2		0.3		0.2		0.2	0.2		0.3		0.2		0.2	
M-10	0.2		0.3		0.2		0.2	0.2		0.3		0.2		0.2	
Media Promedio							0.2	Media Promedio							0.2

c) Análisis de la prueba

De los ensayos realizados de alabeo se obtuvo que la media promedio que existe tanto en la cara superior y cara inferior es de 0.2 cm



3.6.9. Ensayo resistencia a la compresión de la unidad de albañilería

a) Cálculos de la prueba

Cálculos para la muestra 1 (M-1), los resultados obtenidos se muestran en la tabla de resultados

- Para hallar el Área bruta

$$\text{Area bruta} = Ab = \text{Largoxancho}$$

$$Ab = 24 \times 12$$

$$Abruta = 288.00 \text{ cm}^2$$

- Para hallar el Área neta

$$\text{Area alveolo} = Aa = \pi r^2$$

$$Aa = \pi(3)^2$$

$$Aa = 28.27 \text{ cm}^2$$

$$Aa = 2 * 28.26 \text{ cm}^2 = 56.55 \text{ cm}^2$$

$$\text{Area neta} = Ab - Aa$$

$$\text{Area neta} = An = 288 \text{ cm}^2 - 56.55 \text{ cm}^2$$

$$\text{Area neta} = An = 231.45 \text{ cm}^2$$

- Transformar las unidades de la carga de rotura de libras a kilogramos

$$\text{Carga de rotura} = Pu = 44320.12 \text{ lb}$$

$$\text{Carga de rotura} = Pu = 44320.12 * 0.45359$$

$$\text{Carga de rotura} = Pu = 20103.16 \text{ kg}$$

- Para hallar la $f'b$ bruta se utilizó la formula (2)

$$f'b \text{ bruta} = \frac{Pu}{Ab}$$

$$f'b \text{ bruta} = \frac{20103.16 \text{ kg}}{288.00 \text{ cm}^2} \quad (2)$$

$$f'b \text{ bruta} = 60.80 \text{ kg/cm}^2$$



- Promedio de las f'b de todas las muestras obtenidas

$$\text{Promedio f'b bruta} = \frac{\sum_1^n f'b \text{ bruta}}{n}$$

n= número de muestras

$$\text{Promedio f'b bruta} = \frac{(69.80 + 68.54 + 69.27 + 69.81 + 69.51)}{5}$$

$$\text{Promedio f'b bruta} = 69.59 \text{ kg/cm}^2$$

- Hallando la desviación estándar

La desviación estándar: Es una medida de dispersión para un conjunto de datos, mientras mayor es la desviación estándar, mayor es la dispersión.

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum (xi - x_{\text{promedio}})^2}{n - 1}}$$

$$Ds = \sqrt{\frac{(69.80 - 69.59)^2 + (69.54 - 69.59)^2 + (69.27 - 69.59)^2 + (69.51 - 69.59)^2}{4}}$$

$$Ds = 0.23 \text{ kg/cm}^2$$

- Hallando la f'b bruta

$$f'b \text{ bruta} = \text{Promedio f'b bruta} - Ds \dots (3)$$

$$f'b \text{ bruta} = 69.59 - 0.23$$

$$f'b \text{ bruta} = 69.36 \text{ kg/cm}^2$$

- Hallando la f'b neta

$$f'b \text{ neta} = \frac{Pu}{An} \quad (2)$$

$$f'b \text{ neta} = \frac{20103.16 \text{ kg}}{231.45 \text{ cm}^2}$$

$$f'b \text{ neta} = 86.86 \text{ kg/cm}^2$$

- Promedio de las f'b neta de todas las muestras obtenidas

$$\text{Promedio } f'b \text{ neta} = \frac{\sum_1^n f'b \text{ neta}}{n}$$

$$\text{Promedio } f'b \text{ neta} = \frac{(86.68 + 86.44 + 86.01 + 86.86 + 86.41)}{5}$$

$$\text{Promedio } f'b \text{ neta} = 86.52 \text{ kg/cm}^2$$

- Hallando la desviación estándar

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum (xi - x_{\text{promedio}})^2}{n - 1}}$$

$$Ds = \sqrt{\frac{(86.86 - 86.52)^2 + (86.44 - 86.52)^2 + (86.01 - 86.52)^2 + (86.86 - 86.52)^2 + (86.41 - 86.52)^2}{4}}$$

$$Ds = 0.36 \text{ kg/cm}^2$$

- Hallando la $f'b$ neta

$$f'b \text{ neta} = \text{Promedio } f'b \text{ neta} - Ds \quad (3)$$

$$f'b \text{ neta} = 86.52 - 0.36$$

$$f'b \text{ neta} = 86.16 \text{ kg/cm}^2$$

b) Diagrama, tablas

Tabla 52: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial

Ensayo de resistencia a la compresión de unidades

Muestra	Área bruta cm ²	Área alveolo cm ²	Área neta cm ²	Carga rotura Lb	Carga rotura Kg
M-1	288.00	56.55	231.45	44320.12	20103.16
M-2	289.20	56.55	232.65	44335.14	20109.98
M-3	290.40	56.55	233.85	44345.35	20114.61
M-4	288.00	56.55	231.45	44324.00	20104.92
M-5	289.20	56.55	232.65	44321.25	20103.68

Ensayo de resistencia a la compresión de unidades

Muestra	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
f'b bruta kg/cm ²	69.80	69.54	69.27	69.81	69.51
Prom.	69.59				
Ds kg/cm ²	0.23				
f'b bruta kg/cm ²	69.36				
f'b neta kg/cm ²	86.86	86.44	86.01	86.86	86.41
Prom.	86.52				
Ds kg/cm ²	0.36				
f'b neta kg/cm ²	86.16				

c) Análisis de la prueba

De los datos y procesos de cálculos realizados podemos afirmar que la resistencia a compresión axial de las unidades de albañilería es de 86.16 kg/cm²

3.6.10. Absorción

Cálculos para la muestra 1 (M-1), los resultados obtenidos se muestran en la tabla de resultados.

a) Cálculos de la prueba

$$W(\text{seco horno}) = W_{sh} = 4210 \text{ gr}$$

$$W(\text{saturado}) = W_{sat} = 4692 \text{ gr}$$

Para hallar la absorción se utilizó la fórmula (6)

$$\text{Absorción} = A\% = \left[\frac{W_{sat} - W_{sh}}{W_{sh}} \right] \times 100 \quad (6)$$

$$\text{Absorción} = A\% = \left[\frac{4692 - 4210}{4210} \right] \times 100 = 11.449\%$$

- Hallando los promedios de absorciones A% de las muestras

$$\text{Promedio } A\% = \left[\frac{\sum_1^n A\%}{n} \right]$$

$$\text{Promedio A\%} = \left[\frac{11.449 + 11.394 + 11.077 + 11.291 + 11.435}{5} \right]$$

$$\text{Promedio A \%} = 11.329$$

b) Diagrama, tablas

Tabla 53: Resultados del ensayo de absorción

Absorción					
Muestra	M-1 (gr)	M-2 (gr)	M-3 (gr)	M-4 (gr)	M-5 (gr)
Peso seco al horno (Wsh)	4210	4125	4189	4198	4189
Peso saturado (Wsat)	4692	4595	4653	4672	4668
A%	11.449	11.394	11.077	11.291	11.435
Promedio A%	11.329				

c) Análisis de la prueba

De los datos y cálculos correspondientes indican que el promedio de absorción de las unidades de albañilería es de 11.329%

3.6.11. Ensayo de módulo de ruptura

Cálculos para la muestra 1 (M-1), los resultados obtenidos se muestran en la tabla de resultados

a) Cálculos de la prueba

- Hallando f'_{br}

$$\text{Carga aplicada} = P_u = 125.00\text{kg}$$

$$\text{Dist. entre varillas} = L = 18\text{cm}$$

$$\text{Ancho} = A = 12\text{ cm}$$

$$\text{Altura} = H = 9\text{ cm}$$

Para hallar el módulo de ruptura se utilizó la formula (4)

$$f'_{br} = \frac{3(P_u)(L)}{2(A)(H)^2} \quad (4)$$

$$f'_{br} = \frac{3(125)(18)}{2(12)(9)^2}$$

$$f'br = 3.47 \text{ kg/cm}^2$$

- Hallando el promedio de $f'br$ de todas las muestras

$$\text{Promedio } f'br = \left[\frac{\sum_1^n f'br}{n} \right]$$

$$\text{Promedio } f'br = 3.36 \text{ kg/cm}^2$$

- Hallando la desviación estándar

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum (xi - x_{\text{promedio}})^2}{n - 1}}$$

$$Ds = 0.28 \text{ kg/cm}^2$$

- Hallando $f'b$ final

$$f'br = \text{Promedio } f'br - Ds$$

$$f'br = 3.36 - 0.28$$

$$f'br = 3.08 \text{ kg/cm}^2$$

b) Diagrama, tablas

Tabla 54: Resultados del ensayo de módulo de rotura

Muestra	L(cm)	A (cm)	H (cm)	P (kg)	dist. Entre varillas cm	f'b (kg/cm ²)
M-1	24	12.00	9.00	125.00	18	3.47
M-2	24.1	12.10	9.00	112.65	18	3.10
M-3	24	11.98	9.10	137.52	18	3.74
M-4	24	12.00	9.00	125.24	18	3.48
M-5	24.1	12.00	9.00	108.12	18	3.00
promedio:						3.36
Ds kg/cm²:						0.28
f'b (kg/cm²)						3.08

c) Análisis de la prueba



De los cálculos se obtuvo que el módulo de rotura es de 3.08 kg/cm²

3.6.12. Ensayo de módulo de elasticidad

A continuación, se observa los cálculos realizados:

a) Cálculos de la prueba

Para la muestra 1 (M-1)

- Para hallar el área se tiene:

$$Area = Largo \times Ancho$$

$$Area = 24.11 \times 11.96$$

$$Area = 288.36 \text{ cm}^2$$

- Para hallar el esfuerzo se tiene:

$$Esfuerzo = \frac{CARGA APLICADA}{AREA}$$

$$Es = \frac{24655}{288.36}$$

$$Es = 85.50 \text{ Kg/cm}^2$$

- Para hallar el módulo de elasticidad se tiene:

$$\text{Modulo de elasticidad} = \frac{Esfuerzo (Es)}{Deformacion unitaria} \dots (7)$$

$$\text{Modulo de elasticidad} = \frac{85.50 \text{ kg/cm}^2}{0.0310}$$

$$\text{Modulo de elasticidad} = 2,758.06 \text{ kg/cm}^2$$

Para la muestra 2 (M-2)

- Para hallar el área se tiene:

$$Area = Largo \times Ancho$$

$$Area = 24.01 \times 12.03$$

$$Area = 288.84 \text{ cm}^2$$

- Para hallar el esfuerzo se tiene:



$$\text{Esfuerzo} = \frac{\text{CARGA APLICADA}}{\text{AREA}}$$

$$Es = \frac{24655}{288.84}$$

$$Es = 85.36 \text{ Kg/cm}^2$$

- Para hallar el módulo de elasticidad se tiene:

$$\text{Modulo de elasticidad} = \frac{\text{Esfuerzo (Es)}}{\text{Deformacion unitaria}} \dots (7)$$

$$\text{Modulo de elasticidad} = \frac{85.36 \text{ kg/cm}^2}{0.0352}$$

$$\text{Modulo de elasticidad} = 2,425.00 \text{ kg/cm}^2$$

Para la muestra 3 (M-3)

- Para hallar el área se tiene:

$$\text{Area} = \text{LargoxAncho}$$

$$\text{Area} = 23.89 \times 12.06$$

$$\text{Area} = 288.11 \text{ cm}^2$$

- Para hallar el esfuerzo se tiene:

$$\text{Esfuerzo} = \frac{\text{CARGA APLICADA}}{\text{AREA}}$$

$$Es = \frac{23985}{288.11}$$

$$Es = 83.25 \text{ Kg/cm}^2$$

- Para hallar el módulo de elasticidad se tiene:

$$\text{Modulo de elasticidad} = \frac{\text{Esfuerzo (Es)}}{\text{Deformacion unitaria}} \dots (7)$$

$$\text{Modulo de elasticidad} = \frac{83.25 \text{ kg/cm}^2}{0.0351}$$

$$\text{Modulo de elasticidad} = 2,371.79 \text{ kg/cm}^2$$



Para la muestra 4 (M-4)

- Para hallar el área se tiene:

$$Area = Largo \times Ancho$$

$$Area = 24.03 \times 12.06$$

$$Area = 289.80 \text{ cm}^2$$

- Para hallar el esfuerzo se tiene:

$$Esfuerzo = \frac{CARGA \text{ APLICADA}}{AREA}$$

$$Es = \frac{24642}{289.80}$$

$$Es = 85.03 \text{ Kg/cm}^2$$

- Para hallar el módulo de elasticidad se tiene:

$$\text{Modulo de elasticidad} = \frac{Esfuerzo (Es)}{Deformacion unitaria} \dots (7)$$

$$\text{Modulo de elasticidad} = \frac{85.03 \text{ kg/cm}^2}{0.0358}$$

$$\text{Modulo de elasticidad} = 2,375.14 \text{ kg/cm}^2$$

Para la muestra 5 (M-5)

- Para hallar el área se tiene:

$$Area = Largo \times Ancho$$

$$Area = 23.95 \times 12.33$$

$$Area = 295.30 \text{ cm}^2$$

- Para hallar el esfuerzo se tiene:

$$Esfuerzo = \frac{CARGA \text{ APLICADA}}{AREA}$$

$$Es = \frac{24913}{295.30}$$

$$Es = 84.36 \text{ Kg/cm}^2$$

- Para hallar el módulo de elasticidad se tiene:

$$\text{Modulo de elasticidad} = \frac{\text{Esfuerzo (Es)}}{\text{Deformacion unitaria}} \dots (7)$$

$$\text{Modulo de elasticidad} = \frac{84.36 \text{ kg/cm}^2}{0.0332}$$

$$\text{Modulo de elasticidad} = 2,540.96 \text{ kg/cm}^2$$

Para hallar el módulo de elasticidad de la unidad de suelo cemento se realiza los siguientes cálculos:

- Promedio del módulo de elasticidad de las 5 muestras

$$\text{Promedio} = \left[\frac{2,758.06 + 2,425.00 + 2,371.79 + 2,375.14 + 2,540.96}{5} \right]$$

$$\text{Promedio} = 2,494.19 \text{ kg/cm}^2$$

- Hallando la desviación estándar:

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum (xi - x_{\text{promedio}})^2}{n - 1}}$$

$$Ds = 162.601 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces el módulo de elasticidad final está dado por:

$$E = \text{promedio de E} - Ds$$

$$E = 2,494.19 \text{ kg/cm}^2 - 162.601 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2,331.589 \text{ kg/cm}^2$$

La Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería, relaciona el módulo de elasticidad ($E'm$) de la albañilería con la resistencia a compresión ($f'm$), además relaciona el módulo de corte ($G'm$) con la resistencia a compresión y el módulo de elasticidad. Para unidades de arcilla se tiene la siguiente formula empírica:

$$E'm = 500 f'm$$

$$G'm = 0.4 E'm$$



- Para las pilas: $f'm = 63.389 \text{ kg/cm}^2$
 $E'm = 500*63.389 \text{ kg/cm}^2$
 $E'm = 31694.5 \text{ kg/cm}^2$

- Para los muretes:

Aplicando lo indicado en la Norma Peruana E.070 Albañilería

$$G'm = 0.4*31694.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$G'm = 12677.8 \text{ kg/cm}^2$$

- Coeficiente de Poisson (ν):

$$GM = \frac{E}{2 * (1 + \nu)}$$

$$\nu = \frac{31694.5 - 2 * 12677.8}{2 * 12677.8}$$

$$\nu = 0.25$$

b) **Diagrama, tablas**



Tabla 55: Resultados del ensayo de módulo de elasticidad

Muestra 1						Muestra 2					Muestra 3				
Nº	DIAL (Kg)	Area bruta (cm2)	ESFUERZO (Kg/cm2)	Def.(unif)	DEF. (mm)	DIAL (Kg)	Area bruta (cm2)	ESFUERZO (Kg/cm2)	Def.(unif)	DEF. (mm)	DIAL (Kg)	Area bruta (cm2)	ESFUERZO (Kg/cm2)	Def.(unif)	DEF. (mm)
1	1012	288.36	3.510	0.0032	0.1	1035	288.8403	3.583	0.0029	0.1	1011	288.113	3.509	0.0026	0.1
2	1868	288.36	6.478	0.0045	0.2	1854	288.8403	6.419	0.0043	0.2	1843	288.113	6.397	0.0039	0.2
3	2654	288.36	9.204	0.0048	0.3	2632	288.8403	9.112	0.0049	0.3	2644	288.113	9.177	0.0045	0.3
4	2963	288.36	10.275	0.0052	0.4	2896	288.8403	10.026	0.0053	0.4	2934	288.113	10.183	0.0056	0.4
5	3567	288.36	12.370	0.006	0.5	3511	288.8403	12.156	0.059	0.5	3504	288.113	12.162	0.0062	0.5
6	4396	288.36	15.245	0.0074	0.6	4401	288.8403	15.237	0.0069	0.6	4388	288.113	15.230	0.0072	0.6
7	5178	288.36	17.957	0.0087	0.7	5101	288.8403	17.660	0.0075	0.7	5212	288.113	18.090	0.0079	0.7
8	5984	288.36	20.752	0.0096	0.8	5896	288.8403	20.413	0.0089	0.8	5955	288.113	20.669	0.0092	0.8
9	6635	288.36	23.009	0.0099	0.9	6614	288.8403	22.898	0.0093	0.9	6611	288.113	22.946	0.0098	0.9
10	7236	288.36	25.094	0.0123	1	7195	288.8403	24.910	0.011	1	7289	288.113	25.299	0.0154	1
11	8036	288.36	27.868	0.0145	1.1	7999	288.8403	27.694	0.0123	1.1	8111	288.113	28.152	0.0174	1.1
12	8865	288.36	30.743	0.0144	1.2	8874	288.8403	30.723	0.0139	1.2	8812	288.113	30.585	0.0185	1.2
13	9436	288.36	32.723	0.0165	1.3	9411	288.8403	32.582	0.0157	1.3	9412	288.113	32.668	0.0192	1.3
14	10236	288.36	35.497	0.0168	1.4	10202	288.8403	35.321	0.0159	1.4	10221	288.113	35.476	0.0201	1.4
15	11084	288.36	38.438	0.0185	1.5	11011	288.8403	38.121	0.0176	1.5	11022	288.113	38.256	0.0212	1.5
16	11869	288.36	41.160	0.0199	1.6	11823	288.8403	40.933	0.0189	1.6	11824	288.113	41.039	0.022	1.6
17	12683	288.36	43.983	0.021	1.7	12655	288.8403	43.813	0.0221	1.7	12666	288.113	43.962	0.0235	1.7
18	13469	288.36	46.709	0.0222	1.8	13562	288.8403	46.953	0.0234	1.8	13564	288.113	47.079	0.0242	1.8
19	14236	288.36	49.369	0.0236	1.9	14201	288.8403	49.166	0.0249	1.9	14222	288.113	49.363	0.0254	1.9
20	15088	288.36	52.323	0.0242	2	15123	288.8403	52.358	0.0252	2	15142	288.113	52.556	0.0278	2



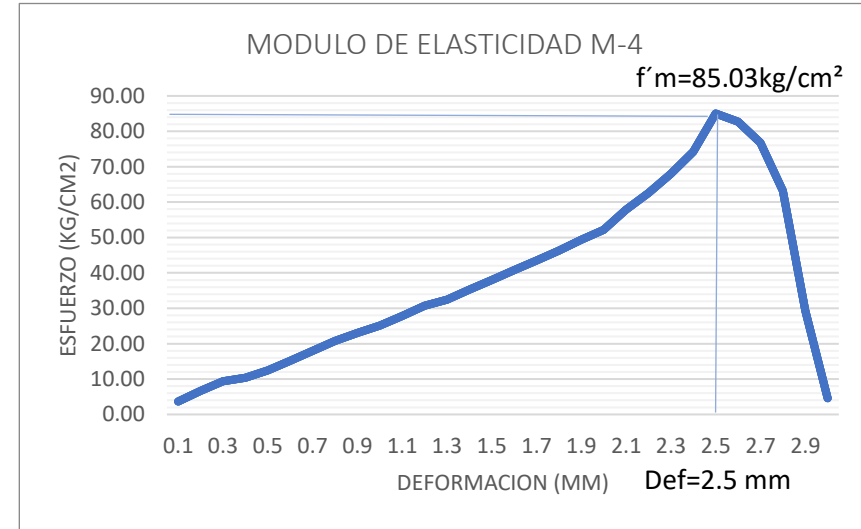
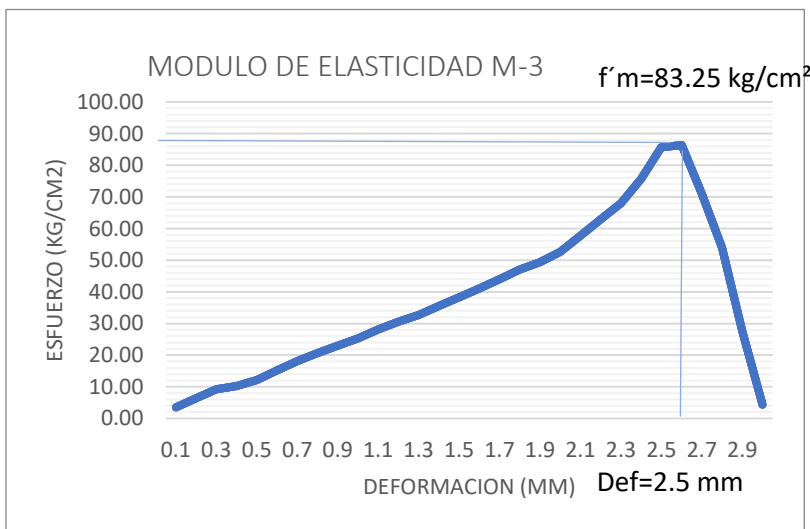
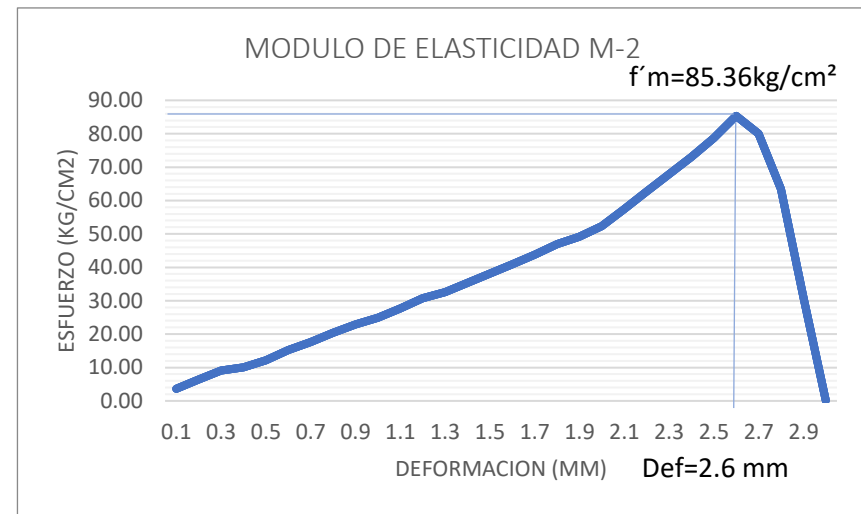
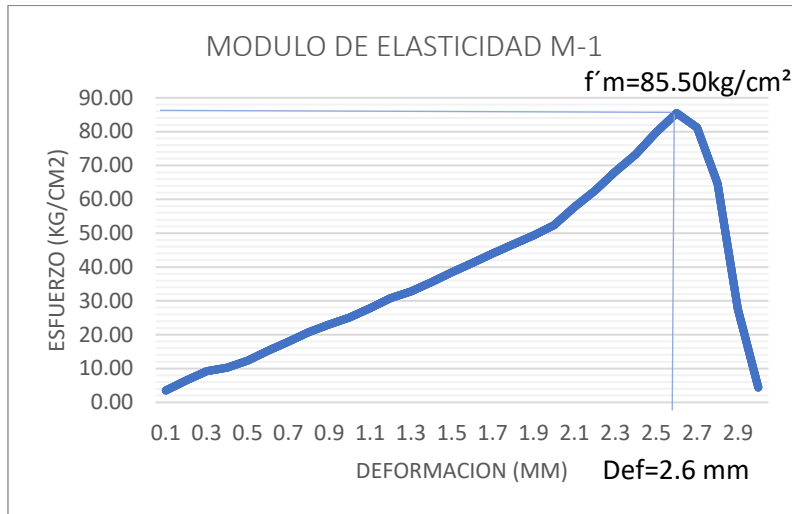
Muestra 1						Muestra 2					Muestra 3				
N°	DIAL (Kg)	Area bruta (cm2)	ESFUERZO (Kg/cm2)	Def.(unif)	DEF. (mm)	DIAL (Kg)	Area bruta (cm2)	ESFUERZO (Kg/cm2)	Def.(unif)	DEF. (mm)	DIAL (Kg)	Area bruta (cm2)	ESFUERZO (Kg/cm2)	Def.(unif)	DEF. (mm)
21	16654	288.36	57.754	0.0293	2.1	16585	288.8403	57.419	0.0277	2.1	16656	288.113	57.811	0.0285	2.1
22	18036	288.36	62.547	0.0301	2.2	18111	288.8403	62.702	0.0321	2.2	18141	288.113	62.965	0.0313	2.2
23	19662	288.36	68.186	0.0311	2.3	19585	288.8403	67.806	0.0329	2.3	19589	288.113	67.991	0.0337	2.3
24	21113	288.36	73.218	0.0325	2.4	21101	288.8403	73.054	0.0332	2.4	21802	288.113	75.672	0.0343	2.4
25	23011	288.36	79.800	0.0347	2.5	22721	288.8403	78.663	0.0342	2.5	23985	288.113	83.25	0.0351	2.5
26	24655	288.36	85.501	0.031	2.6	24655	288.8403	85.36	0.0352	2.6	24888	288.113	86.383	0.0366	2.6
27	23411	288.36	81.187	0.0333	2.7	24892	288.8403	86.179	0.0359	2.7	20433	288.113	70.920	0.0371	2.7
28	18632	288.36	64.614	0.0356	2.8	18321	288.8403	63.430	0.0364	2.8	15545	288.113	53.954	0.0374	2.8
29	7965	288.36	27.622	0.0378	2.9	9002	288.8403	31.166	0.0381	2.9	7969	288.113	27.659	0.0389	2.9
30	1256	288.36	4.356	0.0396	3	44	288.8403	0.152	0.0412	3	1256	288.113	4.359	0.0432	3



Muestra 4					Muestra 5				
DIAL (Kg)	Area bruta (cm ²)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	Def.(unif)	DEF. (mm)	DIAL (Kg)	Area bruta (cm ²)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	Def.(unif)	DEF. (mm)
1063	289.802	3.668	0.0019	0.1	1012	295.304	3.427	0.0017	0.1
1921	289.802	6.629	0.0038	0.2	1868	295.304	6.326	0.0036	0.2
2712	289.802	9.358	0.0047	0.3	2654	295.304	8.987	0.0044	0.3
3001	289.802	10.355	0.0062	0.4	2963	295.304	10.034	0.0061	0.4
3602	289.802	12.429	0.0067	0.5	3567	295.304	12.079	0.0071	0.5
4402	289.802	15.190	0.0079	0.6	4396	295.304	14.886	0.0082	0.6
5213	289.802	17.988	0.0085	0.7	5178	295.304	17.535	0.0089	0.7
6032	289.802	20.814	0.0101	0.8	5984	295.304	20.264	0.0112	0.8
6685	289.802	23.067	0.0112	0.9	6635	295.304	22.468	0.0122	0.9
7274	289.802	25.100	0.0156	1	7236	295.304	24.504	0.0151	1
8052	289.802	27.785	0.0188	1.1	8036	295.304	27.213	0.0186	1.1
8901	289.802	30.714	0.0196	1.2	8865	295.304	30.020	0.0199	1.2
9401	289.802	32.439	0.0202	1.3	9436	295.304	31.954	0.0212	1.3
10222	289.802	35.272	0.0218	1.4	10236	295.304	34.663	0.022	1.4
11011	289.802	37.995	0.0232	1.5	11084	295.304	37.534	0.0235	1.5
11802	289.802	40.724	0.0238	1.6	11869	295.304	40.193	0.0242	1.6
12603	289.802	43.488	0.239	1.7	12683	295.304	42.949	0.0255	1.7
13402	289.802	46.245	0.0248	1.8	13569	295.304	45.949	0.0263	1.8
14312	289.802	49.385	0.0258	1.9	15236	295.304	51.594	0.0274	1.9
15121	289.802	52.177	0.0279	2	17088	295.304	57.866	0.0281	2
16754	289.802	57.812	0.0299	2.1	18654	295.304	63.169	0.0295	2.1
18123	289.802	62.536	0.0322	2.2	20836	295.304	70.558	0.0311	2.2
19712	289.802	68.019	0.0336	2.3	22262	295.304	75.387	0.0321	2.3
21502	289.802	74.196	0.0347	2.4	24913	295.304	84.364	0.0332	2.4
24642	289.802	85.031	0.0358	2.5	24011	295.304	81.310	0.0349	2.5
23982	289.802	82.753	0.0368	2.6	20725	295.304	70.182	0.0364	2.6
22246	289.802	76.763	0.0377	2.7	17321	295.304	58.655	0.0365	2.7
18323	289.802	63.226	0.0383	2.8	10453	295.304	35.397	0.0386	2.8
8523	289.802	29.410	0.0395	2.9	3565	295.304	12.072	0.0452	2.9
1323	289.802	4.565	0.0411	3	1	295.304	0.003	0.0465	3



Gráfico 5: Esfuerzo vs deformación de las unidades de albañilería



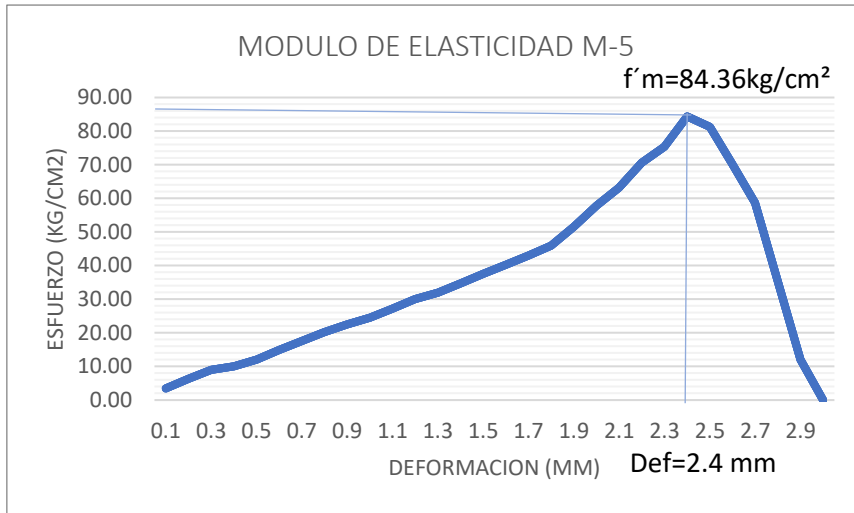


Tabla 56: resultados del ensayo de módulo de resistencia

MUESTRAS	DEF. UNITARIA LEÍDA	ESFUERZO MÁXIMO LEÍDO	MODULO DE ELASTICIDAD (E)
M-1	0.0310	85.50 kg/cm ²	2,758.06 kg/cm ²
M-2	0.0352	85.36 kg/cm ²	2,425.00 kg/cm ²
M-3	0.0351	83.25 kg/cm ²	2,371.79 kg/cm ²
M-4	0.0358	85.03 kg/cm ²	2,375.14 kg/cm ²
M-5	0.0332	84.36 kg/cm ²	2,540.96 kg/cm ²
Promedio			2,494.19 kg/cm ²
Ds			162.601
Módulo de elasticidad unidad de albañilería E			2331.589 kg/cm ²
Módulo de elasticidad en pilas (Em)			31694.5 kg/cm ²
Módulo de corte en muretes (Gm)			12677.8 kg/cm ²
Coeficiente de Poisson (ν)			0.25

c) Análisis de la prueba

Mediante el esfuerzo vs la deformación que permite hallar el módulo de elasticidad se puede obtener que las unidades de albañilería poseen un módulo de elasticidad de 2331.589 kg/cm², la deformación unitaria oscila entre 0.0310 y 0.0358 mm y el esfuerzo vario 83.25 kg/cm² y 85.50 kg/cm².

Tabla 57: Resumen comparativo de módulos de elasticidad

Investigación	Tipo de unidad	Módulo de elasticidad de la unidad de albañilería (kg/cm²)	Módulo de elasticidad en pilas (kg/cm²)	Módulo de corte (kg/cm²)	Módulo de Poisson
Investigación realizada	Unidades de suelo-cemento	2331.589	31694.5	12677.8	0.25
Norma E.070 king Kong Artesanal	Ladrillo cocido		17500	7000	0.25
Norma E.070 king Kong Industrial Tipo V	Ladrillo cocido		32500	13000	0.25
Capacidad adherente del óptimo mortero para la unión de unidades de ladrillo de suelo – cemento compactado – Cajamarca 2015	Unidades de suelo cemento en Cajamarca ladrillo tipo I		24944.16	9121.64	0.36
Estudio de las características físicas y mecánicas de los ladrillos. de arcilla fabricados artesanalmente en la ciudad de Cusco	Ladrillo artesanal (ladrillera Romero)	1150.6	1966.4	428.77	1.29



- El módulo de elasticidad de nuestra unidad supera a la de un ladrillo artesanal cocido en 1180.989 kg/cm^2 , lo que indica que nuestras unidades no son frágiles.
- Del cuadro se puede observar que el módulo de elasticidad en pilas del ladrillo King Kong industrial tipo V, es superior a la unidad de albañilería de nuestra investigación en 805.5 kg/cm^2 , así mismo, supera a la de un ladrillo King Kong artesanal en 14194.5 kg/cm^2 , lo que indica que soporta un gran cambio de longitud de la longitud original al aplicar la carga axial antes de llegar al punto de ruptura.
- El módulo de corte de nuestra unidad es superior a la del King Kong artesanal en 5677.8 kg/cm^2 , pero menor a la de un ladrillo King Kong tipo V en 322.2 kg/cm^2 , lo que indica que nuestra unidad ofrece una buena respuesta ante la aplicación de un esfuerzo cortante que la deforma.
- El coeficiente de Poisson que se obtiene es de 0.25 igual al del ladrillo king kong artesanal.
- Así mismo nuestra unidad supera a los datos obtenidos de una investigación en Cajamarca, $E_m=6750.34 \text{ kg/cm}^2$, $G_m=3556.16 \text{ kg/cm}^2$, lo cual indica que nuestras unidades ofrecen mejores respuestas a cargas axiales y esfuerzos cortantes.

3.6.13. Ensayo de resistencia a la compresión axial de pilas

Los siguientes Cálculos realizados son pertenecientes para la muestra 1 (M-1), los resultados obtenidos se muestran en la tabla de resultados.

a) Cálculos de la prueba

- Para hallar el área se tiene:

$$\text{Area} = \text{Ancho} \times \text{Alto}$$

$$\text{Area} = 12 \times 27.1$$

$$\text{Area} = 325.2 \text{ cm}^2$$

Hallando el $f'm$

$$\text{Carga de ruptura} = Pr = 20575.0$$

Para hallar la resistencia a la compresión axial en pilas se usó la formula (8)

$$f'm = \frac{(Pr)}{\text{area}} \quad (8)$$



$$f'm = \frac{20575.05 \text{ kg}}{325.20 \text{ cm}^2}$$

$$f'm = 63.27 \text{ gr/cm}^2$$

- Cálculos de la tabla relación h/a con C

relación						
h/a	2	2.5	3	3.5	4	5
c	0.73	0.8	0.86	0.91	0.95	1

De la relación h/a tenemos que

$$\text{Alto/ancho} = (27.10/12) = 2.26$$

Analizando C de la M-1

$$\begin{array}{ccc} 2 & \text{-----} & 0.73 \\ 2.26 & \text{-----} & x \\ 2.5 & \text{-----} & 0.80 \end{array}$$

$$\frac{(0.80 - x)}{(0.80 - 0.73)} = \frac{(2.5 - 2.26)}{(2.5 - 2)}$$

$$x = 0.766$$

- Para hallar el promedio de f'm

$$\text{promedio } f'm = \left[\frac{63.27 + 63.43 + 65.49 + 67.18 + 66.06}{5} \right]$$

$$\text{promedio } f'm = 65.09 \text{ kg/cm}^2$$

- Para hallar la desviación estándar

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum (xi - x_{\text{promedio}})^2}{n - 1}}$$

$$Ds = \sqrt{\frac{(63.27 - 65.09)^2 + (63.43 - 65.09)^2 + (65.49 - 65.09)^2 + (67.18 - 65.09)^2 + (66.06 - 65.09)^2}{5}}$$

$$Ds = 1.70$$

- Para hallar coeficiente de variación $CV\% = \frac{Ds}{\text{promedio } f'm}$

$$CV\% = \frac{1.70}{65.09}$$

$$CV\% = 0.026$$

- Para halla $f'm$ se tiene: $f'm = \text{promedio } f'm - Ds$

$$f'm = 65.09 - 1.70$$

$$f'm = 63.389 \text{kg/cm}^2$$

b) Diagrama, tablas

Tabla 58: Resultados del ensayo de compresión en pilas

Especimen	Medidas (mm)			Edad días	Carga ruptura lb
	Largo cm	Ancho cm	Alto cm		
M-1	24.00	12.00	27.10	28.00	45360.25
M-2	24.10	12.10	27.20	28.00	46026.25
M-3	24.00	12.00	27.20	28.00	47124.80
M-4	24.00	12.10	27.30	28.00	48923.42
M-5	24.10	12.00	27.20	28.00	47536.45
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
Área (cm ²)	325.20	329.12	326.4	330.33	326.4
Pr (kg)	20575.05	20877.14	21375.43	22191.27	21562.15
f'm(kg/cm ²)	63.27	63.43	65.49	67.18	66.06
h/a	2.26	2.25	2.27	2.26	2.27
C	0.766	0.765	0.766	0.765	0.766
f'mp(kg/cm ²)	65.09				
Ds(kg/cm ²)	1.70				
CV%	0.026				
f'm(kg/cm ²)	63.389				

Tabla relación h/a con C

relación h/a	2	2.5	3	3.5	4	5
c	0.73	0.8	0.86	0.91	0.95	1

c) Análisis de la prueba

Del ensayo realizado se obtiene que la resistencia axial en pilas es de 63.389 kg/cm²

Las pilas sujetas a compresión tuvieron un tipo de falla frágil, ya que la falla se produjo por tracción lateral manifestada a través de grietas verticales en las unidades de albañilería como se aprecian en la imagen 105.

3.6.14. Ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes

Cálculos para la muestra 1 (M-1), los resultados obtenidos se muestran en la tabla de resultados

a) Cálculos de la prueba

- Para hallar la resistencia a compresión diagonal del murete primero fue necesario hallar el área bruta esta área se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Espesor del murete} = t = 12\text{cm}$$

$$\text{Longitud diagonal} = D = 84.85\text{ cm}$$

$$\text{Area bruta} = t * D$$

$$\text{Area bruta} = 12 * 84.85$$

$$\text{Area bruta} = 1018.20\text{ cm}^2$$

- Para hallar $v'm$ se tiene:

$$P_{\max} = 4653\text{ kg}$$

Para hallar la resistencia a la compresión diagonal en muretes se usó la formula (9)

$$V'm = \frac{P_{\max}}{Dt} \quad (9)$$

$$V'm = \frac{4653\text{kg}}{84.85\text{ cm}^2}$$

$$V'm = 4.570\text{kg/cm}^2$$

- Promedio de todas las $V'm$ de todas las muestras:

$$\text{promedio } V'm = \frac{\sum_1^n v'm}{n}$$

$$\text{promedio } V'm = \frac{4.57 + 4.339 + 4.283 + 4.504 + 4.886}{5}$$

$$\text{promedio } V'm = 4.516$$

- Hallando la desviación estándar

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{\text{promedio}})^2}{n - 1}}$$

$$D_s = \sqrt{\frac{(4.570 - 4.516)^2 + (4.339 - 4.516)^2 + (4.283 - 4.516)^2 + (4.504 - 4.516)^2 + (4.886 - 4.516)^2}{4}}$$

$$D_s = 0.237$$

- Para hallar $v'm$ final se tiene:

$$V'm = \text{promedio } V'm - D_s$$

$$V'm = 4.516 - 0.237$$

$$V'm = 4.279 \text{ kg/cm}^2$$

b) Diagrama, tablas

Tabla 59: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de murete

Murete	Pmax (kg)	t (cm)	L (cm)	A (cm ²)	Vm (kg/cm ²)	Tipo de falla
M-1	4653	12	84.85	1018.20	4.570	mixta
M-2	4418	12	84.86	1018.32	4.339	mixta
M-3	4364	12	84.90	1018.80	4.283	mixta
M-4	4588	12	84.89	1018.68	4.504	mixta
M-5	4975	12	84.86	1018.31	4.886	mixta
					Promedio:	4.516
					Ds kg/cm ²	0.237
					Vm kg/cm ²	4.279

c) Análisis de la prueba

De los cálculos realizados se obtuvo que la resistencia a la compresión diagonal fue de 4.279 kg/cm²

El tipo de falla es mixta debido a que a pesar de que se observó que las unidades de albañilería cortadas por la grita diagonal, se pudo observar que las unidades empezaron a separarse por las caras en contacto por donde atraviesa la fuerza, como se observa en la siguiente figura.



Figura 116: Falla mixta de los muretes

3.6.15. Costo en la fabricación de unidades de albañilería con suelo-cemento

En este ítem se calculó el costo de fabricación de una unidad de albañilería.

Tabla 60: Costo de materiales utilizados

Material	Unidad	Costo total (s/)
Bolsa de cemento de 42.5 kg	Bol	23.00
Agua	M3	1.10
Arcilla	M3	30.00
Máquina Cimva Ram modificada	Hm	10.00

a) Cálculos de la prueba

Para la elaboración de una unidad ver tabla siguiente.

b) Diagrama, tablas

Tabla 61: Análisis de costos unitarios para una unidad de albañilería

Rendimiento:	200		und/día	Precio (s/.)	Costo por:		und
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad		Parcial(s/.)	Sub total(s/.)	Total(s/.)
mano de obra						0.50	1.48
Operario	hh	1.0000	0.0400	6.58	0.26		
Oficial	hh	1.0000	0.0400	5.87	0.24		
materiales						0.57	
Cemento	bols		0.0222	23.00	0.51		
Arcilla	kg		3.6917	0.02	0.06		
Agua	m3		0.0003	1.10	0.00		
Equipos						0.41	
Cinva ram	hm	1.0000	0.0400	10.00	0.40		
Herramientas manuales	%		3.0000	0.50	0.01		

Nota: El rendimiento para el cálculo del costo de la fabricación de las unidades de albañilería de suelo-cemento están sustentadas por experiencia propia ya que al fabricar las unidades pudimos realizar hasta 100 unidades en 4 hora y haciendo una proyección en un día (8 horas) de trabajo se llegarían a fabricar 200 unidades. Esto por la facilidad del uso de la máquina Cinva Ram modificado construida para la fabricación de las unidades ecológicas tipo lego de suelo – cemento.

Se tomó el valor comercial de la arcilla en la ciudad del cusco que oscila en 30 soles por m3, el costo por m3 del agua es de 1.10 soles de acuerdo al estudio tarifario de la empre SEDA Cusco.

Para el costo de la mano de obra se toma como referencia los precios de operario y oficial (mano calificada) de la Municipalidad distrital de San Sebastián, esto porque la fabricación de las unidades se realizó en su jurisdicción.

Nota: La máquina Cinva Ram modificada construida, según CETA RAM tiene una vida útil para fabricar alrededor de 75,000 unidades antes de su mantenimiento por deformaciones y oxidación.

c) Análisis de la prueba

De la prueba podemos ver que el costo unitario por unidad de albañilería es de 1.48 soles, lo cual es superior al costo por unidad de ladrillos elaborados por las empresas situadas en el distrito de San Jerónimo que en promedio cuestan 1.20 soles la unidad.

3.6.16. Costo en la fabricación de muretes con unidades de albañilería con suelo-cemento

En este ítem se calculó el costo de fabricación de muretes por 1 m²

Tabla 62: Costo de materiales utilizados

Material	unidad	Costo total (s/)
Unidad de albañilería de suelo cemento	und	1.48
Tubo de 2" Sap de 3 m	und	26.90

a) Cálculos de la prueba

Para la elaboración de un murete de unidades de albañilería de suelo cemento. Ver tabla

Tabla 63: Análisis de costos unitarios para un muro tipo sogá con unidades ecológicas tipo lego y tubos PVC de junta seca en 1 m²

Rendimiento:	25		m ² /día	cost.unt.analizado por:			m ²
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio(s/.)	Parcial(s/.)	Sub total(s/.)	Total(s/.)
Mano de obra						3.98	122.35
Operario	hh	1.0000	0.3200	6.58	2.11		
Oficial	hh	1.0000	0.3200	5.87	1.88		
Materiales						118.25	
Unidades de albañilería de suelo cemento	und		49.0000	1.48	72.52		
Tubo pvc sap de 2"	kg		1.7000	26.90	45.73		
Equipos						0.12	
Herramientas manuales	%		3.0000	3.98	0.12		



Nota: Para el costo de la mano de obra se toma como referencia los precios de operario y oficial (mano calificada) de la Municipalidad distrital de San Sebastián, esto porque la fabricación de las unidades se realizó en su jurisdicción.

El rendimiento para el cálculo del costo de la fabricación de muros tipo sogá de unidades de albañilería de suelo-cemento están sustentadas por experiencia propia ya que al fabricar los muros pudimos realizar 4 unidades de 0.36 m² en media hora y haciendo una proyección a un día de trabajo (8 horas) se lograría alcanzar los 25 m².

b) Análisis de la prueba

De la prueba podemos ver que el costo unitario para la elaboración de muretes por m² elaborado con unidades de albañilería de suelo cemento es de 122.35 soles.



Capítulo IV: Resultados

4.1. Resumen de la evaluación de las propiedades físico mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento ensambladas con tubos PVC.

- El módulo de fineza del suelo es de 0.76.
- La humedad natural del suelo en promedio es de 12.93%.
- El peso específico del suelo en promedio es de 2.89 gr/cm³
- El límite líquido del suelo es de 78.53%
- El límite plástico del suelo es de 31.56%
- El índice de plasticidad es de 46.96%
- El suelo está clasificado por el método SUCS, como arcilla de alta plasticidad (CH).
- De acuerdo al ensayo de proctor modificado la densidad máxima de 1.98 gr/cm³ se obtiene con 5.42% de humedad óptima.
- El diseño de mezclas para las unidades tipo lego fue de 74.58% de suelo, 20% de cemento y 5.42% de agua, en peso.
- El porcentaje de absorción de las unidades de albañilería es de 11.33% en promedio.
- Las unidades de albañilería tipo lego presentan una densidad de 1.787 gr/cm³.
- Mediante el ensayo de variación dimensional de las unidades de albañilería tipo lego presentan las siguientes características dimensionales: Largo=0.389 mm, ancho=0.125 mm, alto=0.111 mm.
- De acuerdo al ensayo de alabeo se observó que tanto en la cara superior como en la cara inferior se presentó una forma cóncava de 0.2 mm.
- La unidad de albañilería tipo lego posee una resistencia neta de $f'_m=86.16 \text{ kg/cm}^2$,
- Se obtuvo que en promedio las unidades de albañilería tienen un módulo de rotura $f'_{br}=3.08 \text{ kg/cm}^2$
- El módulo de elasticidad obtenido es de 2331.589 kg/cm² de las unidades de albañilería y de la formula empírica se obtuvo que el módulo de elasticidad en pilas es de $E_m=31694.5 \text{ kg/cm}^2$, módulo de corte $G_m=12677.8 \text{ kg/cm}^2$ y coeficiente de Poisson, $\nu=0.25$
- Por el ensayo de pilas conformadas por 3 unidades y dos tubos PVC se obtuvo que las pilas alcanzan una resistencia a la compresión $f'_m=63.389 \text{ kg/cm}^2$
- Se obtuvo una compresión diagonal de $\nu'_m=4.279 \text{ kg/cm}^2$

Capítulo V: Discusión

1. ¿Cuáles fueron los criterios para definir la dosificación de los componentes de las unidades de albañilería tipo lego?

El objetivo principal de la investigación fue el de identificar las propiedades físico mecánicas de las unidades de albañilería compuesta, por suelo de la zona de Juscapampa y estabilizadas con cemento. Para esta investigación no se realizó un diseño de mezcla debido a que no se busca lograr una resistencia a compresión específica. Es por ello que se realizó la dosificación de acuerdo a las recomendaciones de los artículos de investigación sobre ladrillos elaborados con suelo-cemento. Por lo cual se optó por conformar un diseño compuesta por 74.58% de suelo (arcilla), 20% de cemento y 5.42% de agua, estos porcentajes del peso.

2. ¿Por qué se optó por la geometría de la unidad de albañilería con dos agujeros de 2”?

Se diseñó la geometría de un ladrillo de uso comercial de medidas 24 cm x 12 cm x 9 cm. Por ser una albañilería de junta seca se decidió colocar dos agujeros para facilitar el armado de los muros tipo soga y las pilas se vieron por conveniente colocar los agujeros distribuyéndolos en forma que encajen los tubos y se conecten entre sí.

3. ¿Cuál fue la diferencia de los resultados del módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson con lo que indica la norma para las unidades de albañilería?

Según la a la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería, la cual indica los módulos de elasticidad para albañilería de unidades cocidas de arcilla se puede observar en los resultados teóricos obtenidos que nuestras unidades se encuentran en $E_m = 132500 \text{ kg/cm}^2$ y $G_m = 13000 \text{ kg/cm}^2$ para un los ladrillos king kong industrial tipo v, nuestra unidad representa un módulo de elasticidad de $E_m = 31694.5 \text{ kg/cm}^2$ y $G_m = 12677.8 \text{ kg/cm}^2$ lo que representa un 97.52 % de la de un ladrillo tipo v, así mismo comparadas con un ladrillo king kong artesanal $E_m = 17500 \text{ kg/cm}^2$ y $G_m = 7000 \text{ kg/cm}^2$ nuestras unidades superan a estas en un 55.21% tanto en su módulo de elasticidad en pilas como en módulo de corte.

En el caso del coeficiente de Poisson se obtuvo un valor de 0.25 para nuestro ladrillo a de suelo – cemento, valor similar al del ladrillo artesanal king kong.

4. ¿Cuál es el aporte que brinda esta investigación?

Esta investigación brinda nueva información sobre la utilización de materiales más ecos amigables en el rubro de la construcción en el departamento del Cusco. Al mitigar la emisión de CO₂ al ambiente por la quema de ladrillos y al utilizar mínimamente la proporción de la arcilla en la fabricación de ladrillos, así como agilizar la construcción de muros.

Así mismo mediante los ensayos mencionados en esta investigación se logra tener un conocimiento sobre sus propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería fabricadas con suelo de Juscapampa y cemento, logrando así una clasificación estructural según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.

5. ¿Los resultados logrados en los ensayos de la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería son adecuados?

Al no existir en la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería alguna referencia sobre las características mecánicas sobre las unidades de albañilería de suelo – cemento. Se optó por tomar los parámetros de clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales, en la cual las unidades de albañilería tipo lego elaboradas con suelo-cemento se clasificarían como un ladrillo de clase II según su resistencia a compresión y una clase tipo V de acuerdo a lo obtenido en los ensayos de variación dimensional y alabeo.

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión f'_b mínimo en Mpa (Kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 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	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

6. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de una unidad de albañilería elaborado con suelo cemento?

- Las unidades de albañilería son fáciles de elaborar logrando en esta investigación elaborar 100 unidades en 4 hora, esto aparte del tiempo de dosificación, mediante la utilización de la máquina Cinva Ram modificada fabricada exclusivamente para esta investigación con las medidas requeridas según nuestro diseño geométrico de la unidad.
- Evita la cocción del ladrillo evitando la emisión de gases tóxicos al ambiente.
- Facilita la construcción de muros.
- De acuerdo a la clasificación de esta unidad que es de tipo II se la puede utilizar en separadores de ambientes, alféizar etc.
- Una desventaja es el tipo de suelo que no posee gran contenido de arena en su composición.
- Otra desventaja es que al no contener en su composición arena el uso del cemento se incrementa, elevando el costo.

7. ¿Cuál es la ventaja y desventaja de utilizar los tubos de PVC de 2”?

- Los tubos de PVC aportan en el engranaje de las unidades de albañilería y ayudan a mantener la forma y distribución de las unidades al momento de conformar el muro y pilas.
- Una desventaja es el costo del tubo 2” SAP, ya que en 0.36 m² de muro ingresa un tubo.

8. ¿Cuál es diferencia entre la unidad elaborada con un ladrillo king kong comercial?

Las diferencias se observan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 64: Diferencias entre unidades elaboradas con suelo cemento y ladrillos comerciales

Características	Ladrillo con suelo-cemento	Ladrillo comercial king kong (ladrillos Lark)
Dimensiones (mm)	240 x 120 x 90	230 x 125 x 90
Peso kg	4.1	2.70
Unidades m ²	46	36
Clasificación	Tipo II	Tipo IV



Características	Ladrillo con suelo-cemento	Ladrillo comercial king kong (ladrillos Lark)
Variación de la dimensión (mm)	± 0.4	± 1
Alabeo (mm)	2	2
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	86.16	277
Absorción %	11.33	12.80

Se realiza una comparación de nuestra unidad con el ladrillo artesanal king kong ya que éste se utiliza para muros portantes y es comercial.



Glosario

A

ADHERENCIA: Propiedad de un cuerpo que permanece unido a otro.

AGLOMERANTE: Material con cualidad de unir partículas de un material inerte mediante efectos físicos y/o químicos.

AGREGADO: Material granular de origen mineralógico tales como la arena, grava, etc.

ALBAÑILERÍA: Termino utilizado para nombrar una construcción a base de piedra, ladrillos y materiales similares que son unidas entre si con mortero.

B

BLOQUE: Pieza compuesta de un material compacto.

BLOQUE DE ARCILLA: Pieza compuesta por arcilla cocida en horno, utilizada en la construcción de muros.

BLOQUE DE CEMENTO: Elementos prefabricados de tamaño más grande que el del ladrillo tradicional.

C

COMPACTACIÓN: Proceso por el cual se unen las partículas expulsando el aire existente entre ellas ocasionando la separación entre partículas.

D

DESVIACIÓN ESTÁNDAR: Es una medida de dispersión para variables de razón y de intervalo.

DISEÑO DE MEZCLA: Proceso por el cual se proyecta una resistencia determinada.

DOSIFICACIÓN: Es la medida de los ingredientes por peso o por volumen.

L

LADRILLO: Arcilla cocida en forma de paralelepípedo rectangular.

M

MATERIALES: Conjunto de materiales que se utilizan en la construcción de un edificio.



P

P.V.C: tubo de polivinilo de cloruro.

R

RESISTENCIA: Es la acción de resistir o resistirse a una fuerza externa.

T

TUBO: Objeto de forma cilíndrica, alargado con huecos a los dos extremos

Conclusiones

Conclusión de la hipótesis general

Se logró demostrar la hipótesis general que indica: “Las valores de las propiedades físicas y mecánicas de la albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de Polivinilo) en el departamento de Cusco, sí cumplirán con las especificaciones de la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería para su clasificación estructural”.

Mediante los ensayos clasificatorios como el alabeo máximo de 2 mm, variación dimensional de 0.389 % del largo, 0.125 % del ancho, 0.111 % de alto, resistencia a compresión de 86.16 kg/cm², se demuestra que se cumplen con los rangos establecidos en la norma para su clasificación estructural.

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión f'_b mínimo en Mpa (Kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 150 mm		
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)

Conclusión de la hipótesis específica N°1

Se demostró parcialmente la hipótesis específica N°1 que indica que “La clasificación del suelo según SUCS de la zona Juscapampa del distrito de San Jerónimo para la fabricación de las unidades de albañilería tipo lego elaboradas con suelo -cemento será una arcilla inorgánica CL.”

El suelo de la zona de Juscapampa según la clasificación de suelos por el método SUCS, es un suelo de grano fino, arcilla de alta plasticidad (CH).

Conclusión de la hipótesis específica N°2

Se demostró que se cumple con la hipótesis específica N°2, que indica lo siguiente: “La dosificación para la fabricación de las unidades de albañilería tipo lego elaboradas con suelo -



cemento si contribuyen a lograr unidades de albañilería que logran una clasificación estructural tipo V de acuerdo con la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería”.

Porque con la dosificación realizada para la fabricación de unidades de albañilería de suelo cemento, se logró determinar los valores de la variación dimensional, alabeo y resistencia a compresión, con lo que se hizo una clasificación estructural de las unidades de albañilería de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.

Con los ensayos clasificatorios como el alabeo máximo de 2 mm, variación dimensional de 0.389 % del largo, 0.125 % del ancho, 0.111 % de alto, resistencia a compresión de 86.16 kg/cm², se demuestra que se cumplen con los rangos establecidos en la norma para su clasificación estructural.

Conclusión de la hipótesis específica N°3

Se demostró parcialmente la hipótesis específica N°3 que indica lo siguiente: “Las unidades de albañilería ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento, se encontrarán clasificadas como tipo V, según los ensayos de clasificación de la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería”.

Las unidades de albañilería tipo lego elaboradas con suelo-cemento se encuentran en el rango que lo caracteriza como de ladrillo tipo II.

Con los ensayos clasificatorios como el alabeo máximo de 2 mm, variación dimensional de 0.389 % del largo, 0.125 % del ancho, 0.111 % de alto, resistencia a compresión de 86.16 kg/cm², se demuestra que se cumplen con los rangos establecidos en la norma para su clasificación estructural.

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión f _b mínimo en Mpa (Kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 150 mm		
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)



Conclusión de la hipótesis específica N°4

Se demostró la hipótesis específica N°4 que indica lo siguiente: “Las unidades de albañilería ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento, presentan un módulo de elasticidad mayor a 1000 kg/cm² y un coeficiente de Poisson de 0.25”.

El módulo de elasticidad de la unidad de albañilería compuesta por suelo cemento obtenido es de 2,331.59 kg/cm², superando el valor de la hipótesis, así mismo según las fórmulas empíricas de la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería, se logró obtener de los valores del módulo de elasticidad de las pilas de albañilería, el módulo de corte y el módulo de Poisson, como se muestra a continuación:

Em en pilas = 31694.5 kg/cm², Gm en muretes= 12671.8 kg/cm² y Modulo de Poisson $\nu=0.25$

Conclusión de la hipótesis específica N°5

Se demostró que se cumple con la hipótesis específica N°5 que indica siguiente: “La albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo), superarán la resistencia $f'm=35$ kg/cm² del ladrillo de arcilla artesanal, de acuerdo a la norma técnica peruana E.070 albañilería”.

De acuerdo al ensayo de resistencia a la compresión en pilas construidas con unidades elaboradas con suelo cemento y ensambladas con tubos PVC se obtiene una resistencia a la compresión de $f'm=63.389$ kg/cm² superando así la resistencia a compresión en pilas de $f'm=35$ kg/cm² del ladrillo king kong artesanal de acuerdo a la norma técnica peruana E.070 albañilería. El tubo al poseer una propiedad de resistencia a compresión de 170 kg/cm², aporta a la resistencia de compresión en las pilas conformadas por las unidades de albañilería.

Conclusión de la hipótesis específica N°6

Se demostró que no se cumple con la hipótesis específica N°6 que indica lo siguiente.” La albañilería compuesta por unidades ecológicas tipo lego elaboradas con suelo-cemento y ensambladas con tubos PVC (cloruro de polivinilo), superarán la resistencia $v'm=5.1$ kg/cm² del king kong artesanal”

De acuerdo al ensayo de compresión diagonal en muretes se pudo observar que no se superó la resistencia del ladrillo de arcilla king kong artesanal que es de 5.1 kg/cm², ya que los muretes de albañilería compuestos por unidades elaboradas con suelo cemento y ensambladas con tubos de PVC llegaron a una resistencia de 4.279 kg/cm².

Los tubos PVC proporcionaron ductilidad al muro, pero no influye en la resistencia a corte.



Conclusión de la hipótesis específica N°7

No se demostró la hipótesis específica N°7 que indica lo siguiente.” Las unidades de albañilería ecológicas tipo lego fabricadas con suelo-cemento y tubos PVC (cloruro de polivinilo) en el departamento de Cusco tendrán un valor menor a S/. 1.00 por unidad.”

De acuerdo a un análisis de costos unitarios se obtuvo el precio unitario de 1.48 soles por unidad, por lo cual no se logró obtener una unidad de albañilería más económica.



Recomendaciones

Recomendación N°1

Para mejorar la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería elaboradas con suelo-cemento, se recomienda realizar un diseño de mezcla para una resistencia específica para poder lograr una dosificación ideal la cual mejore su resistencia a compresión y que pueda lograr clasificarla como un ladrillo tipo V de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.

Recomendación N°2

Se recomienda realizar una investigación con otro material de conexión entre unidades de albañilería por ejemplo utilizar material reciclado de concreto o de modificar la geometría de la unidad de tal forma que permita la conexión entre sí. Con el objetivo de reducir la contaminación ambiental, el costo de fabricación y de construcción de muros.

Recomendación N°3

Se recomienda la adición de fibras, en la dosificación de materiales para la elaboración de las unidades de albañilería, para aumentar su resistencia.

Recomendación N°4

Se recomienda realizar investigaciones en la elaboración de muros de albañilería con unidades tipo lego, elaboradas con suelo-cemento reforzarlas con malla, ya que en nuestra investigación se pudo observar que al momento de realizar el ensayo de resistencia a compresión diagonal las unidades empezaron a separarse.

Recomendación N°5

Se recomienda desarrollar una investigación sobre unidades de albañilería elaboradas con suelo-cemento reciclado para poder observar si es posible su reutilización o realizar mejoras según sea el caso para así mitigar la contaminación ambiental y la explotación del suelo.

Recomendación N°6

Se recomienda diseñar una máquina prensadora en la cual se pueda observar la presión, para así tener un control de la presión ejercida en la elaboración de unidades de albañilería de suelo-cemento.



Referencias

- A. Millones. (2008). *Estudio de agregados, tesis ing. Civil Universidad Ricardo Palma*. Lima.
- Aceros Arequipa. (2010). Construyendo con Juan seguros. *Construyendo*.
- Aceros Arequipa. (2010). Manual de construcción. *manual de construcción*.
- Alassia, I. C. (s.f.). *INTA Rafaela*. Obtenido de INTA Rafaela:
http://rafaela.inta.gov.ar/productores97_98/p108.htm
- ASTM C469, ASTM. (2010). *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*. Internacional.
- ASTM C78, ASTM. (2015). *Resistencia a la flexión*. Internacional.
- ASTM D-1557, ASTM. (1998). *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ((2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³))*. Internacional.
- ASTM D423, ASTM. (1998). *LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO*. Internacional.
- Auxilab S.L. (2018). Material de laboratorio. *Auxilab S.L.*
- Bautermic S.A. (2018). Estufas y hornos para laboratorio. *Estufas y hornos para laboratorio*.
- Behar Rivero, D. S. (2008). *Metodología de la investigación*. editorial Shalom.
- Bowles, J. (1981). *Manual de laboratorio de suelos*. Mexico.
- Bowles, J. E. (1981). *manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. Bogota: McGRAW-HILL.
- Cabo Laguna, M. (2011). "Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción". (*Tesis de pre-grado*). Universidad pública de Navarra, Navarra.
- Cementos Yura. (2019). *ficha técnica Cemento tipo Ip*.
- Choque Ruelas, G. E., & Huaman Meza, J. (2015). Adobes comprimidos suelo-cemento una alternativa ecológica. *Instituto de la construcción y gerencia-ICG*.
- Ciencia y sociedad. (2008). El suelo-cemento como material de construcción.
- D2216-98, ASTM. (1998). *Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock*. Internacional.
- D422-63, ASTM. (1998). *Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils*. Internacional.
- Delgado Salazar, W., & Bravo Paredes, J. (2017). Análisis de las propiedades de un prototipo de unidad de albañilería fabricada a partir de suelo-cemento y fibras de polipropileno en la ciudad de Cusco. (*Tesis de pre-grado*). Universidad Andina del Cusco, Cusco-Peru.
- Dirección General de Salud Ambiental. (2015). *informe nacional de calidad del aire 2013-2014*.
- Ecured. (2012). https://www.ecured.cu/Ladrillo_ecol%C3%B3gico.
- Enrique Pascal Carbajal. (1998). *Temas de Tecnología del Concreto en el Perú*. Lima.
- Eulalio Juárez Badillo. (s.f.). *Mecánica de suelos I*. Limusa.



- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gatani, M. P. (2000). *Ladrillos de suelo -cemento: manpuesto tradicional en base a un material sostenible*. Cordoba: CONICET.
- Juarez Badillo Rico rodriguez. (s.f.). *Mecánica de suelos tomo 2*. Mexico: Limusa.
- Liro, D. (2016). Reformas de albañilería en Zaragoza.
- Medina Pilares, E., & Huarca Murillo, J. (2016). "Evaluación de las variaciones de resistencia a flexión por adherencia, compresión axial y diagonal en muros de albañilería elaborados con Ladrillo Tipo Blocker asentado con Morteros Normalizados tipo P2 y NP, según la Norma E.070". (*Tesis de pre-grado*). Universidad Andina del Cusco, Cusco-Perú.
- Medina Robalino, W., & Chimbo Andy, V. (2015). "Análisis de la resistencia a la compresión de ladrillos prensados interconectables elaborados de barro, cagahua y puzolana, con adiciones de cemento, cumpliendo la norma ecuatoriana de la construcción (NEC 2015)". (*Tesis de Pre-Grado*). Universidad técnica de Ambato, Ambato.
- Ministerio de transportes y comunicaciones E 108. (2016). *Determinación del contenido de humedad de un suelo*. Lima: El Perunao.
- Ministerio de transportes y comunicaciones E-106. (2016). *Preparación en seco de muestras para el análisis granulométrico y determinación de las constantes del suelo*.
- Ministerio de transportes y comunicaciones E-107. (2016). *Manual de ensayo de materiales*.
- Ministerio de vivienda, c. y. (2019). *Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima.
- MTC E 107, MTC. (2016). *Análisis granulométrico de suelos por tamizado*. Lima.
- MTC E 108 ,MTC. (2016). *Determinación del contenido de humedad de un suelo*. Lima.
- MTC E 108 ,MTC. (2016). *Muestreo de suelos y rocas*. Lima.
- MTC E 110, MTC. (2016). *Determinación del límite líquido de los suelos*. Lima.
- MTC E 111, MTC. (2016). *Determinación del límite plástico (L.P) de los suelos e índice de plasticidad (I.P)*. Lima.
- MTC E 115 , MTC. (2016). *Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (proctor modificado)*. Lima.
- Norma Técnica Peruana E.060 Concreto Armado. (2009). *Concreto Armado*.
- Norma Técnica Peruana 339.009. (1997). *Cemento*.
- Norma Técnica Peruana E 050 Suelos y Cimentaciones. (2006). *Suelos y Cimentaciones*.
- Norma Técnica Peruana E 070 Albañilería. (2006). *Albañilería*.
- Norma Técnica Peruana E 070 Albañilería. (2006). *Norma Técnica E. 070 Albañilería*. Lima.
- NTP 339.129, Norma Técnica Peruana. (1999). *Suelos: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos*. Lima.



- NTP 339.141, Norma Técnica Peruana. (1999). *Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).* Lima.
- NTP 399.604, NTP. (2005). *Normas de unidades.* Lima.
- NTP 399.605, NTP. (2018). *Unidades de albañilería.* Lima.
- NTP 399.613, NTP. (2005). *Normas de unidades.* Lima.
- NTP 399.621, NTP. (2004). *Unidades de albañilería: Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.* Lima.
- Pavco Vinduit. (2017). Ficha Técnica. *Tubos Pavco.*
- PVC. (s.f.). Obtenido de Galeon.com hispavista: <http://www.elregante.galeon.com/pvc.html>
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación.* Mexico: Mc Graw Hill.
- San Bartolomé, Á. (1994). *Construcciones de albañilería comportamiento sísmico y diseño estructural.* Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- San Bartolomé, Á. (2006). *Albañilería Estructural.* Lima: Pontificie Universidad Católica del Perú.
- San Bartolomé., Á. (2008). *Comentario a la norma E.70 albañilería.* Lima: Sencico.
- Semiramis elena arauco vera. (2010). *Estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido utilizando cemento de la republica dominicana Quisqueya portalnd-tipo I.* Lima.
- Serve real instruments. (2018). Equipo de prueba de suelo. *tamiz de prueba de laboratoio.*
- Tamayo Rodríguez, A., & Luis Villegas, L. (2002). *Tuberías.*
- Tamayo Tamayo, M. (2006). *el proceso de la investigación científica.* Limusa Noriega editores.
- Toirac Corral, J. (2008). *El suelo-cemento como material de cosntruccion.*
- UTEST equipos para ensayos de materiales. (2018). *Aparatos manuales para limite liquido. Aparatos manuales y motorizados para suelos.*