



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ADOBE ESTABILIZADAS CON FIBRA DE POLIÉSTER FRENTE AL ADOBE TRADICIONAL, DE LAS ADOBERAS UBICADAS EN EL DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN-CUSCO”

Presentado por:

Bach. Alagón Huaranca, José Antonio.

Bach. Neira Atamari, Ronald Saul Edward.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Dr. Ing. Elvis Yuri Mamani Vargas.

CUSCO- PERÚ

2020



DEDICATORIA

*La presente tesis va dedicado a todas las mujeres que conforman mi familia y en especial a mi madre
Helba Maribel Huarancca Quispe quien es el motor y motivo para mi formación profesional.*

Atte.: José Antonio Alagón Huarancca



DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado primeramente a Dios, y con mucho cariño a mis padres Esther y Edwin, hermanos Marcela y Dilbert que siempre han sido el motivo para seguir adelante cada día, y a ti que en estos últimos años me has enseñado a ver la vida de una manera distinta.

Atte.: Ronald Saul Edwar Neira Atamari



AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor Dr. Ing. Elvis Yuri Mamani Vargas por brindarnos el apoyo, ánimo y compromiso para encaminar y conseguir culminar la presente tesis de investigación.

A todos nuestros docentes e ingenieros que han contribuido a que podamos formarnos como profesionales de bien.



RESUMEN

La presente investigación denominada: “ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ADOBE ESTABILIZADAS CON FIBRA DE POLIÉSTER FRENTE AL ADOBE TRADICIONAL, DE LAS ADOBERAS UBICADAS EN EL DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN-CUSCO” donde el objetivo fue comparar la conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas del adobe estabilizado con fibra de poliéster frente al adobe tradicional deseando innovar con nuevas aplicaciones en la elaboración de elementos de adobe sostenibles y eco-amigables con el medio ambiente a través de la incorporación de fibras de poliéster, determinadas en función de porcentaje en peso de la unidad de adobe tradicional tomando en cuenta también la trabajabilidad de la mezcla, siendo la fibra de poliéster un material 100% reciclado de las botellas de plástico que al estabilizarlos con el elemento de adobe sea capaz de mejorar sus propiedades térmicas y físico-mecánicas haciéndola más resistente a los fenómenos naturales como: sismos, heladas, nevadas, friajes, lluvias, etc. en zonas rurales y altoandinas del Perú.

La metodología usada en la presente investigación fue de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo e hipotético-deductivo y diseño cuasi experimental, para lo cual se elaboró 52 elementos de adobe tradicionales, 52 elementos de adobe estabilizados al 0.25%, 52 elementos de adobe estabilizados al 0.50% y 52 elementos de adobe estabilizado al 0.75% para realizar una comparación que busca mejorar la conductividad térmica y las propiedades físico-mecánicas según la Norma Técnica Peruana E070, E080 y Norma Española UNE 41410. A través del uso de formatos como: recolección de datos, procedimientos de datos y resultados.

Donde se evaluaron el alabeo, variación dimensional, succión de agua, absorción de agua, erosión acelerada de Swinburne (SAET), desgaste por goteo, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y la conductividad térmica en el laboratorio de suelos de la Universidad Andina del Cusco. Resultando así los adobes estabilizados al 0.25%, 0.50% y 0.75% mejores que los adobes tradicionales respecto a la conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas.

Como resultado, los elementos adobes tradicionales mostraron 0.89 (w/(m-°K)) de conductividad térmica y 10.3 kg/cm² de resistencia a la compresión siendo superado por los adobes estabilizados al 0.25% con 0.75 (w/(m-°K)) de conductividad térmica y 15.2 kg/cm² de resistencia a la compresión, 0.50% con 0.70 (w/(m-°K)) de conductividad térmica y 19.1 kg/cm² de resistencia



a la compresión y al 0.75% con 0.67 (w/(m-°K)) de conductividad térmica y 20.4 kg/cm² de resistencia a la compresión, por tal se recomienda el elemento de adobe estabilizado al 0.50% para su fabricación comercial.

Palabras claves: Adobe, estabilizado, Norma E-0.80, fibra de poliéster, físico, mecánicas, conductividad térmica, ECOTERM.



ABSTRACT

The present investigation called: "COMPARATIVE STUDY OF THERMAL CONDUCTIVITY AND PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF ADOBE UNITS STABILIZED WITH POLYESTER FIBER IN FRONT OF TRADITIONAL ADOBE, OF THE ADOBERAS LOCATED IN THE DISTRICT OF SAN SEBASTIÁN-CUSCO properties" Physico-mechanical adobe stabilized with polyester fiber compared to traditional adobe wishing

Innovate with new applications in the elaboration of sustainable and eco-friendly adobe elements with the environment through the transformation of polyester fibers, determined according to the weight percentage of the traditional adobe unit, also taking into account the workability of the mix, being polyester fiber a 100% recycled material of plastic bottles that is stabilized with the adobe element, capable of overcoming its thermal and physical-mechanical properties, making it more resistant to natural phenomena such as: earthquakes, frost, snow, cold, rain, etc. in rural and high Andean areas of Peru.

The methodology used in this research was a quantitative approach, a descriptive and hypothetical-deductive level, and a quasi-experimental design, for which 52 traditional adobe elements, 52 adobe elements stabilized at 0.25%, 52 adobe elements stabilized at 0.50 were developed. % and 52 elements of adobe stabilized at 0.75% to make a comparison that seeks to improve thermal conductivity and physical-mechanical properties according to Peruvian Technical Standard E070, E080 and Spanish Standard UNE 41410. Through the use of formats such as: data, data procedures and results.

Where warpage, dimensional variation, water suction, water absorption, Swinburne Accelerated Erosion (SAET), drip wear, compressive strength, flexural strength and thermal conductivity were evaluated in the university soil laboratory Andean from Cusco. Thus, adobes stabilized at 0.25%, 0.50% and 0.75% are better than traditional adobes with regard to thermal conductivity and physical-mechanical properties.

As a result, traditional adobe elements showed 0.89 (w / (m- ° K)) of thermal conductivity and 10.3 kg / cm² of compressive strength being surpassed by 0.25% stabilized adobes with 0.75 (w / (m- ° K)) of thermal conductivity and 15.2 kg / cm² of compression resistance, 0.50% with 0.70 (w / (m- ° K)) of thermal conductivity and 19.1 kg / cm² of compression resistance and 0.75%



with $0.67 \text{ (w / (m- } ^\circ \text{ K))}$ thermal conductivity and 20.4 kg / cm^2 compressive strength, therefore the adobe element stabilized at 0.50% is recommended for commercial manufacture.

Key words: Adobe, stabilized, Standard E-0.80, polyester fiber, physical, mechanical, thermal conductivity, ECOTERM.



INTRODUCCIÓN

El elemento de adobe en nuestro país forma parte fundamental para la construcción de viviendas en las zonas rurales y altoandinas, esto debido a su bajo costo y su fácil implementación, sin embargo, este elemento de albañilería presenta un bajo nivel de resistencia a los fenómenos naturales. Cabe mencionar que en las regiones con mayor construcción de vivienda con adobe son: Huancavelica (82,4%), Apurímac (76,1%), Cajamarca (70,3%) y Cusco (67,3%), según las encuestas del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda, 2017), además de ocupar la región Cusco el primer lugar con 207 declaratorias de emergencia a causa de las terribles nevadas y heladas en las zonas altoandinas generando afecciones a la salud de las personas y la mortandad de sus animales, según él (SENAMHI, 2018) y la falta de reciclaje de los residuos sólidos entre ellos las botellas de plástico que pueden obtener un segundo uso.

Razón por la cual esta investigación se realiza con el fin de incorporar nuevas tecnologías a los elementos de adobe tal como la fibra de poliéster que es 100% reciclado de las botellas de plástico, buscando así mejorar la conductividad térmica y sus propiedades físico-mecánicas, para dar a conocer a la comunidad cusqueña acerca de nuevas tecnologías en los materiales de construcción para viviendas de adobe con confort térmico en las zonas rurales y altoandinas del Cusco.

La investigación pretende elaborar elementos de adobe tradicional y estabilizadas con fibra de poliéster al 15 gr., 30 gr y 45 gr que representan 0.25%, 0.50% y 0.75% respecto al peso del elemento de adobe, las cuales serán sometidas a ensayos para determinar su conductividad térmica y sus propiedades físico mecánicas basándonos en la Norma Técnica Peruana NTP E0.70, NTP E.080, norma ASTM C177-13, y Norma Española UNE 41410, para luego realizar una comparación y emitir sus conclusiones.

Finalmente, la investigación está conformada por lo siguiente:

Capítulo I Planteamiento del Problema, podemos encontrar la Identificación del Problema, Justificación e Importancia de la Investigación, Limitaciones de la Investigación y Objetivos de la Investigación.

Capítulo II Marco Teórico, encontramos los Antecedentes de la Tesis, Bases Teóricas, Hipótesis y Definición de Variables.



Capítulo III Metodología, encontramos la Metodología de la Investigación, Diseño de la Investigación, Población y Muestra, Instrumentos, Procedimientos de recolección de datos y Procedimiento de Análisis de Datos.

Capítulo IV Resultados, donde se presentan los resultados de análisis de datos obtenidos en la investigación, tanto en las pruebas de campo y en los ensayos de laboratorio, estos resultados mostraran las mejoras obtenidas al realizar la estabilización del adobe.

Capítulo V Discusión de los resultados, donde se compara, se contrasta y discute los resultados obtenidos en la presente investigación, para poder reconocer las debilidades o limitaciones y fortalezas o aportes de la investigación, esto para poder extraer conclusiones y formular recomendaciones.

Para concluir se encontrará en la investigación: Glosario, Conclusiones, Recomendaciones, Referencias y Anexos.



ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	ix
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Identificación del problema.....	1
1.1.1. Descripción del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema	7
1.2. Justificación e importancia de la investigación.....	8
1.2.1. Justificación técnica	8
1.2.2. Justificación social	8
1.2.3. Justificación por viabilidad	8
1.2.4. Justificación por relevancia.....	9
1.3. Limitaciones de la investigación	9
1.3.1. Limitaciones de orden geográfico	9
1.3.2. Limitaciones de tiempo	9
1.3.3. Limitaciones por el material.....	9
1.4. Objetivos	11
1.4.1. Objetivo general	11
1.4.2. Objetivos específicos.....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1. Antecedentes de la tesis.....	12



2.1.1. Antecedentes a nivel nacional	12
2.1.2. Antecedentes a nivel internacional.....	13
2.2. Bases teórico – científicas	14
2.2.1. Adobe	14
2.2.2. Fibra de poliéster	17
2.2.3. Fibra de poliéster ECOTERM.....	20
2.2.4. Componentes del adobe	21
2.2.5. Fabricación del adobe.....	23
2.2.6. Viviendas de adobe a nivel nacional y en Cusco	27
2.2.7. Adobe, confort térmico y sostenibilidad	30
2.2.8. Pruebas in situ de selección del suelo	31
2.2.9. Ensayos de laboratorio	33
2.3. Hipótesis.....	59
2.3.1. Hipótesis general	59
2.3.2. Sub hipótesis	59
2.4. Definición de variables.....	60
2.4.1. Variables independientes.....	60
2.4.2. Variables dependientes.....	60
2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables	62
CAPÍTULO III: METODOLOGIA	63
3.1. Metodología de la investigación	63
3.1.1. Enfoque de la investigación	63
3.1.2. Nivel o alcance de la investigación	63
3.1.3. Método de investigación	63
3.2. Diseño de la investigación.....	63



3.2.1. Diseño metodológico.....	63
3.2.2. Diseño de ingeniería.....	64
3.3. Población y muestra	66
3.3.1. Población.....	66
3.3.2. Muestra.....	66
3.3.3 Criterios de inclusión	67
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.....	77
3.5.1. Cuestionario de elaboración de adobe tradicional.....	77
3.5.2 Pruebas de campo al suelo	79
3.5.3. Obtención de la fibra de poliéster	84
3.5.4. Fabricación de los elementos de adobe.....	85
3.5.5. Pruebas de laboratorio.....	89
3.6. Procedimientos de análisis de datos	124
3.6.1. Cuestionario de elaboración de adobe tradicional.....	124
3.6.2. Pruebas de campo al suelo	126
3.6.3. Ensayo de laboratorio al suelo	128
CAPITULO IV: RESULTADO	159
4.1. Resultado del cuestionario de elaboración de adobe tradicional.....	159
4.2. Resultado de las pruebas de campo al suelo	159
4.3. Resultado de los ensayos en laboratorio	160
4.3.1. Resultado del ensayo límites de Atterberg.....	160
4.3.2. Resultado del ensayo análisis granulométrico	160



4.3.3. Resultado del ensayo de alabeo.....	161
4.3.4. Resultado del ensayo de variación dimensional.....	162
4.3.5. Resultado del ensayo de succión de agua.....	163
4.3.6. Resultado del ensayo de absorción de agua	164
4.3.7. Resultado del ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET)	165
4.3.8. Resultado del ensayo de desgaste por goteo	166
4.3.9. Resultado del ensayo de resistencia a la compresión	167
4.3.10. Resultado del ensayo de resistencia a la tracción por flexión	168
4.3.11. Resultado del ensayo de conductividad térmica	169
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	172
5.1. Contraste de resultados con referentes del marco teórico	172
5.2. Interpretación de los resultados encontrados en la investigación	173
5.3. Comentarios de la demostración de la hipótesis	173
5.4. Aporte de la investigación.....	173
5.5. Incorporación de temas nuevos que se han presentado durante el proceso de la investigación que no estaba considerado dentro de los objetivos de la investigación	174
GLOSARIO.....	176
CONCLUSIONES	180
RECOMENDACIONES	183
REFERENCIAS	185
ANEXOS.....	188



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Perú: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material predominante en las paredes exteriores, según departamento, 2017</i>	<i>1</i>
<i>Tabla 2: Número de emergencias por motivo de nevadas por región (INDECI).....</i>	<i>2</i>
<i>Tabla 3: Composición de residuos sólidos en la provincia de Cusco</i>	<i>5</i>
<i>Tabla 4 :Ubicación política y geográfica del distrito de San Sebastián- Cusco.</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 5: Conductividad térmica del adobe con relación a su densidad.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 6: Perú: Viviendas particulares con ocupantes presentes, según material predominante en las paredes exteriores, 1993 -2017 (absoluto y porcentaje) - evolución del uso del adobe en viviendas a nivel nacional.</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 7: Perú: Viviendas particulares con ocupantes presentes, según área de residencia y material predominante en las paredes exteriores, 2007 y 2017 (absoluto y porcentaje) - evolución del uso del adobe en viviendas a nivel urbano y rural.</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 8: Tamaños de mallas estándar</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 9: Clasificación de suelos SUCS.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 10: Carta de Casagrande (gráfico de plasticidad).....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 11: Símbolos y nombres típicos para suelos de grano grueso.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 12: Símbolos y nombres típicos para suelos de grano fino.</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 13: Sistema de clasificación AASHTO.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 14: Parámetros de los materiales con buenos aislantes térmicos, moderados o pobres ...</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 15: Cuantificación de la muestra.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 16: Formato – cuestionario para determinar las características en la elaboración de los elementos de adobe.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 17: Formato – prueba de campo – cinta de barro.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 18: Formato – prueba de campo – presencia de arcilla- resistencia Seca</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 19: Formato – prueba de campo – taxonomía de los suelos USDA.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 20: Formato – ensayo de laboratorio – límite líquido</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 21: Formato – ensayo de laboratorio – limite plástico</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 22: Formato – ensayo de laboratorio – granulometría.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 23: Formato – ensayo de laboratorio – alabeo</i>	<i>72</i>



<i>Tabla 24: Formato – ensayo de laboratorio – variabilidad dimensional.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 25: Formato – ensayo de laboratorio – succión.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 26: Formato – ensayo de laboratorio – absorción.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 27: Formato – ensayo de laboratorio – erosión acelerada (SAET).....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 28: Formato – ensayo de laboratorio – desgaste por goteo.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 29: Formato – ensayo de laboratorio – resistencia a la compresión.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 30: Formato – ensayo de laboratorio – resistencia a la tracción por flexión.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 31: Formato – ensayo de laboratorio – conductividad térmica.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 32: Cuestionario para determinar las características en la elaboración de adobes tradicionales.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 33: Recolección de datos – cinta de barro –muestra de suelo.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 34: Recolección de datos – presencia de arcillas –muestra de suelo.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 35: Recolección de datos – taxonomía de los suelos USDA–muestra de suelo.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 36: Recolección de datos – límite líquido – muestra de suelo.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 37: Recolección de datos – limite plástico – muestra de suelo.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 38: Recolección de datos – granulometría – muestra de suelo.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 39: Recolección de datos – alabeo – adobe tradicional.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 40: Recolección de datos – alabeo – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 41: Recolección de datos – alabeo – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 42: Recolección de datos – alabeo – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 43: Recolección de datos – variación dimensional – adobe tradicional.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 44: Recolección de datos – variación dimensional – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 45: Recolección de datos – variación dimensional – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 46: Recolección de datos – variación dimensional – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 47: Recolección de datos – succión – adobe tradicional.....</i>	<i>102</i>



<i>Tabla 48: Recolección de datos – succión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 49: Recolección de datos – succión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 50: Recolección de datos – succión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 51: Recolección de datos – absorción – adobe tradicional.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 52: Recolección de datos – absorción – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 53: Recolección de datos – absorción – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 54: Recolección de datos – absorción – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 55: Recolección de datos – erosión acelerada (SAET) – adobe tradicional.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 56: Recolección de datos – erosión acelerada (SAET) – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 57: Recolección de datos – erosión acelerada (SAET) – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 58: Recolección de datos – erosión acelerada (SAET) – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 59: Recolección de datos – desgaste por goteo – adobe tradicional.....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 60: Recolección de datos – desgaste por goteo – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 61: Recolección de datos – desgaste por goteo – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 62: Recolección de datos – desgaste por goteo – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 63: Recolección de datos – resistencia a la compresión – adobe tradicional.....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 64: Recolección de datos – resistencia a la compresión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>116</i>



<i>Tabla 65: Recolección de datos – resistencia a la compresión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 66: Recolección de datos – resistencia a la compresión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 67: Recolección de datos – resistencia a la tracción por flexión – adobe tradicional</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 68: Recolección de datos – resistencia a la tracción por flexión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 69: Recolección de datos – resistencia a la tracción por flexión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 70: Recolección de datos – resistencia a la tracción por flexión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 71: Recolección de datos – conductividad térmica – adobe tradicional.....</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 72: Recolección de datos – conductividad térmica – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 73: Recolección de datos – conductividad térmica – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 74: Recolección de datos – conductividad térmica – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 75: Procesamiento – prueba de campo – cuestionario</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 76: Cálculo – prueba de campo – prueba cinta de barro.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 77: Cálculo – prueba de campo – prueba de resistencia seca de la bola</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 78: Cálculo de valores – prueba de campo – taxonomía de los suelos USDA.....</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 79: Cálculo de valores – ensayo de laboratorio – límite líquido</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 80: Cálculo de valores – ensayo de laboratorio – límite plástico.....</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 81: Cálculo de valores – ensayo de laboratorio – índice de plasticidad</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 82: Cálculo de valores – ensayo de laboratorio – análisis granulométrico</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 83: Cálculo de valores – alabeo – adobes tradicionales.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 84: Cálculo de valores - alabeo – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25% .</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 85: Cálculo de valores - alabeo – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50% .</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 86: Cálculo de valores - alabeo – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75% .</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 87: Cálculo de valores – variación dimensional – adobes tradicionales.....</i>	<i>136</i>



<i>Tabla 88: Cálculo de valores – variación dimensional – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 89: Cálculo de valores – variación dimensional – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 90: Cálculo de valores – variación dimensional – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>138</i>
<i>Tabla 91: Cálculo de valores – succión – adobes tradicionales</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 92: Cálculo de valores – succión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>139</i>
<i>Tabla 93: Cálculo de valores – succión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>140</i>
<i>Tabla 94: Cálculo de valores – succión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>140</i>
<i>Tabla 95: Cálculo de valores – absorción – adobes tradicionales.....</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 96: Cálculo de valores – absorción – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 97: Cálculo de valores – absorción – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 98: Cálculo de valores – absorción – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 99: Nivel de oquedad (SAET)</i>	<i>144</i>
<i>Tabla 100: Cálculo de valores – erosión acelerada de Swinburne (SAET) – adobes tradicionales.....</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 101: Cálculo de valores – erosión acelerada de Swinburne (SAET)– adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 102: Cálculo de valores – erosión acelerada de Swinburne (SAET)– adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 103: Cálculo de valores – erosión acelerada de Swinburne (SAET)– adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 104: Nivel de oquedad desgaste por goteo</i>	<i>147</i>
<i>Tabla 105: Cálculo de valores – desgaste por goteo– adobes tradicionales</i>	<i>148</i>



<i>Tabla 106: Cálculo de valores – desgaste por goteo– adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 107: Cálculo de valores – desgaste por goteo– adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 108: Cálculo de valores – desgaste por goteo– adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 109: Cálculo de valores – resistencia a la compresión– adobes tradicionales</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 110: Cálculo de valores – resistencia a la compresión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 111: Cálculo de valores – resistencia a la compresión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 112: Cálculo de valores – resistencia a la compresión – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 113: Cálculo de valores – resistencia a la tracción por flexión– adobes tradicionales ..</i>	<i>154</i>
<i>Tabla 114: Cálculo de valores – resistencia a la tracción por flexión– adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>154</i>
<i>Tabla 115: Cálculo de valores – resistencia a la tracción por flexión– adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 116: Cálculo de valores – resistencia a la tracción por flexión– adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 117: Parámetros de los materiales con buenos aislantes térmicos, moderados o pobres</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 118: Cálculo de valores – conductividad térmica – adobes tradicionales.....</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 119: Cálculo de valores – conductividad térmica – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.25%.....</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 120: Cálculo de valores – conductividad térmica – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.50%.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 121: Cálculo de valores – conductividad térmica – adobe estabilizado con fibras de poliéster al 0.75%.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 122: Resultado – pruebas de campo de selección del suelo.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 123: Resultado – carta Casagrande</i>	<i>160</i>



<i>Tabla 124: Resultado – clasificación AASHTO.....</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 125: Resultado – clasificación SUCS</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 126: Comparación de los costos de adobe tradicional vs adobe estabilizado con fibra de poliéster</i>	<i>174</i>
<i>Tabla 127: Resumen – análisis comparativo – ensayo de laboratorio.....</i>	<i>180</i>



ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Botellas PET recicladas y compactadas</i>	3
<i>Figura 2: Botella de bebidas</i>	4
<i>Figura 3: Generación de residuos domiciliarios en la provincia de Cusco</i>	4
<i>Figura 4: Ubicación geográfica departamental, provincial y distrital de San Sebastián.</i>	6
<i>Figura 5: Estructura química de la fibra de poliéster (PET)</i>	17
<i>Figura 6: Rollo de fibra de poliéster ECOTERM</i>	20
<i>Figura 7: Propiedades de la fibra de poliéster ECOTERM</i>	20
<i>Figura 8: Características técnicas de la fibra de poliéster ECOTERM</i>	21
<i>Figura 9: Dimensiones y propiedades de la fibra de poliéster ECOTERM</i>	21
<i>Figura 10: Prueba de la cinta de barro</i>	32
<i>Figura 11: Prueba de resistencia seca</i>	32
<i>Figura 12: Taxonomía de los suelos USDA</i>	33
<i>Figura 13: Cuarteo de la muestra</i>	34
<i>Figura 14: Ensayo de limite plástico</i>	36
<i>Figura 15: Ensayo de Limite Plástico</i>	37
<i>Figura 16: Ensayo de granulometría</i>	39
<i>Figura 17: Medición de alabeo (concavidad y convexidad).</i>	44
<i>Figura 18: Medición de alabeo con cuña milimétrica</i>	45
<i>Figura 19: Medición de la variabilidad dimensional</i>	46
<i>Figura 20: Ensayo de succión</i>	47
<i>Figura 21: Ensayo de succión</i>	47
<i>Figura 22: Elementos de adobe en la bandeja</i>	49
<i>Figura 23: Ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET)</i>	50
<i>Figura 24: Medición de la oquedad</i>	50
<i>Figura 25: Equipo de desgaste por goteo</i>	51
<i>Figura 26: Ensayo de desgaste por goteo</i>	52
<i>Figura 27: Máquina de ensayo a la compresión</i>	53
<i>Figura 28: Ensayo de resistencia a la tracción por flexión del elemento de adobe</i>	55
<i>Figura 29: Flujo de calor generado por la placa caliente</i>	57



<i>Figura 30: Acondicionamiento para el ensayo de la conductividad térmica</i>	58
<i>Figura 31: Sensor de temperatura digital – termocupla tipo K</i>	59
<i>Figura 32: Procedimiento de la prueba de cinta de barro</i>	79
<i>Figura 33: Procedimiento de la prueba resistencia seca de la bola</i>	81
<i>Figura 34: Procedimiento de la taxonomía de los suelos USDA</i>	83
<i>Figura 35: Adquisición de la fibra de poliéster ECOTERM</i>	84
<i>Figura 36: Esquemización de la incorporación de fibras en todo el elemento de adobe</i>	85
<i>Figura 37: Procedimiento de la fabricación de los elementos de adobe tradicional</i>	86
<i>Figura 38: Incorporación de fibras de poliéster en la masa de barro</i>	87
<i>Figura 39: Procedimiento de la fabricación de los elementos de adobe estabilizado con fibras de poliéster</i>	88
<i>Figura 40: Procedimiento del muestreo de suelo</i>	89
<i>Figura 41: Procedimiento del ensayo granulométrico por tamizado</i>	93
<i>Figura 42: Procedimiento del ensayo de alabeo</i>	95
<i>Figura 43: Procedimiento del ensayo de variabilidad dimensional</i>	98
<i>Figura 44: Procedimiento del ensayo de succión</i>	101
<i>Figura 45: Procedimiento del ensayo de absorción</i>	104
<i>Figura 46: Procedimiento del ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET)</i>	108
<i>Figura 47: Procedimiento del ensayo de desgaste por goteo</i>	112
<i>Figura 48: Procedimiento del ensayo de resistencia a la compresión</i>	115
<i>Figura 49: Procedimiento del ensayo de resistencia a la tracción por flexión</i>	118
<i>Figura 50: Procedimientos del ensayo de conductividad térmica</i>	122
<i>Figura 51: Curva granulométrica</i>	132
<i>Figura 52: Diagrama porcentual de arena, limo y arcilla</i>	132
<i>Figura 53: Diagrama porcentual de arena, limo y arcilla</i>	161
<i>Figura 54: Diagrama de barras – resultado – ensayo de alabeo</i>	162
<i>Figura 55: Diagrama de barras – resultado – ensayo de variación dimensional</i>	162
<i>Figura 56: Diagrama de barras – resultado – ensayo de succión de agua</i>	163
<i>Figura 57: Diagrama de barras – análisis comparativo – ensayo de succión de agua</i>	163
<i>Figura 58: Diagrama de barras – resultado – ensayo de absorción de agua</i>	164
<i>Figura 59: Diagrama de barras – análisis comparativo – ensayo de absorción de agua</i>	164



<i>Figura 60: Diagrama de barras – resultado – ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET) -----</i>	<i>165</i>
<i>Figura 61: Diagrama de barras – análisis comparativo – ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET)-----</i>	<i>165</i>
<i>Figura 62: Diagrama de barras – resultado – ensayo de desgaste por goteo-----</i>	<i>166</i>
<i>Figura 63: Diagrama de barras – análisis comparativo – ensayo de desgaste por goteo -----</i>	<i>166</i>
<i>Figura 64: Diagrama de barras – resultado – ensayo de resistencia a la compresión -----</i>	<i>167</i>
<i>Figura 65: Diagrama de barras – análisis comparativo – ensayo de resistencia a la compresión -----</i>	<i>168</i>
<i>Figura 66: Diagrama de barras – resultado – ensayo de resistencia a la tracción por flexión</i>	<i>169</i>
<i>Figura 67: Diagrama de barras – análisis comparativo – ensayo de resistencia a la tracción por flexión -----</i>	<i>169</i>
<i>Figura 68: Diagrama de barras – análisis comparativo – ensayo de conductividad térmica --</i>	<i>170</i>
<i>Figura 69: Diagrama de barras – análisis comparativo – ensayo de conductividad térmica --</i>	<i>171</i>
<i>Figura 70: Diagrama de barras – análisis comparativo – costo (S/.) de Und. de adobe-----</i>	<i>175</i>
<i>Figura 71: Pesaje de la fibra de poliéster en laboratorio-----</i>	<i>188</i>
<i>Figura 72: Porcentajes asumidos-----</i>	<i>188</i>
<i>Figura 73: Mezcla para adobe tradicional -----</i>	<i>188</i>
<i>Figura 74: Paja de longitud 10-12 cm -----</i>	<i>189</i>
<i>Figura 75: Preparación para la base de los adobes -----</i>	<i>189</i>
<i>Figura 76: Elaboración de los adobes -----</i>	<i>189</i>
<i>Figura 77: Mezcla con la fibra de poliester al 0.50% -----</i>	<i>190</i>
<i>Figura 78: Mezcla con la fibra de poliester al 0.75% -----</i>	<i>190</i>
<i>Figura 79: Codificación y marcado de los adobes -----</i>	<i>190</i>
<i>Figura 80: Ensayos de suelo, cinta de arcilla-----</i>	<i>191</i>
<i>Figura 81: Ensayo de la botella-----</i>	<i>191</i>
<i>Figura 82: Ensayo de contenido de arcilla -----</i>	<i>191</i>
<i>Figura 83: Adobes a ser ensayados, al 0.25% y 0.50% -----</i>	<i>192</i>
<i>Figura 84: Ensayo de variabilidad dimensional y alabeo-----</i>	<i>192</i>
<i>Figura 85: Ensayos a succión -----</i>	<i>193</i>
<i>Figura 86: Ensayo de absorción día 1.-----</i>	<i>193</i>



<i>Figura 87: Ensayo de absorción día 2, a las 24 horas.</i>	193
<i>Figura 88: Ensayo de erosión acelerada SAET, calibración</i>	194
<i>Figura 89: Ensayo de erosión acelerada de SAET</i>	194
<i>Figura 90: Medición de la oquedad</i>	194
<i>Figura 91: Ensayo desgaste por goteo</i>	195
<i>Figura 92: Ensayo de resistencia a la compresión</i>	195
<i>Figura 93: Ensayo de resistencia a la tracción por flexión</i>	195
<i>Figura 94: Ensayo de conductividad térmica</i>	196



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

Puntualmente según el Censo 2017, los departamentos con mayor porcentaje de viviendas con el material adobe o tapia son: Huancavelica (82,4%), Apurímac (76,1%), Cajamarca (70,3%) y Cusco (67,3%) siendo este el segundo material más utilizado a nivel nacional en las paredes de las viviendas. (INEI, Perú: crecimiento y distribución de la población, 2017, 2018).

Tabla 1: Perú: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material predominante en las paredes exteriores, según departamento, 2017

Departamento	Total	Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda						
		Ladrillo o bloque de cemento	Piedra o sillar con cal o cemento	Adobe o tapia	Quincha (caña con barro)	Piedra con barro	Madera (pona, tornillo etc.)	Otro material 1/
Total	7 698 900	4 298 274	43 170	2 148 494	164 538	77 593	727 778	239 053
Amazonas	102 407	17 011	133	53 232	6 272	938	23 370	1 451
Ancash	295 899	115 565	422	141 794	2 631	885	4 025	30 577
Apurímac	120 548	25 092	132	91 752	141	1 935	799	697
Arequipa	381 388	294 599	17 613	30 835	7 279	6 249	10 537	14 276
Ayacucho	173 344	45 289	640	107 647	419	6 478	11 343	1 528
Cajamarca	376 223	83 293	339	264 310	9 023	9 708	8 315	1 235
Prov. Const. del Callao	244 820	183 084	1 206	4 505	2 802	176	50 477	2 570
Cusco	323 572	79 207	1 534	217 794	400	8 196	15 192	1 249
Huancavelica	102 996	12 598	464	84 835	147	4 417	232	303
Huánuco	189 813	54 931	347	104 930	370	1 149	26 901	1 185
Ica	221 679	152 981	577	29 064	7 891	305	9 021	21 840
Junín	324 075	160 311	678	107 473	6 318	1 850	43 830	3 615
La Libertad	441 862	203 065	912	228 792	1 585	1 588	1 307	4 613
Lambayeque	289 969	157 972	460	121 671	5 186	224	877	3 579
Lima	2 418 047	1 981 354	11 705	130 745	12 163	2 767	208 178	71 135
Loreto	189 526	67 618	254	1 334	277	430	113 460	6 153
Madre de Dios	39 381	21 010	398	723	5	30	16 310	905
Moquegua	56 457	34 161	145	11 161	310	449	3 187	7 044
Pasco	63 938	25 252	244	21 626	529	505	14 313	1 469
Piura	469 272	222 500	1 429	130 735	61 090	983	8 294	44 241
Puno	386 671	119 455	2 015	226 775	303	26 213	7 754	4 156
San Martín	210 790	103 570	387	23 261	17 695	1 198	60 544	4 135
Tacna	97 545	78 910	478	7 650	465	248	2 613	7 181
Tumbes	60 902	30 935	412	4 766	21 129	433	2 137	1 090
Ucayali	117 776	28 511	246	1 084	108	239	84 762	2 826
Provincia de Lima 2/	2 175 200	1 850 434	10 905	52 272	7 089	1 244	197 660	55 596
Región Lima 3/	242 847	130 920	800	78 473	5 074	1 523	10 518	15 539

1/ Comprende: Triplay, calamina, estera entre otros.
2/ Comprende los 43 distritos que conforman la provincia de Lima.
3/ Comprende las provincias de Barranca, Cajatambo, Canta, Cañete, Huaral, Huarochirí, Huala, Oyón y Yauyos.

Fuente: INEI, Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda, (2017)



Según datos del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) entre el 2003 y 2017 se han presentado 932 emergencias, ver tabla 2, causadas por nevadas en diferentes regiones del país a lo largo de la Cordillera de los Andes, teniendo al Cusco en primer lugar con 207 en número de emergencia por nevadas, estas han variado en intensidad y nivel de afectación pero manifiestan claramente el impacto que tienen las nevadas en esta región del país (SENAMHI, 2018)

Tabla 2: Número de emergencias por motivo de nevadas por región (INDECI)

Región	N° de Emergencias por Nevada (INDECI)
Cusco	207
Apurímac	177
Arequipa	127
Puno	116
Ayacucho	114
Huancavelica	97
Moquegua	44
Junín	18
Tacna	17
Pasco	15
Total	932

Fuente: INDECI, (2018)

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) para el año 2018 en el Cusco se han presentado 239 077 daños a la vida y salud (personas), por las bajas temperaturas, siendo el Centro de Operaciones de Emergencia Regional de Cusco quien se encarga de la entrega de bienes de ayuda humanitaria otorgados por el INDECI las mismas que fueron entregadas a las municipalidades provinciales en su totalidad.

Por lo visto anteriormente el Cusco es un lugar donde preponderan las construcciones en adobe (zonas rurales y altoandinas); ello debido a que el adobe es material de construcción económico y de fácil implementación para la fabricación de viviendas; también se aprecia una mayor cantidad de emergencias a causa de las heladas y nevadas; Cusco se encuentra en el primer lugar; estas emergencias no solo han generado afecciones a la salud de las personas, sino también la mortandad de sus animales (vacuno y ovino). Por ello se debe buscar mejorar la conductividad térmica de



estas viviendas para dar una mejor calidad de vida a las familias humildes que son ellos la población vulnerable en épocas de friaje.

Según el MINAM, (2019), de los residuos sólidos obtenidos, el 54% son orgánicos (frutas, verduras, alimentos y otros) y un 20% son sólidos inorgánicos valorizables (papel, vidrio, cartón, latas, botellas de plásticos, entre otros) de ello en el país solo se recicla el 3% aproximado del mismo, por eso en el Perú busca hacer estrategias de las 3R (reducir, reutilizar y reciclar) en todo el país ya que las cifras que se tiene en el país en cuanto al reciclaje no son muy alentadoras, para ello promueve campañas que busca reducir el consumo de plástico de un solo uso, y al mismo tiempo insta a las personas a reciclarlas para su posterior reutilización, existen empresas recolectoras de PET las cuales le dan un nuevo proceso convirtiéndolas en fibras de poliéster 100% hechas de reciclado de botellas plástico.



Figura 1: Botellas PET recicladas y compactadas

Fuente: MINAM, (2019)

Según la BBC, (2018), “Los plásticos son especialmente problemáticos. Si no se recolectan y gestionan adecuadamente, contaminarán y afectarán los cursos de aguas y los ecosistemas durante cientos, sino miles, de años. Según el informe, en 2016 se generaron en el mundo 242 millones de toneladas de desechos de plástico, que representan el 12% del total de desechos de sólido.”

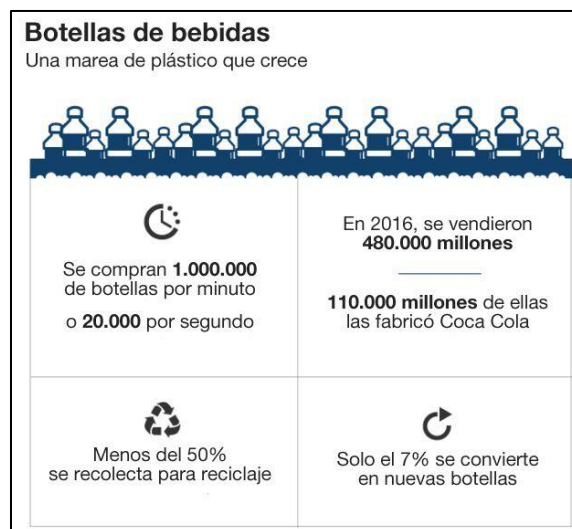


Figura 2: Botella de bebidas

Fuente: BBC, (2018)

Según el (PDU, 2019) Plan de Desarrollo Urbano Cusco al 2023: Se estima una generación domiciliaria total de 277.55 toneladas/día considerando la población urbana de cada uno de los ocho distritos, como se muestra en la siguiente figura.

DISTRITO	2012		
	GPC DOMICILIARIO (KG/HB/DÍA)	POBLACIÓN URBANA	GPC (TON/DÍA)
CUSCO	0.85	118052	100.34
CCORCA	0.21	2346	0.5
POROY	0.495	6800	3.37
SAN JERÓNIMO	0.403	41617	16.77
SAN SEBASTIÁN	0.61	100585	61.35
SANTIAGO	0.62	90296	56.89
SAYLLA	0.3	4383	1.31
WANCHAQ	0.58	63825	37.02
TOTAL		427,904	277.55

Figura 3: Generación de residuos domiciliarios en la provincia de Cusco



En la tabla 3, se presenta la composición de los residuos sólidos por distritos. El distrito de San Sebastián se proyecta una generación de plásticos de 11.17 toneladas/día.

Tabla 3: Composición de residuos sólidos en la provincia de Cusco

COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA PROVINCIA DE CUSCO									
Nº	COMPONENTES	CUSCO	CCORCA	POROY	SAN JERÓNIMO	SAN SEBASTIÁN	SANTIAGO	SAYLLA	WANCHAQ
1	Residuos No Peligrosos	91.1	93.38	89.54	90.34	90.63	91.96	97.52	94.55
1.1	Papel	4.22	1.88	0.83	3.41	2.67	4.34	0	5.55
1.2	Cartón	3.18	1.38	1.4	2.72	1.82	2.25	1.97	3.1
1.3	Vidrio	2.01	5.52	6.35	1.98	2.76	3.39	9.87	4.42
1.4	Metales	2.18	7.58	1.9	3.42	2.95	2.71	0.95	2.38
1.5	Plásticos	10.76	24.73	10.62	13.88	11.17	12.58	22.74	8.33
1.6	Residuos Orgánicos Compostables	61.25	30.62	58.56	55.43	66.61	64.49	54.51	62.76
	Estiércol	1.77	13.92	6.63	3.99	2.62	3.88	9.68	5.88
	Residuos de Poda y restos de cultivo	2	5.79	26.48	4.49	6.55	2.69	21.55	3.67
	Restos de alimentos	57.47	10.92	25.45	46.95	57.44	57.92	23.28	53.21
1.7	Textiles	0.92	5.5	1.85	1.78	1.08	0.82	0.11	1.46
1.8	Otros	6.56	16.17	8.03	7.72	1.57	1.38	7.37	6.55
	Cuero	0.06	5.4	0.56	0.28	0.03			0.11
	Tetrapack	0.58	0.05	0.1	1.28	0.05	0.16		0.2
	Maderas	0.16	0.21	0.16	0.14	0		0.25	0.64
	Huesos	0.98	0.18	0.59	0.38	0.21	0.05	0.3	0.12
	Caucho	0.54	3.69	0.57	0.36	0.06	0.59	0.01	0.72
	Material inerte (tierra, piedras y cenizas)	1.94	6.18	5.11	1.74			6.54	1.81

Esta investigación busca elaborar un prototipo de adobe estabilizado con fibra de poliéster 100 % reciclado de botellas de plástico para luego ser evaluado comparativamente, pretendiendo así innovar, fomentar y dar a conocer a la población cusqueña el uso de materiales reciclados, que pudieran ser aplicados a los elementos de adobe para mejorar su resistencia y conductividad térmica para su aplicación en construcción de viviendas. La presente investigación hace referencia a la elaboración de elementos de adobe tradicional y estabilizados con fibra de poliéster del sector las adoberas localizadas en el distrito de San Sebastián – Vía expresa.



Tabla 4 :Ubicación política y geográfica del distrito de San Sebastián- Cusco.

<p>La ubicación política de la zona de estudio es la siguiente:</p>	<p>Distrito: San Sebastián. Provincia: Cusco. Departamento: Cusco.</p>
<p>Geográficamente está ubicada en las coordenadas UTM:</p>	<p>Norte 8501673 Este 183259</p>
<p>En las coordenadas Geográficas</p>	<p>De 13°32'10.31"de Latitud Sur De 71°55'34.02" de Longitud Oeste</p>

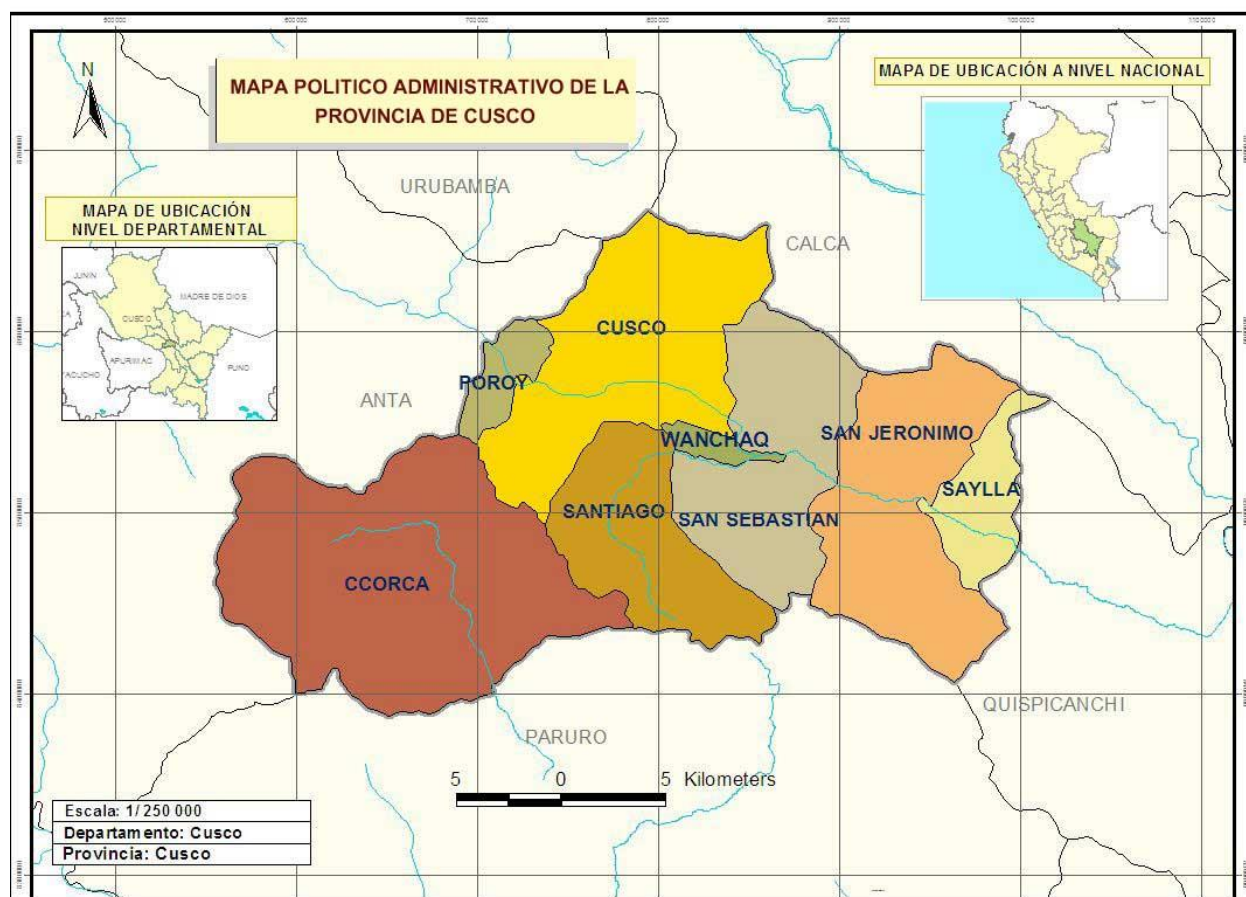


Figura 4: Ubicación geográfica departamental, provincial y distrital de San Sebastián.



1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Formulación del problema general

¿Cuál es el estudio comparativo de la conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas del adobe estabilizado con fibra de poliéster respecto al adobe tradicional del sector adoberos, distrito San Sebastián - Cusco?

1.1.2.2. Formulación de los problemas específicos

Problema específico n°1:

¿Cuánto varía la resistencia a la compresión del adobe estabilizado con fibra de poliéster frente a un adobe tradicional?

Problema específico n°2:

¿Cuánto varía la resistencia a la tracción por flexión del adobe estabilizado con fibra de poliéster frente a un adobe tradicional?

Problema específico n°3:

¿Cuánto varía el alabeo del adobe estabilizado con fibra de poliéster frente a un adobe tradicional?

Problema específico n°4:

¿Cuál es la diferencia de la conductividad térmica del adobe estabilizado con fibra de poliéster frente a un adobe tradicional?

Problema específico n°5:

¿Cuánto varía el porcentaje de absorción de agua del adobe estabilizado con fibra de poliéster frente a un adobe tradicional?

Problema específico n°6:

¿Cuánto varía el índice de succión de agua del adobe estabilizado con fibra de poliéster frente a un adobe tradicional?



1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1. Justificación técnica

El presente estudio se desarrolla dentro de la formación profesional de Ingeniería Civil, en la especialidad de materiales de construcción y resistencia de materiales, específicamente en la rama de construcción y albañilería donde hace referencia a los tópicos de innovación en la edificación de viviendas de adobe incorporando fibra de poliéster; para así evaluar una comparación respecto al adobe tradicional, haciendo uso de la Norma Técnica Peruana NTP E0.70, NTP E.080, norma ASTM C177-13, y Norma Española UNE 41410.

1.2.2. Justificación social

El presente estudio se realizó con la finalidad de mejorar la conductividad térmica y características físico-mecánicas de las unidades de adobe, para de esta manera mejorar las futuras construcciones de vivienda con muros de adobe, de esta manera mejorar la calidad de vida de las familias humildes, de la población cusqueña y no solo a ellos, sino también a las zonas altoandinas del Perú, siendo estas la población más vulnerable en épocas de friaje en los meses Junio y para la época de lluvias en los meses de Noviembre y diciembre.

También busca servir de guía para la investigación de estudiantes de ingeniería civil que pretenden innovar con nuevos adobes estabilizados con materiales reciclables, fomentando la construcción de viviendas eco amigables con el medio ambiente.

1.2.3. Justificación por viabilidad

El presente estudio es viable, ya que ocasiona un bajo costo en la fabricación de adobes, evaluación y desarrollo, ya que se tiene acceso a las siguientes:

- Norma Técnica Peruana E0.70, E.080, Norma ASTM C177-13, y Norma Española UNE 41410.
- Muestras de adobe
- Laboratorio de suelos de la Universidad Andina del Cusco
- Fibra de poliéster 100% reciclado de botellas de plástico a bajo precio de mercado (12m x 1.2m x 5mm = S./124.00) con un peso aprox. de 4.3kg.
- Bibliografía



1.2.4. Justificación por relevancia

El presente busca mejorar la calidad de vida de las familias humildes del Perú, siendo esta la población más vulnerable en épocas de friaje en los meses Junio y para la época de lluvias en los meses de noviembre y diciembre.

Este estudio es importante, ya que da a conocer a la población las unidades de adobe incorporado fibra de poliéster 100 % reciclado de botellas plásticas (ECOTERM) las cuales al momento de su fabricación no generan contaminación haciéndola un material de construcción eco amigable con el medio ambiente, la finalidad de incorporar fibra de poliéster fue mejorar conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas para la construcción de viviendas de adobe económicas, eco-amigables, innovadoras y térmicas.

1.3. Limitaciones de la investigación

1.3.1. Limitaciones de orden geográfico

- El presente estudio utilizó equipos del *“Laboratorio de suelos, concreto y asfalto de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco”* (Equipo de Compresión Axial, Equipo de erosión SAET, Equipo de conductividad térmica, Etc.)
- El presente estudio se limita a la zona de San Sebastián- Vía expresa- sector “las adoberas” de la ciudad de Cusco.
- El suelo utilizado procede de desmontes de distintas localidades del Cusco, llevadas al sector las adoberas para la elaboración de adobes.
- El agua utilizada para la fabricación de adobe es procedente de la red pública del sector de San Sebastián.
- La paja (ichu) procede de la zona de Huacoto.
- La fibra de poliéster lo suministra la empresa ECOTERM los cuales la fábrica del 100% de reciclado de botellas plásticas.

1.3.2. Limitaciones de tiempo

- El presente estudio se realizó durante el año 2019.

1.3.3. Limitaciones por el material

- La fibra de poliéster utilizado para la estabilización de adobe es de 100% reciclado de botellas de plásticos de la marca ECOTERM.



- Para la incorporación de fibras de poliéster se deshebró a mano para facilitar su incorporación a la mezcla de barro.
- El agua usada tiene un pH de 7 (potable).
- El suelo utilizado en la mezcla de barro fue desmonte extraído de distintas localidades de Cusco llevadas a las adoberas ubicadas en San Sebastián- vía expresa.

1.3.4. Limitaciones de estudio

- El presente estudio realizó un estudio comparativo de elementos de adobe en el laboratorio de la Universidad Andina del Cusco, debido a que el laboratorio contaba con los equipos para la evaluación del presente estudio.
- Se analizó las propiedades físicas de los elementos de adobe mediante los ensayos de:
 - Variación dimensional y alabeo
 - Absorción de agua
 - Succión de agua
 - Resistencia a la erosión por caída de agua
 - Conductividad térmica
- Se analizó las propiedades mecánicas de los elementos de adobe mediante los ensayos de:
 - Resistencia a la compresión
 - Resistencia a la tracción por flexión
- Para evaluar la conductividad térmica del elemento de albañilería se utilizó un equipo eléctrico, basado en la norma ASTM C177-13 fabricado para la evaluación de la tesis denominada “Evaluación de la conductividad térmica, propiedades físico - mecánicas del ladrillo King-Kong 18 huecos adicionado con puzolana de la cantera Raqchi en diferentes porcentajes, con respecto a un ladrillo tradicional”.
- Para la elaboración de los elementos de adobes estabilizados se contó con el apoyo de la persona que normalmente elabora los adobes tradicionales Sr. Claudio Quispe.
- La gavera para fabricar lo adobes fue de dimensiones 30cm x15cm x8cm, para una adecuada manipulación.
- Los adobes estudiados tuvieron un periodo de 30 días de secado y curado (fina capa de arena extendida sobre la cara expuesta al sol para evitar las grietas).



- Se obtuvo la incorporación adecuada de fibra de poliéster de 15gr., 30gr.y 45gr representando el 0.25%,0.50% y 0.75% en peso de elemento de adobe respectivamente.
- La presenta investigación usó las normas técnicas peruanas (NTP), la Norma E0.80, la Norma E-0.70 y la Norma Española UNE 41410.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

“Comparar la conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas del adobe estabilizado con fibra de poliéster respecto al adobe tradicional del sector adoberos, distrito San Sebastián - Cusco”

1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo específico n°1:

Evaluar la resistencia a la compresión de un adobe estabilizado con fibra de poliéster frente a un adobe tradicional.

Objetivo específico n°2:

Evaluar la resistencia a la tracción por flexión de un adobe estabilizado con fibra de poliéster frente a un adobe tradicional.

Objetivo específico n°3:

Evaluar el alabeo del adobe estabilizado con fibra de poliéster frente a un adobe tradicional.

Objetivo específico n°4:

Comparar conductividad térmica del adobe estabilizado con fibra de poliéster frente a un adobe tradicional.

Objetivo específico n°5:

Comparar el porcentaje de absorción de agua del adobe estabilizado con fibra de poliéster frente a un adobe tradicional.

Objetivo específico n°6:

Comparar el índice de succión de agua del adobe estabilizado con fibra de poliéster frente a un adobe tradicional.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la tesis

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

Título de tesis pregrado: *“Estudio comparativo de las propiedades físico mecánicas de las unidades de adobe tradicional frente a las unidades de adobe estabilizado con asfalto”*

Autores: *Romero Cuentas Vanessa Ingrid; Callasi Venero Carlos Danilo*

Centro de estudio: Universidad Andina del Cusco

Año: 2017

Resumen: La presente tesis de investigación tiene como objetivo principal la implementación de nuevas propuestas para mejorar la calidad de elementos de adobe, con el objetivo de garantizar la funcionalidad de los elementos de albañilería, sin incrementar excesivamente el costo de las mismas.

Es por esta razón que se realizó un análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los elementos de adobe tradicional, así como de los elementos de adobe estabilizado con asfalto al 5% y al 10%; comparando las características que posee los elementos de adobe estabilizado frente a las características de los elementos de adobe tradicional que se produce en la ciudad del Cusco.

El desarrollo de la investigación consta de una evaluación que inicia desde la selección del material, ensayos insitu, ensayos de la materia prima, ensayos a nivel físico y a nivel mecánico de los elementos de adobe tradicional y elementos de adobe estabilizado con asfalto.

La comparación de la misma, generó resultados favorables para los elementos de adobe estabilizado con asfalto, ya que estos elementos poseen mejores propiedades resistentes y un mejor comportamiento frente al contacto con el agua que los elementos de adobe tradicional.

Comentario: De la tesis en mención se puede apreciar que los polímeros pueden ser estabilizados en materiales de construcción como el elemento de adobe, no solo mejorando sus propiedades resistentes, sino también mejorando su comportamiento en contacto con el agua, por lo cual se asume que, al utilizar las fibras de poliéster en los elementos de adobe, estas tendrán las mismas características.



Título de tesis pregrado: *Confort térmico de las viviendas en zonas alto andinas con pacas de avena como material de construcción*

Autores: Apaza Mamani Álvaro

Centro de estudio: Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”

Año: 2018

Resumen: La presente tesis tiene por objetivo la construcción de viviendas de adobe típicas con avena seca comprimida ya que es un forraje para la alimentación del ganado vacuno y ovino, es también abundante en el departamento de Puno. para construir con materiales fáciles de conseguir y de la misma zona, donde se soporta las épocas de intenso frío en la región puno.

La propuesta es construir viviendas con avena seca comprimida, conocida como “PACA” el cual está compuesto puramente de avena seca comprimida, ya que no es tan difícil procesarlo hasta su conversión en PACAS de avena.

Los resultados de dicho estudio fueron favorables ya que se logró mejorar los adobes para el prototipo de vivienda cumpliendo los requisitos físico-mecánicos, establecidos en la norma E.080. También se ha disminuido su volumen, y se obtuvo mayor resistencia y de buena calidad.

Comentario: Las incorporaciones de materiales térmicos en los elementos de adobe podrían brindar confort térmico en la construcción de viviendas, tales es caso de la fibra de poliéster, el cual es un material netamente térmico y acústico.

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional

Título de tesis pregrado: *“Comparación de parámetros mecánicos y físicos del adobe tradicional con adobe reforzado con fibra de vidrio”*

Autores: Chuya Sumba Eva Catalina; Alaya Zumba Maria Fernanda

Centro de estudio: Universidad de Cuenca - Ecuador

Año: 2018



Resumen: La presente investigación tiene por objetivo mejorar las propiedades de la unidad de adobe; es así como se optó por utilizar la fibra de vidrio, ya que es un material rígido, fuerte y resulta ser uno de los materiales más versátiles que se conocen actualmente.

El presente trabajo de investigación muestra un estudio experimental para determinar el comportamiento del adobe reforzado con fibra de vidrio, el cual presenta los respectivos métodos de ensayos (ensayos a compresión y flexión en elementos de adobe, ensayos de muretes a compresión y compresión diagonal), con el objetivo de analizar y comparar el comportamiento de la fibra de vidrio como refuerzo en el adobe frente al adobe tradicional.

Los ensayos muestran que la fibra de vidrio aumenta la capacidad resistente del adobe, es decir, se presenta un aumento en la carga de ruptura del adobe reforzado respecto al adobe tradicional; en consecuencia, es posible afirmar que las propiedades presentadas por el adobe reforzado las confirió la fibra de vidrio.

En conclusión, el adobe reforzado con fibra de vidrio como material de construcción es aceptable, de modo que la fibra de vidrio resultó viable en la mejora de las propiedades del adobe tradicional.

Comentario: De la tesis anterior se aprecia que la adición de fibras de vidrio, de forma homogénea distribuida en los elementos adobes genera un incremento en su capacidad resistente, por lo cual asumimos que una distribución similar en la adición de fibra de poliéster a los elementos de adobe presentara similares resultados.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. Adobe

Elemento de tierra cruda sin cocer, que resulta de la mezcla de arena, arcilla y limo en porcentajes adecuados que son moldeados en forma de ladrillos y secados al sol, los mismos que adicionado con paja mejora su resistencia y durabilidad. (RNE E 0.80 Diseño y construcción de tierra reforzada, 2017)

Según RNE E 0.80 Diseño y construcción de tierra reforzada, (2017), sugiere que la progresión del suelo debe asemejarse a las siguientes proporciones: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no exento de emplear suelos orgánicos.



2.2.1.1. Características del adobe

Para prevenir que se raje al secar se añaden a la masa paja, crin de caballo, heno seco, que sirven como estructura.

Los tamaños adecuadas deben ser tales que el albañil pueda maniobrar con una sola mano, normalmente son de proporciones de 1:2 entre el ancho y el largo, variando en su espesor entre 6 y 10 cm, medidas que permiten un adecuado secado.

El agua emblandece el barro seco, por lo que se debe proteger de esta en distintos momentos: de aguas de lluvias, infiltraciones por malas instalaciones, inadecuado mantenimiento (al regar exteriores, etc.); la protección elemental es hacer aleros de suficiente vuelo hacia la zona desde donde proviene la lluvia y correcta construcción de las fundaciones o cimientos. Se requiere un mantenimiento permanente, que debe hacerse con capas de barro (revoques de barro).

Lo mejor para las paredes externas es la utilización de enlucido con base de cal apagada en pasta, con arcilla o arena, para la primera capa, en la segunda, solamente pasta de cal y arena. Para las internas se puede hacer una mezcla de arcilla, arena y agua, o con revoques de terminación fina de tierra estabilizada con arena, a la que se le pueden agregar impermeabilizantes en el agua de amasado. En países de mano de obra barata es muy económico; permite fabricar uno mismo los materiales para construir su propia casa. (EcuRed, 2019)

2.2.1.2 Tipos de adobe

a) Adobe tradicional

Es un bloque sólido de tierra y paja elaborado de forma manual, generalmente sin el adecuado control de calidad en cuanto a sus materiales, tamaños y propiedades resistentes, fabricado y comercializado sobre todo en los distritos de San Jerónimo y San Sebastián de la ciudad del Cusco. (Romero & Callasi, 2017)

b) Adobe compactado

Es una alternativa en la que se aprovecha las ventajas del adobe tradicional para minimizar sus desventajas de resistencia, ya que al mezclar adecuadamente las componentes del adobe tradicional y adicionarle una fuerza de compactación con una prensa se obtiene un material más homogéneo. (Romero & Callasi, 2017)



c) Adobe estabilizado.

Es un adobe en el que se ha estabilizado con diferentes materiales (asfalto, cemento, cal, fibra, etc.) con el fin de aumentar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la perspicacia de la humedad. (RNE E 0.80 Diseño y construcción de tierra reforzada, 2017)

2.2.1.3. Ventajas y desventajas del adobe

a) Ventajas del adobe

- No lleva cemento.
- Más de 10 mil años de evidencias de construcción en adobe comprobada, ello teniendo en cuenta las diferentes construcciones que se han hecho a lo largo de la historia.
- Hacer los adobes es rápido y sencillo.
- Fácil estudio de la técnica.
- Uso de materiales locales.
- Bajo precio.
- Poca inversión en materiales de soporte.
- Una sola persona puede hacer los adobes y con ellos construir.
- Uso de herramientas sencillas. (EcuRed, 2019)

a) Desventajas del adobe

- Los adobes son susceptibles a la humedad.
- Es indispensable esperar a que los adobes sequen.
- No sirve como pared estructural cuando es empleado sin refuerzos. (EcuRed, 2019)

2.2.1.4. Conductividad térmica del adobe

La conductividad térmica está basada en el proceso de conducción de calor establecido por la ley de Fourier, donde los bloques sólidos de los materiales de construcción tienen un espesor h , cuyas caras (exterior al ambiente e interior a la habitación) de magnitud A están a diferente temperatura caliente y fría T_c y T_f respectivamente. (Cuitiño, Esteves, Maldonado, & Rotondaro, 2015)

Tabla 5: Conductividad térmica del adobe con relación a su densidad

Material	Densidad (kg/m ³)	Conductividad w/(m·°K)
Tapial	1.400	0.60
Btc	1.700	0.81
Adobe	1.200	0.46
	1.650	0.82
	750	0.20
Balas de paja	60	0.067
Quincha prefabricada	1289	0.17
Hormigon normal	2.400	1.63
Pared de ladrillo macizo	1.800	0.91

Fuente: Cuitiño, Esteves, Maldonado, & Rotondaro, (2015)

2.2.2. Fibra de poliéster

La fibra de poliéster o poli etilén tereftalato (PET), está formada a partir de un polímero de macromoléculas lineales sintéticas, cuya cadena comprende un mínimo de un 85% de peso de un éster de un diodo y del ácido tereftálico, compuesta a partir de derivados químicos del petróleo o del gas natural, cuya fórmula es la de un poliéster aromático, en un kilogramo de PET encontramos 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos de gas natural y 13% de aire.

Es una fibra resistente e inarrugable desarrollada en 1941. Es la fibra sintética más utilizada, y muy a menudo se encuentra mezclada con otras fibras para reducir las arrugas, suavizar el tacto y conseguir que el tejido se seque más rápidamente. Asimismo, puede fabricarse a partir de botellas de plástico recicladas, el poliéster se puede considerar un tejido químico respetuoso con el entorno ambiental; si no está mezclado, se puede fundir y reciclar.

La estructura de la figura se denomina poli (etilén tereftalato) o PET para abreviar, porque se compone de grupos etileno y grupos tereftalato. (Fibras sintéticas y artificiales, 2013)

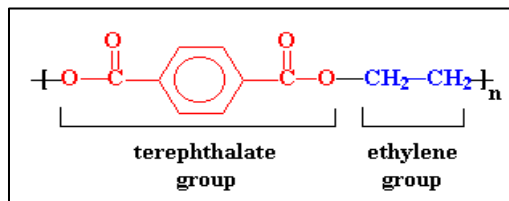


Figura 5: Estructura química de la fibra de poliéster (PET)

Fuente: Fibras sintéticas y artificiales, (2013)



2.2.2.1. Propiedades del PET

a) Propiedades físicas del PET

- **Resistencia y elongación**

La resistencia a la tracción puede variar según el uso final. Así para filamentos de alta tenacidad 6.4 g/denier en seco y 8.0 g/denier en húmedo. Para las fibras de media tenacidad la resistencia se define en 4.0 g/denier en seco y 5.0 g/denier en húmedo. En cambio, los de alta tenacidad presentan una elasticidad media en seco de 5.5 g/denier y en húmedo 6.5 g/denier. (Fibras sintéticas y artificiales, 2013)

- **Resistencia a la tracción**

Los hilos altamente orientados, cristalinos, presentan mayor resistencia a la tracción, manteniendo el estirado y aumentando el peso molecular aumenta la resistencia. (Fibras sintéticas y artificiales, 2013)

- **Resistencia a la abrasión**

La resistencia a la abrasión es muy superior comparada con cualquier fibra textil, tan solo es superada por el nylon. (Fibras sintéticas y artificiales, 2013)

- **Recuperación elástica**

El poliéster presenta un gran poder de recuperación al estiramiento, al doblado y la compresión. Así midiéndolo en un minuto de tensión el poliéster se recupera entre el 80 % y 97% de recuperación elástica dependiendo de la elongación efectuada. (Fibras sintéticas y artificiales, 2013)

- **Efecto calorífico**

En el informe Fibra Textil de (Gil Solís & Saldaña Balandra) se destaca que entre los (40 y 180° C) aumenta la tenacidad y disminuye su elongación. Además, se señala que a los 150° C el poliéster empieza a decolorarse y se reblandece en el intervalo de 230 y 240°C. (Fibras sintéticas y artificiales, 2013)

- **Efecto de la luz solar**

El poliéster no se blanquea con la luz solar, pero si pierde resistencia después de un prolongado tiempo de exposición. (Fibras sintéticas y artificiales, 2013)

b) Propiedades químicas del PET

- Hidrofóbica, repelencia al agua, secado rápido y ante el contacto con el agua no presenta alteraciones por lo que sus propiedades mecánicas permanecen constantes.



- Oleofilo, difícil a la eliminación de manchas de aceite.
- Excelente resistencia a los agentes oxidantes.
- Escaso contenido de humedad
- Aislante eléctrico.
- Los Mohos, bacterias e insectos no producen ningún efecto sobre el poliéster.

2.2.2.2. Aplicaciones del PET

Según su mezcla emplea para la elaboración de tejidos para camisería, pantalones, faldas, hilos, trajes completos, ropa de cama y mesa, género de punto, etc. (Fibras sintéticas y artificiales, 2013)

- Artículos que no cambien mucho de forma como ropa interior o para ropa exterior ya que tienen que mostrar alta estabilidad y forma consistente.
- Tiene múltiples aplicaciones como la fabricación de botellas de plástico que anteriormente se elaboraban con PVC.
- Las resinas de poliéster (termoestables) son usadas también como matriz para la construcción de equipos, tuberías anticorrosivas, fabricación de pinturas.
- Se usa en la fabricación de fibras recubrimientos de láminas.
- Elaboración de envases para bebidas
- Elaboración de vasijas en la ingeniería, medicina, agricultura etc.
- Sutura o fijación ósea o para reemplazar fragmentos óseos (biomedicina)
- Elaboración de juguetes, agentes adhesivos, colorantes y pinturas
- Elaboración de componentes eléctricos y electrónicos
- Elaboración de cintas adhesivas, hilos de refuerzo para neumáticos.
- Elaboración de carcasas, interruptores, capacitores.
- Piezas para la industria automotriz

2.2.2.3. Uso de la fibra de poliéster para aislar viviendas

La lana elaborada con fibras de poliéster es un aislante térmico y absorbente acústico. Esta lana de fibras de poliéster puede ser comprimido, para luego retornar a su espesor original debido a la “memoria” de las fibras que lo componen.



a) Usos

Su uso está dado principalmente en construcción, remodelaciones y reparaciones de viviendas, edificios, bodegas e industrias. En industrias se utiliza para aislar espacios que por sus requerimientos específicos necesitan temperaturas adecuadas para su óptimo funcionamiento. Se aplica en superficies tales como cielos, muros o pisos ventilados. (VOLCAN, 2018)

b) Aplicación

Su aplicación en forma continua elimina las fugas de calor al evitar los puentes térmicos, absorbiendo cualquier desnivel de la superficie en contacto. (VOLCAN, 2018)

La aislación continua que brindan estas fibras evita totalmente los puentes térmicos, previniendo que se produzca la condensación en los puntos de unión que normalmente necesitan otros aislantes. (VOLCAN, 2018)

2.2.3. Fibra de poliéster ECOTERM

Es un material 100% fabricado de botellas de plástico reciclados.



Figura 6: Rollo de fibra de poliéster ECOTERM

Fuente: ECOTERM, (2014)

2.2.3.1. Propiedades de Ecoterm

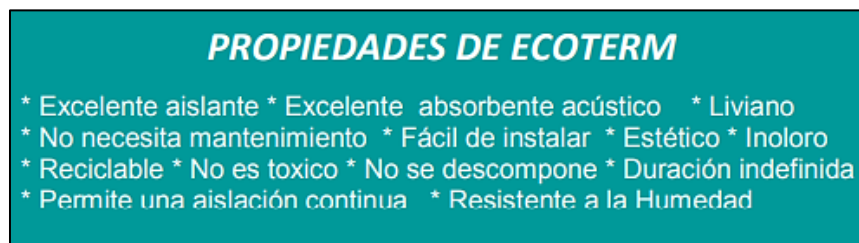


Figura 7: Propiedades de la fibra de poliéster ECOTERM

FUENTE: ECOTERM, (2014)

2.2.3.2. Características técnicas

CARACTERISTICA TECNICAS	
Materia prima * ASTM D276-12	: 100% poliéster
* Masa por unidad de superficie *ISO 536	: 300 gr./m ²
* Espesor * ISO 9073-2	: 50 mm
* Densidad aparente * ASTMD92	: 6.3kg/m ³
* Conductividad térmica * ASTM C 518	: 0.063 W/m° C
* Factor R (R100) * ASTM C 518	: 79
* Inflamabilidad * ASTM E84 no es inflamable	: tipo A

Figura 8: Características técnicas de la fibra de poliéster ECOTERM

FUENTE: ECOTERM, (2014)

2.2.3.3. Dimensiones del producto

DIMENSIONES DEL ROLLO	PROPIEDADES MATERIAL POLIESTER
Largo : 12,0 mts.	Punto de ablandamiento : 220°C
Ancho : 1.20 mts.	Punto de fusión : 260°C
Superficie : 14,4 m ²	Resistencia eléctrica: : Nula
Espesor : 50,0 mm	Resistencia medios ácidos : Alta
Ecoterm, es un producto no tejido, puede tener una variación de +- 5 a 7%	Resist. medios alcalinos : Alta
	Densidad pet : 1.32g/cc

Hecho con reciclado de botellas

Figura 9: Dimensiones y propiedades de la fibra de poliéster ECOTERM

FUENTE: ECOTERM, (2014)

2.2.4. Componentes del adobe

Una de las variables que más influye en las propiedades del adobe es la proporción arcilla/arena, ya que si no existe adecuada arcilla, la composición de suelo con el resto de los componentes, incluyendo el agua no será suficientemente válido como para conseguir la consistencia necesaria que debe mostrar el adobe para resistir las acciones a las que estará sometido, si por el contrario no hay bastante arena, el elemento de adobe se quiebra por retracción durante el proceso de secado. (Romero & Callasi, 2017)



La arcilla, actúa como aglomerante manteniendo unida la aglomeración, mientras que la arena sirve de armazón interno de la masa. Es por eso que la mezcla óptima entre uno y otro constituyente influye en un mejor comportamiento del sólido. (De La Peña Estrada, 1997)

a) Pajonal

Pajonal es una palabra de origen español derivado de paja, más concretamente de su aumentativo pajón, que se usa para elegir diversos granos. En América del Sur en personal se refiere a las formaciones de granos, propias de las altitudes medias y altas de los Andes. (Izco, Pulgar, Aguirre, & Santin, 2007)

Son plantas herbáceas de hasta 1 m de alto y 80 cm de diámetro, con tallos cespitosos. Las hojas lineales, aciculares, de hasta 60 cm de largo, los bordes de las hojas presentan una textura carrasposa o cortante al tacto. Las inflorescencias se disponen en forma de espigas terminales, son de color morado cuando están jóvenes y de color amarillento cuando están maduras. Estas plantas crecen formando colonias bastante extensas, pudiendo llegar a ser dominantes en las zonas de páramo herbáceo, se las conoce comúnmente como pajas. (Jorgensen, 1999)

b) Limo

Los limos forman suelos con diámetro de las partículas comprendidos entre los 0.002 mm y 0.08 mm. Forma suelos que al quedar secos no presentan resistencia a la fricción y no poseen cohesión, al contacto con el agua su cohesión aumenta sufriendo variaciones en el volumen debido a la contracción y expansión que este suelo sufre. (NTP 339.134, 1999)

c) Arcilla

Único material dinámico del suelo. En contacto con el agua permite su aglutinado, se comporta plásticamente y puede cohesionar el parte de las partículas inertes del suelo formando el barro, que al secarse adquiere una resistencia seca que lo convierte en material favorable. Tiene partículas menores a dos micras (0.002 mm). (NTP 339.134, 1999)



d) Arena

Es el calificativo que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su machacamiento artificial y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro. El nacimiento y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: Las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas estando limpias no se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos compresibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea. (Crespo, 2000).

2.2.5. Fabricación del adobe

a) De la preparación del suelo

Selección de canteras y preparación de tendales

- **La cantera**

Sólo ciertos suelos son aptos para la manufactura de bloques de adobe. Estos deben contener determinadas proporciones de arcilla, limo y arena, y un bajo contenido de material orgánico. Además, no deben ser altamente alcalinos y el contenido de sales debe ser mínimo. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)

- **Extracción**

La extracción puede efectuarse con maquinaria, o bien, mediante el uso de herramientas manuales (palas y picos). Conviene anotar que el uso de maquinaria obliga a la ulterior rotura de terrones, mientras que, con la extracción manual, tal operación no es, en igual medida, necesaria.

Frecuentemente, es necesario extraer dos o más suelos diversos, que serán luego mezclados a fin de obtener la mezcla deseada. En tal caso, éstos se conservarán en pilas separadas para la dosificación previa a la preparación de la mezcla. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)

- **El tendal**

Este debe, en primer lugar, proporcionar espacio suficiente para acomodar todas las actividades necesarias en la manufactura del adobe. Siendo éstas: el cribado, la preparación y mezcla del suelo, el moldeado, el secado y finalmente el apilamiento de los bloques terminados. Asimismo, debe



asegurarse una provisión constante de abundante agua dulce, así como de algún tipo de estructura para proteger los bloques de los efectos de la temperatura. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)

- **La eliminación de residuos**

La operación que sigue a la extracción del suelo consiste en la separación de todos los residuos indeseables contenidos en éste. Estos pueden ser: piedras gruesas, gravas y eventualmente material orgánico en forma de hojas, cortezas, raíces, etc. Los desperdicios domésticos y otros tales como la ceniza deben, también, eliminarse. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)

- **El cribado**

La misma consiste en hacer pasar el suelo seleccionado a través de una malla o zaranda metálica montada en un bastidor de madera de aproximadamente 0.75 x 1.50 mts. La abertura de la malla varía entre los 6 y 12 mm. El material que no pasa la malla se descarta, o bien, se reduce y criba nuevamente. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)

- b) De la preparación de la mezcla**

- **El contenido óptimo de agua**

La cantidad de agua de mezcla es de importancia crítica en la manufactura del bloque de adobe. De una parte, el exceso de agua provocará una considerable contracción y fracturas en el bloque durante el proceso de secado, afectando en última instancia la resistencia del adobe. De otra parte, la carencia de agua condicionará la plasticidad del suelo y su cohesión durante el moldeado. Dada la variedad de suelos existentes, es imposible expresar cuantitativamente un porcentaje 'óptimo' de agua de mezcla para todos éstos. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)

Por otra parte, a cada tipo de arcilla corresponde un determinado límite líquido y un determinado límite plástico. El tipo específico de arcilla de un determinado suelo influenciará, por lo tanto, la suma de agua requerida para la composición. Se debe considerar, además, que los límites plástico y líquido. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)

- **Mezclado del suelo**

Una de las fases más importantes en la elaboración de la mezcla, consiste en añadir la cantidad de agua necesaria al suelo seleccionado, para luego amasarlo (pisarlo) y voltearlo hasta llevarlo a una consistencia plástica. Mediante tal procedimiento se trata de obtener una mezcla homogénea y



plástica. Tales características asegurarán una mezcla laborable y resistente. La homogeneización de la mezcla tiende a distribuir regularmente en la masa todas las partículas sólidas que la componen, así como el agua añadida. Esto contribuye a la fricción necesaria entre las partículas sólidas arcillosas y aquellas no arcillosas y al desarrollo de las propiedades de cohesión resultante de la estructura formada por las partículas finas y el agua; ambos, factores críticos a la consistencia y resistencia última de la mezcla. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)

- **Reposo de la mezcla**

Proceso que lleva en un periodo de 1 a 2 días que permite la lenta penetración de agua entre las partículas de arcilla y la consecuente división de éstas en un mayor número de partículas sólidas finas. Simultáneamente, el peso propio de la mezcla en 'reposo' provoca una lenta compresión de todas estas partículas. La maceración (o 'reposo') contribuye, además, a mejorar la plasticidad de la mezcla, haciéndola más laborable, así como al desarrollo de sus características de resistencia. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)

- **Agregados / estabilizadores**

Según UNESCO, ICCROM, & PNUD, (1983) menciona que, previo al moldeado del bloque, uno o más de una serie de diversos materiales pueden ser agregados a la mezcla amasada. Entre los de uso tradicional se mencionan: fibras, cortezas, viruta, paja, cáñamo, cenizas, savia, aceite de coco, ácido tánico, área, estiércol, melaza, hojas de plátano en descomposición, etc.

Existen, sin embargo, por lo menos dos hipótesis respecto a la función de los estabilizadores mencionados.

- La primera sugiere (para el caso de los agregados fibrosos) una función mecánica del agregado durante la deshidratación del bloque (secado). Las fibras compensarán los esfuerzos de la contracción de la arcilla al secarse evitando así la excesiva o desigual contracción y fracturas del bloque. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)
- La segunda hipótesis sugiere actividad orgánica de fermentación, la misma que promueve la multiplicación de bacterias y la formación de aminoácidos (con modificación del índice de acidez). Este proceso crea las mejores condiciones para la coagulación de las partículas más finas del suelo. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)



c) De la preparación del bloque

- **Formas o moldes, características del bloque, calidad del adobe, rendimiento**

Según UNESCO, ICCROM, & PNUD, (1983), la forma geométrica de un bloque de adobe es, en general, aquella de un paralelepípedo. Las dimensiones de este sólido varían de acuerdo a la usanza local, a especificaciones constructivas, a la necesidad de un bloque de dimensiones precisas para la restauración o el completamiento de un muro, al rendimiento de un trabajador, etc.

Tradicionalmente, los moldes son de madera, cuidando que ésta sea resistente y de sección suficiente al uso continuado y al manipuleo al que será sujeto el molde.

Además, es importante lubricar adecuadamente los moldes antes del moldeado y cada vez que esto sea necesario durante esta operación. Al respecto, ciertos manuales sugieren lavar y aceitar el molde, otros recomiendan lavar el molde y luego recubrir sus superficies internas con arena fina. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)

- **Moldeado**

Según UNESCO, ICCROM, & PNUD, (1983) menciona que, consiste en varias operaciones:

La primera consiste en vaciar el material preparado dentro del molde, cuidando de llenar enteramente el volumen que éste contiene, así como de compactar la mezcla.

En segundo lugar, es necesario enrasar la rebaba, o bien, 'nivelar' o 'recortar' el material excedente de la cara superior de la mezcla en el molde. Una regla de madera permite emparejar la superficie expuesta del bloque. El material removido se agrega a la mezcla para el bloque siguiente.

En tercer lugar, dependiendo de la necesidad de obtener un mejor acabado de la superficie expuesta del bloque, se procede un ulterior allanamiento de la mezcla con un badilejo u otro tipo de llana de albañil. En algunos casos, esta operación se lleva a cabo rociando agua sobre la superficie expuesta.

Finalmente, se vacía el molde, levantándolo (molde sin fondo), o bien, girándolo (molde con fondo) a fin de descargar el bloque moldeado sobre la superficie del tendal. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)



- **Curado del bloque de adobe**

Curar el adobe significa secar con atención (al aire libre) y preparar convenientemente el adobe, conservándolo, para su uso posterior. En esta fase del proceso se distinguen dos operaciones fundamentales: el secado y el apilamiento. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)

- **Secado**

Una condición esencial del curado consiste en obtener un secado relativamente lento y regular. El calor excesivo provocará una deshidratación violenta que seguramente resultará en la fractura del bloque. Asimismo, la humedad o el frío pueden prolongar este proceso. El ambiente inmediato del bloque durante el secado debe ser, por lo tanto, cuidadosamente controlado. Esto se obtiene mediante la provisión de algún tipo de cubierta protectora para mantener bajo sombra (en caso de temperaturas excesivamente altas) los bloques apenas moldeados (por lo menos durante los primeros días del secado). Tal protección puede ser igualmente útil en la eventualidad de lluvias que pueden destruir completamente todo el material moldeado. Algunos recomiendan, también, cubrir el material apenas moldeado con paja, arena, telas, etc.; o bien, rociar agua sobre las superficies expuestas.

Así, después de retirar el molde se deja el bloque sobre la cara de asiento durante algunos días (2-5 dependiendo de las condiciones del secado, del suelo, contenido de agua, etc.). Cuando la consistencia del bloque lo permita, se girará el adobe apoyándolo sobre un canto. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)

- **Apilamiento**

Completo el proceso de secado (aproximadamente a las 4 semanas del moldeado) el bloque puede apilarse listo para su uso. La pila se forma apoyando el bloque de canto, ligeramente inclinado, contra un machón formado con un número de los bloques preparados. Este sistema (de uso tradicional) permite un uso eficiente del espacio disponible, así como un adecuado manipuleo del material por el trabajador. (UNESCO, ICCROM, & PNUD, 1983)

2.2.6. Viviendas de adobe a nivel nacional y en Cusco

Para el INEI, Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda, (2017): En contraste con el Censo 2007, es importante destacar el incremento de las viviendas con ladrillo o bloques de



cemento en las paredes exteriores, que representa un aumento del 43,7%, y que en términos absolutos significa 1 millón 306 mil 647 de viviendas más con este material durante la temporada intercensal; asimismo, las viviendas con paredes exteriores de piedra, sillar con cal o cemento representan un incremento del 27,2% en el mismo periodo, lo que significa un incremento de 9 mil 231 viviendas con este material y las viviendas de madera se incrementaron en 17,8% que significa 110 mil 36 viviendas.

Se observa que las viviendas con una variación negativa fueron principalmente, las viviendas de piedra con barro (-27,4%), de quincha (-10,5%) y de adobe o tapia (-3,6%). (INEI, Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda, 2017).

Tabla 6: Perú: Viviendas particulares con ocupantes presentes, según material predominante en las paredes exteriores, 1993 -2017 (absoluto y porcentaje) - evolución del uso del adobe en viviendas a nivel nacional.

Material predominante en la paredes exteriores	Censo 1993		Censo 2007		Censo 2017		Variación Intercensal 2007-2017		Incremento anual	Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%		
Total	4427517	100	6400 131	100	7 698 900	100	1 298 769	20.3	129877	1.9
Ladrillo o bloqueta de concreto	1 581 355	35.7	2 991 627	46.7	4 298 274	55.8	1 306 647	43.7	130 665	3.7
Piedra o sillar con cal o cemento	54 247	1.2	33 939	0.5	43 170	0.6	9 231	27.2	923	2.4
Adobe o Tapia	1 917 885	43.3	2 229 715	34.8	2 148 494	27.9	-81 221	-3.6	-8 122	-0.4
Quincha (caña con barro)	207 543	4.7	183 862	2.9	164 538	2.1	-19 324	-10.5	-1 932	-1.1
Piedra con barro	136 964	3.1	106 823	1.7	77 593	1	-29 230	-27.4	-2 923	-3.1
Madera (poma, tornillo etc.)	310 379	7	617 742	9.7	727 778	9.5	110 036	17.8	11 004	1.7
Otro material	219 144	4.9	236 423	3.7	239 053	3.1	2 630	1.1	263	0.1

Fuente: INEI, Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda, (2017)

Según área urbana y rural, el material predominante en las paredes de las viviendas del área urbana es el ladrillo o bloque de cemento, que representa el 70,6%; seguido del adobe o tapia que representa el 15,1% y la madera, 8,0%; mientras que en el área rural los materiales predominantes en las paredes exteriores de las viviendas son el adobe o tapia (69,5%), la madera (14,0%) y el ladrillo o bloque de cemento (8,0%). (INEI, Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda, 2017)



Tabla 7: Perú: Viviendas particulares con ocupantes presentes, según área de residencia y material predominante en las paredes exteriores, 2007 y 2017 (absoluto y porcentaje) - evolución del uso del adobe en viviendas a nivel urbano y rural.

Área de residencia / Material predominante en la paredes exteriores	Censo 2007		Censo 2017		Variación Intercensal 2007-2017		Incremento anual	Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%		
Urbana	4 544 146	100	5 884 013	100	1 339 867	29.5	133 987	2.6
Ladrillo o bloqueta de concreto	2 905 436	63.9	4 154 643	70.6	1 247 207	42.9	124 721	3.6
Piedra o sillar con cal o cemento	30 979	0.7	39 073	0.7	8 094	26.1	809	2.3
Adobe o Tapia	932 972	20.5	887 203	15.1	-45 769	-4.9	-4 577	-0.5
Quincha (caña con barro)	100 779	2.2	108 803	1.8	8 024	8	802	0.8
Piedra con barro	13 206	0.3	11 261	0.2	-1 945	-14.7	-195	-1.6
Madera (poma, tornillo etc.)	379 919	8.4	473 431	8	93 512	24.6	9 351	2.2
Otro material	180 855	4	211 599	3.6	30 477	17	3 074	1.6
Rural	1 855 985	100	1 814 887	100	-41 098	-2.2	-4 110	-0.2
Ladrillo o bloqueta de concreto	86 191	4.6	145 631	8	59 440	69	5 944	5.4
Piedra o sillar con cal o cemento	2 960	0.2	4 097	0.2	1 137	38.4	114	3.3
Adobe o Tapia	1 296 743	69.9	1 261 291	69.5	-35 452	-2.7	-3 545	-0.3
Quincha (caña con barro)	83 063	4.5	55 735	3.1	-27 348	-32.9	-2 735	-3.9
Piedra con barro	93 617	5	66 332	3.7	-27 285	-29.1	-2 729	-3.4
Madera (poma, tornillo etc.)	237 823	12.8	254 347	14	16 524	6.9	1 652	0.7
Otro material	55 568	3	27 454	1.5	-28 114	-50.6	-2 811	-6.8

Fuente: INEI, Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda, (2017)

A nivel departamental, la provincia de Lima tiene el mayor porcentaje (85,1%) de viviendas con paredes exteriores de ladrillos o bloque de cemento, seguido de los departamentos de Tacna (80,9%), Arequipa (77,2%) y la Provincia Constitucional del Callao (74,8%), respectivamente. El segundo material más utilizado a nivel nacional en las paredes de las viviendas es el adobe o tapia



y los departamentos con mayor porcentaje de viviendas con este material son: Huancavelica (82,4%), Apurímac (76,1%), Cajamarca (70,3%) y **Cusco (67,3%)**. (INEI, Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda, 2017)

De lo expuesto anteriormente de evidencia como a lo largo de los años que el uso del adobe en la ciudad del Cusco ha disminuido considerablemente en el sector urbano, mientras que en el sector rural sigue siendo el adobe el material predominante. En el Perú, el porcentaje de viviendas de tierra (en mayoría adobe que tapial) respecto al censo realizado en el año 2017, las viviendas de tierra han decrecido desde 2007 al 2017 del 34.8% al 27.9% a nivel nacional. Sin embargo, el departamento del Cusco en la zona rural, donde se centra nuestro estudio, se ve que el material predominante es el adobe con una reducción de 0.4% entre los años 2007 y 2017. Es evidente que la población de la sierra peruana y en especial la del Cusco mantienen el adobe como principal material de construcción. (INEI, Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda, 2017)

2.2.7. Adobe, confort térmico y sostenibilidad

Las viviendas construidas de adobe son típicas construcciones en la sierra peruana, en la ciudad del Cusco se tiene una gran presencia de viviendas construidas con este material. Siendo el adobe un material con buenas propiedades térmicas, en el día retiene el calor del ambiente y por la noche libera el calor almacenado, manteniendo de así una temperatura agradable para los usuarios aun en estaciones más frías como son las heladas en junio y las lluvias en los meses de noviembre hasta marzo, no obstante, en las épocas de lluvia estos elementos están propensas a sufrir desgaste por acción de la lluvia y falla por la humedad. (Pablo Favian Quizhpe Vacacela, 2016)

Entre las ventajas de los sistemas constructivos típicos, como el adobe, están el hecho de que no necesitan complejos sistemas de transformación industrial, es decir que no necesitan mayores esfuerzos en su fabricación; más que las materias primas que están al alcance y un molde de madera, entendiendo también que en la mayoría de casos se realizan estos sin un control exhaustivo de la calidad; todo esto representa un ahorro de energía. Los adobes son materiales aislantes del sonido y que controlan las temperaturas extremas, y son también resistentes al fuego, y son materiales que hacen posible la autoconstrucción. (Pablo Favian Quizhpe Vacacela, 2016)

De acuerdo a Maria Auxiliadora Alfonso Alvarenga, (1990, pág. 361): “La tierra, por ser un material universalmente disponible, sus propiedades termales, bajo costo y consideraciones ecológicas, parece ser uno de los mejores materiales para la construcción de hogares. Sin embargo, las personas abandonan este método debido a malas interpretaciones, es decir pueden considerar



que el ladrillo, bloquetas, cemento y etc. tienen un mejor comportamiento para su área geográfica cuando no es así. Millones de personas hoy no tienen hogar, usar la tierra como un material de construcción puede solucionar este problema a medida que se revitalizan estas técnicas de construcción”. A pesar de todo está debemos reconocer que, en el Perú, se ha dado un fenómeno en el cual los campesinos de los andes, que originalmente construían sus viviendas utilizando los adobes, humildes pero adecuadas para el área geográfica en donde se desarrollan; teniendo en cuenta el confort térmico de estas, van cambiando sus viviendas por una de bloques de hormigón (blókers) y ladrillo, procurando con esto alcanzar los modelos de “progreso” de las ciudades principales del país. Lo preocupante de estas edificaciones es que a largo plazo y al no cumplir con la demanda térmica de los usuarios serán dejadas de lado y no solo se les dará un uso que no le corresponde como vivienda, sino que también será una inversión de dinero perdido. El adobe que se fabrica en básicamente de tierra, que es uno de los elementos más abundantes del planeta, lo que permite abaratar costos y no causa grandes pérdidas de energía en su fabricación. Es además un elemento reversible, que puede ser reciclado en cualquier momento. (Moscoso, 2018). Lo que a su vez lo hace sostenible en el tiempo.

2.2.8. Pruebas in situ de selección del suelo

2.2.8.1. Prueba de la cinta de barro

Tiene como finalidad determinar el grado de plasticidad de la tierra. Para ello, se realiza con las manos un rollo de aproximadamente 1.2cm de diámetro, se suspende de un extremo y luego se mide la longitud del extremo que se desprende. (RNE E 0.80 Diseño y construcción de tierra reforzada, 2017)

Indicadores:

- Menor a 5cm, contiene mucha arena
- Entre 5 y 15cm, presenta adecuada
- Mayor a 15cm, posee mucha arcilla

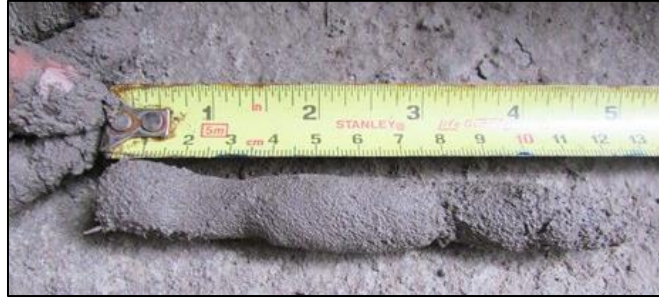


Figura 10: Prueba de la cinta de barro

Fuente: Chuya & Ayala, (2018)

2.2.8.2. Prueba “presencia de arcilla” o “resistencia seca”

- Realizar cuatro bolitas con tierra de la zona donde se realizará los adobes. Agregar una mínima cantidad de agua para realizar una mezcla de barro. (RNE E 0.80 Diseño y construcción de tierra reforzada, 2017)
- La cantidad de agua es la mínima necesaria para formar sobre las palmas de las manos cada una de las bolitas, sin que éstas se deformen significativamente a simple vista y al secarse.
- Dejar secar las cuatro bolitas, las cuatro bolitas deben dejarse secar por un periodo de 48 horas, asegurando que no se humedezcan o mojen por lluvias, derrames de agua, etc.
- Una vez transcurrido el tiempo de secado, presionar las cuatro bolitas secas, se debe presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano.
- De quebrarse todas las bolas realizar una mezcla de barro con otro suelo.



Figura 11: Prueba de resistencia seca

Fuente: Chuya & Ayala, (2018)

2.2.8.3. Prueba granulométrica (taxonomía de los suelos USDA)

- Permite conocer características generales de la tierra como la proporción de sus componentes: arena, limo y arcilla; además, permite apreciar la cantidad de materia orgánica de la muestra. En esta prueba, la botella (un litro de capacidad) se debe llenar hasta la mitad con tierra triturada y lo restante agregar agua. (Chuya & Ayala, 2018)
- Se agita la botella durante unos 5min, hasta que las partículas estén en suspensión y esperan un tiempo para que todas sus partículas entren en un estado de reposo. Finalmente medir las proporciones de los componentes.
- Indicadores: La proporción arena-arcilla-limo recomendada es la siguiente: arena debe estar dentro de 1.5 a 3 veces la parte de arcilla y limos.

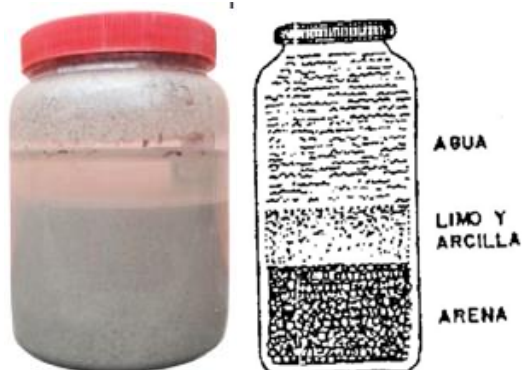


Figura 12: Taxonomía de los suelos USDA

Fuente: Chuya & Ayala, (2018)

2.2.9. Ensayos de laboratorio

2.2.9.1. Muestreo del suelo

a) Definición:

Es la adquisición de una porción del material con el que se va construir una estructura, de tal forma que las características de dicha porción sean representativas del conjunto. El muestreo, además, incluye las operaciones de envasado, identificación y traslado de las muestras. (Romero & Callasi, 2017)



b) Procedimiento:

- Dejar secar la muestra a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el horno.
- Colocar en una bandeja y con ayuda de una espátula homogeneizar la muestra.
- Dividir la muestra en 4 partes iguales y escoger las 2 partes con mayor similitud.
- Volver a realizar los pasos anteriores hasta tener una muestra representativa.
- Toma de datos del material seleccionado.

c) Equipos:

- Horno eléctrico de laboratorio.
- Bandeja
- Espátula
- Muestra de suelo



Figura 13: Cuarteo de la muestra

Fuente: Romero & Callasi, (2017)

2.2.9.2. Límites de Atterberg

Definición:

Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico, puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definidos por Atterberg (Badillo Juárez, 2015).

- Estado líquido, con las propiedades y apariencia de una suspensión.
- Estado semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.
- Estado plástico, en que el suelo se comporta plásticamente.



- Estado semisólido, en el que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado.
- Estado sólido, en que el volumen del suelo no varía con el secado.

Los anteriores estados son fases generales por las que pasa el suelo al irse secando y no existen criterios estrictos para distinguir sus fronteras. El establecimiento de estas ha de hacerse en forma puramente convencional. Atterberg estableció las primeras convenciones para ello, bajo el nombre de “límites de consistencia” (Badillo Juárez, 2015).

2.2.9.2.1. Ensayo de límite líquido (LL)

a) Definición:

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a 10 largo de su fondo en una distancia de 13 mm (112 pulg.) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo (NORMA T. 339.129, 1999).

b) Procedimiento:

- Ensayar la muestra de suelo que pase por el tamiz N° 40.
- Formar una pasta de la muestra de suelo y colocar una porción en la copa de Casagrande.
- nivelar la muestra con la espátula.
- Con ayuda del acanalador realizar un canal en la muestra, dividiéndola en dos, desde atrás hacia adelante.
- Se cuenta los golpes necesarios para que las dos mitades de la muestra se pongan en contacto (alrededor de 10mm).
- Se toma una porción de suelo de alrededor de 10gr, se la coloca en un recipiente y determina el contenido de agua mediante el secado en el horno.

c) Cálculo:

Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando la siguiente ecuación:



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

Donde:

N: Número de golpes requeridos para cerrar la ranura en el contenido de humedad.

Wn: Contenido de humedad del suelo (%).



Figura 14: Ensayo de limite plástico

Chuya & Ayala, (2018)



2.2.9.2.2. Ensayo de límite plástico (LP)

a) Definición:

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser rolado en hilos de 3 mm. (1/8 pulg) sin que se rompan en pedazos (NORMA T. 339.129, 1999).

b) Procedimiento:

- Ensayar la muestra de suelo que pase por el tamiz N° 40.
- Tomar aproximadamente 10 gr de la pasta preparada, amasar y rodar la bola entre las palmas de las manos hasta que aparezcan en su superficie pequeñas fisuras.
- Rotar esta bola entre las puntas de los dedos de una mano y la placa de vidrio con una presión suficiente como para formar del suelo un rollo de 3mm de diámetro.
- Si el rollo de suelo se divide antes de alcanzar los 3 mm de diámetro, añadir agua destilada a toda la masa de suelo y volver a amasarlo.
- Cuando el rollo se corte a los 3 mm de diámetro, tanto longitudinalmente como transversalmente recoger las porciones desmenuzadas de los rollos de suelo en un recipiente hermético y determinar el contenido de agua (horno de secado).

c) Cálculo:

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Limite Plastico} = \frac{\text{Peso del Agua (gr.)}}{\text{Peso de suelo secado al horno (gr.)}} \times 100$$



Figura 15: Ensayo de Limite Plástico

Fuente: Chuya & Ayala, (2018)



2.2.9.2.3. Índice de plasticidad (IP)

a) Definición:

Es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (NORMA T. 339.129, 1999).

b) Cálculo:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP: Índice de plasticidad (%)

LL: Límite líquido (%)

LP: Límite plástico (%)

2.2.9.3. Ensayo granulométrico por tamizado

a) Definición:

Según Braja M. Das , (2001), es una prueba de análisis mecánico porque nos da a conocer el rango de los tamaños de las partículas del suelo, expresado como un porcentaje de peso seco total. Agrupa los materiales por rangos de tamaño para lograr esto en suelos de grano grueso se realiza un proceso de tamizado (análisis de tamices), las mismas que definen el tamaño máximo, mínimo de las partículas y los expresa como porcentajes retenidos por cada malla del tamiz.

b) Procedimiento:

- Secar la muestra a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Preparación de los tamices
- Someter a vibración el conjunto de tamices
- Toma de datos del material retenido en cada tamiz

Tabla 8: Tamaños de mallas estándar

MALLA N°	ABERTURA (mm)	MALLA N°	ABERTURA (mm)
4	4.75	50	0.3
6	3.35	60	0.25
8	2.36	80	0.18
10	2	100	0.15
16	1.18	140	0.106
20	0.85	170	0.088
30	0.6	200	0.075
40	0.425	270	0.053

Fuente: Braj399 M. Das, (2001)



Figura 16: Ensayo de granulometría

2.2.9.3.1. Clasificación de los suelos

Entre los principales sistemas de clasificación de suelos tenemos: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), American Association of State Highway Officials (AASHTO):

a) Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Según Braja M. Das, (2001), El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla N° 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas, menores. Un suelo se considera “grueso” si más del 50% de sus partículas son gruesas y “fino”, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

Los símbolos que se usan para la clasificación SUCS son:



- W: Suelo bien graduado
- P: Suelo mal graduado
- L: Suelo con baja plasticidad (límite líquido menor que 50%).
- H: Suelo con alta plasticidad (límite líquido mayor que 50%).

Tabla 9: Clasificación de suelos SUCS.

El material se considera grueso si se retiene más del 50%		N° 200 	El material se considera fino si pasa más del 50%
← Es retenido		0.075 mm	pasa →
Grava	Arena		Limo o Arcilla
Si más del 50% de la fracción gruesa queda retenida en tamiz N° 4	Si más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz N° 4		El suelo fino es:
			Limo(M)
			Arcilla(C)
			Orgánico(O)

Fuente: Bowles, (1981)

Según Braja M. Das, (2001) menciona que, para clasificar de manera adecuada con este sistema, deben tomar en cuenta los siguientes conceptos:

Procedimiento:

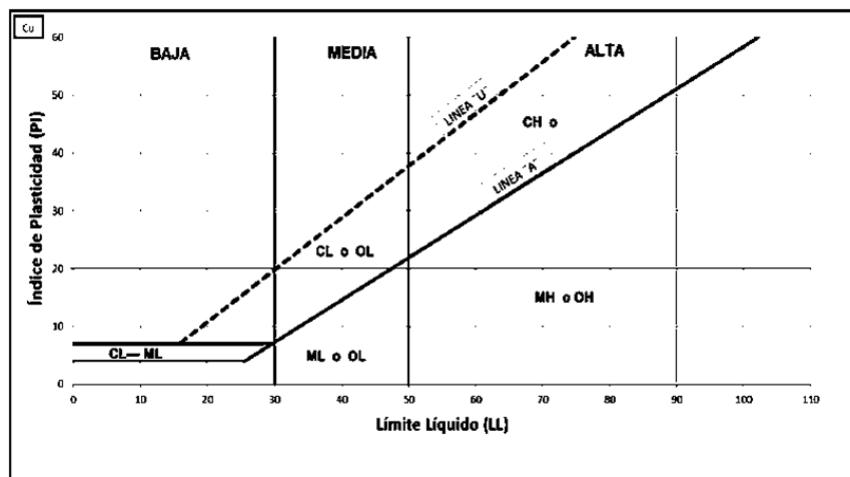
- Porcentaje de grava, que es la fracción que pasa la malla de 76.2 mm y es retenida en la malla N° 4 (abertura de 4.75 mm).
- Porcentaje de arena, que es la fracción que pasa la malla N° 4 (abertura de 4.75 mm) y es retenida en la malla N° 200 (abertura de 0.075 mm).
- Porcentaje de limo y arcilla, que es la fracción de finos que pasan la malla N° 200 (abertura de 0.075 mm).
- Límite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla N° 40.

Según Braja M. Das, (2001), los símbolos de grupo para suelos tipo grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM, y GP-GC. Similarmente, los símbolos



de grupo para suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML, y PT como se muestra en la *tabla 11*: *Símbolos y nombres típicos para suelos de grano grueso*.

Tabla 10: Carta de Casagrande (gráfico de plasticidad)



Fuente: Bowles, (1981)

Tabla 11: Símbolos y nombres típicos para suelos de grano grueso.

Divisiones Principales		Simbolos del grupo	Nombres Típicos
Suelos de grano grueso Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200.	Gravas Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GP Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.
			GM Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.
		GC Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	
	Arenas Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SP Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
			SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
		SC Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	

Fuente: Bowles, (1981)



Tabla 12: Símbolos y nombres típicos para suelos de grano fino.

Divisiones Principales		Símbolos del grupo	Nombres Típicos	
Suelos de grano fino	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.	
	Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200.	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
Suelos muy orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.	

Fuente: Bowles, (1981)

b) American Association of State Highway Officials (AASHTO)

Está basada en la granulometría por tamizado, límite líquido y plástico. Sin embargo, ésta representa la calidad del suelo mediante una medición numérica donde se especifica 8 tipos de suelos considerados del 1 hasta el 8 y usan como prefijo la letra A.

Según Braja M. Das, (2001) menciona que, para determinar una adecuada clasificación, se deben tomar en cuenta los siguientes conceptos:

a) Tamaño del grano

- Grava: fracción que pasa la malla de 75 mm y es retenida en la malla N° 10 (2 mm).
- Arena: fracción que pasa la malla N° 10 (2 mm) y es retenida en la malla N° 200(0.075 mm).
- Limo y arcilla: fracción que pasa la malla N° 200. (Braja M. Das, 2001)



- b) Plasticidad: El término limoso se aplica cuando las fracciones de finos del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menor. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones de finos tienen un índice de plasticidad de 11 o mayor. (Braja M. Das, 2001)
- c) Si cantos rodados y boleas (tamaños mayores que 75 mm) están presentes, éstos se excluyen de la porción de la muestra de suelo que se está clasificando. Sin embargo, el porcentaje de tal material se registra. (Braja M. Das, 2001)

Tabla 13: Sistema de clasificación AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% ó menos pasa el tamiz N.200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz N. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7.5 A-7.6
Clasificación por grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, porcentaje que pasa											
2.00 mm (N. 10)	50 max.	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
0.425 mm (N. 40)	30 max.	50 max.	51 min.	----	----	----	----	----	----	----	----
0.075 mm (N. 200)	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características fracción que pasa el tamiz N. 40											
Límite Líquido	----	----	----	40 max.	41 max.	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Índice de plasticidad	6 max.	----	N.P.	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Material constituyente más común	Fragmento roca grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas arcillosas y limosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Comportamiento general como subrasante	Excelente a bueno							Regular a malo			

Fuente: (Braja M. Das, 2001)

- Para la evaluación de la calidad de un suelo como material para sub-rasante de carreteras, se incorpora también un número llamado índice de grupo (IG) junto con los grupos y subgrupos del suelo. Este número se escribe en paréntesis después de la designación de grupo o de subgrupo. El índice de grupo está dado por la ecuación:

$$IG=(F-35) * [0.2+0.005*(LL-40)]+0.01*(F-15) *(IP-10)$$

- Donde F es el porcentaje que pasa el tamiz N° 200, LL es el límite líquido e IP el índice de plasticidad. El índice de grupo para los suelos de los subgrupos A-2-6 y A-2-7 se calculará de la siguiente manera:

$$IG=0.01*(F-15) *(IP-10)$$



- Según Braja M. Das, (2001), Los índices de grupo de los suelos granulares están generalmente comprendidos entre 0 y 4, los suelos limosos, entre 8 y 12 y los suelos arcillosos, entre 11 y 20, o más.

2.2.9.4. Ensayo de alabeo

a) Definición:

Es la medición de la concavidad y convexidad con la precisión de 1mm, de un elemento de albañilería para saber en cuanto influencia la cantidad y adherencia de la junta. (NORMA T. 399.613, 2005)

b) Procedimiento:

Para determinar la concavidad y convexidad se procede a:

- Se posiciona la regla en forma recta o diagonal a la cara de asentamiento del elemento de albañilería.
- Para la concavidad se colocó debajo del borde de la regla una cuña milimetrada en la zona con mayor concavidad.
- Para la convexidad se colocó debajo del borde de la regla dos cuñas milimetradas en los vértices de la diagonal hasta que las dos cuñas registren la misma medida de convexidad.

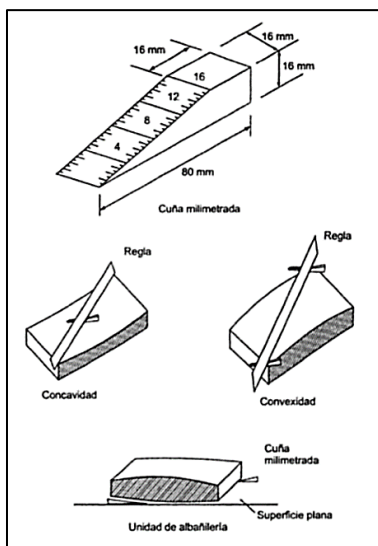


Figura 17: Medición de alabeo (concavidad y convexidad).

Fuente: Bartolomé, (1994)



Figura 18: Medición de alabeo con cuña milimétrica

c) Cálculo:

Se calcula el promedio de los valores de convexidad y/o concavidad obtenidos en milímetros.

2.2.9.5. Ensayo de variabilidad dimensional

a) Definición:

Es la medición de las dimensiones (altura, largo y ancho) con la precisión de 1 mm, de un elemento de albañilería para saber si se va a aumentar el espesor de la junta por encima de lo convencional que es de 9-12 mm (NORMA T. 399.613, 2005)

b) Procedimiento

- Se observa si las unidades de adobe presentan ligeras variaciones en sus dimensiones respecto a las dimensiones nominales, es decir se toman medidas para cada unidad de adobe, el largo, ancho y alto, con la precisión de 1 mm, de cada medida se obtendrá como promedio de las tres medidas entre los puntos centrales de los bordes.

c) Cálculo:

$$\% V = \frac{\delta}{P}$$



Donde:

% V: Variación de dimensión en porcentaje

δ : Desviación estándar (cm)

P: Promedio de las 6 mediciones totales, por lado A (3 medidas superior, central e inferior), lado B opuesto al lado A (3 medidas superior, central e inferior) (cm). (NORMA T. 399.613, 2005)

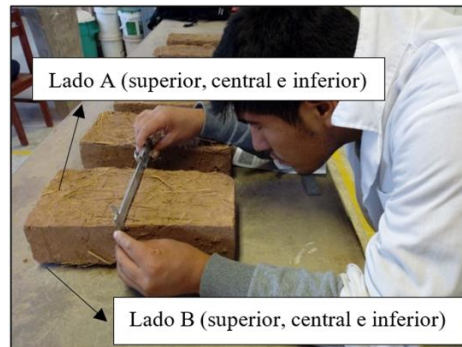


Figura 19: Medición de la variabilidad dimensional

2.2.9.6. Ensayo de succión

a) Definición:

Según la NORMA T. 339.129, (1999), La succión determina la velocidad de absorción de agua por capilaridad por el elemento de albañilería en un área determinada. La succión es una propiedad importante en los elementos de albañilería ya que cuando la succión es muy alta, producirá posibles fisuras en dichos elementos.

b) Procedimiento:

- Secar los elementos de albañilería por un periodo de 4 semanas.
- Tomar las dimensiones (largo, ancho) de la cara que estará en contacto con el agua.
- Pesar el elemento de albañilería en la balanza de precisión y registrar su valor
- En una bandeja colocar una cuñas o soportes de apoyo y vierte agua en la bandeja hasta 3 mm sobre el nivel de las cuñas.
- Luego se posiciona el elemento de albañilería sobre las cuñas o soportes durante 1 minuto
- Transcurrido el tiempo retirar el elemento de albañilería, secar con papel toalla los excesos de agua y registrar su peso. (NORMA T. 339.129, 1999)

c) Cálculo:

$$\text{Succión} = \frac{(P_{su} - P_{se}) \times 200}{A}$$

Donde:

P_{su} : Peso de unidad en succión (gr.)

P_{se} : Peso de unidad en seco (gr.)

A: Área de contacto del elemento (cm^2) (NORMA T. 399.613, 2005)

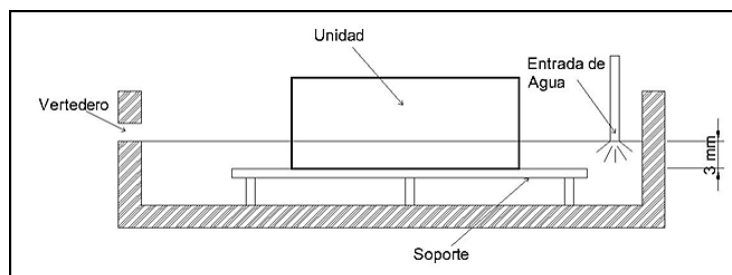


Figura 20: Ensayo de succión

Fuente: RNE E 0.80 Diseño y construcción de tierra reforzada, (2017)



Figura 21: Ensayo de succión



2.2.9.7. Ensayo de absorción

a) Definición:

De acuerdo con (NORMA T. 339.129, 1999), Es la medición de la capacidad de absorción del adobe durante un periodo de 24 horas de inmersión continua de agua a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$.

b) Procedimiento:

- Se elimina la humedad atmosférica contenida en los especímenes para obtener solo la cantidad de agua absorbida producto de la inmersión de las muestras. Para ello las muestras deben ser secadas a la intemperie por lo menos 4 semanas.
- Transcurrido el tiempo de secado, se pesan las muestras secas con una aproximación de 0.5 gr y proceder a colocar a cada espécimen su respectiva batea.
- Cada espécimen se sumerge en bateas en forma individual.
- Transcurridas el periodo de 24 horas de inmersión, se retira el espécimen secando ligeramente con un paño húmedo su superficie, para enseguida volverlos a pesar y registrar el dato. (Romero & Callasi, 2017)

c) Cálculo:

$$\text{Absorción \%} = 100 \times \frac{(W_s - W_d)}{W_d}$$

Donde:

W_s : Peso del espécimen saturado (gr.)

W_d : Peso seco del espécimen (gr.)



Figura 22: Elementos de adobe en la bandeja

2.2.9.8. Ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET)

a) Definición:

Este ensayo determina el comportamiento de los elementos de adobes a la erosión de su superficie causado por el contacto continuo de corriente de agua en una de las caras de los testigos, simulando una lluvia fuerte y prolongada. De esta manera se podría comparar los resultados en cada uno de los casos, verificando cuál de los elementos de adobe resultaba más erosionable. (AENOR, 2008)

b) Procedimiento:

- Se suelta una corriente continua de agua encima del testigo durante 10 min a través de un tubo de cristal de 5 mm. de diámetro, conectado a un tanque de agua de nivel constante, cuya cabecera está a 1.5 m sobre la cara del bloque.
- El testigo debe estar inclinado a 27° respecto a la horizontal.
- Usando una varilla de 3 mm. de diámetro se determina la profundidad de las oquedades (D) que aparecen. (AENOR, 2008)

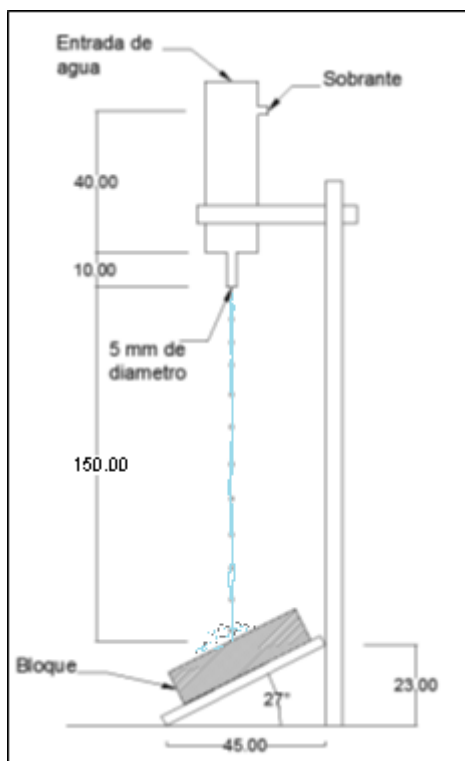


Figura 23: Ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET)

Fuente: AENOR, (2008)



Figura 24: Medición de la oquedad

c) Cálculo:

Se calcula el promedio de los valores de oquedad obtenidos en milímetros.



2.2.9.9. Ensayo de desgaste por goteo

a) Definición:

Este ensayo determina el comportamiento de los elementos de adobes a la erosión de su superficie ocasionada por el roce continuo de gotas de agua en una de las caras de los elementos de adobes, pero a diferencia de la anterior, esta simulara una lluvia constante a base de gotas

b) Procedimiento:

- Se deja caer gotas continuas con ayuda de un micro gotero de agua sobre el bloque durante un periodo de 10 min a través de un tubo de cristal de 5 mm. de diámetro, conectado a un tanque de agua de nivel constante, cuya cabecera está a 1.5 m sobre la cara del bloque.
- El testigo debe estar inclinado a 27° respecto a la horizontal.
- Usando una varilla de 3 mm. de diámetro se determina la profundidad de las oquedades (D) que aparecen. (AENOR, 2008)

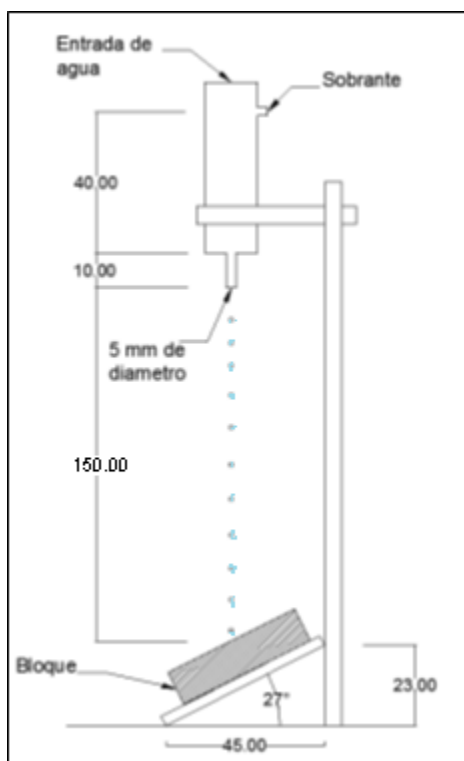


Figura 25: Equipo de desgaste por goteo

Fuente: AENOR, (2008)



Figura 26: Ensayo de desgaste por goteo

c) Cálculo:

Se calcula el promedio de los valores de oquedad obtenidos en milímetros.

2.2.9.10. Ensayo de resistencia a la compresión

a) Definición:

Según RNE E 0.80 Diseño y construcción de tierra reforzada, (2017), Es un ensayo de suma importancia para el adobe ya que este debe superar los 10.2 kg/cm^2 , El ensayo de compresión, se realiza en testigos secos, aunque algunas normas proponen o aceptan el ensayo de los elementos enteros e incluso de dos medias elementos separadas por una junta de mortero. La carga de compresión se aplica de forma perpendicular a la superficie de asiento y se realiza hasta la rotura.

b) Procedimiento:

- Se colocó dos planchas de neopreno de la dimensión de la cara de asiento en la parte superior e inferior del adobe.
- Seguidamente se colocó en la parte superior e inferior dos planchas de metal ligeramente de más dimensión que la unidad de adobe.
- Se colocó en la máquina de compresión axial para ser sometidas a compresión hasta que aparezca la primera fisura en uno de los lados de la unidad de adobe.



c) **Cálculo:**

$$f_o = \frac{F}{A}$$

Donde:

f_o : Fuerza a compresión del adobe (kg-f/cm^2).

F: Fuerza de rotura (kg-f)

A: Área bruta (cm^2)



Figura 27: Máquina de ensayo a la compresión

2.2.9.11. Ensayo de resistencia a la tracción por flexión

a) **Definición:**

Para determinar este ensayo se somete el elemento a la acción de una carga concentrada (al centro) creciente, a una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de la máquina de ensayos de 1.25 mm/min. Luego se calcula f'_t mediante la aplicación de la fórmula de rotura por flexión simple de resistencia de materiales.

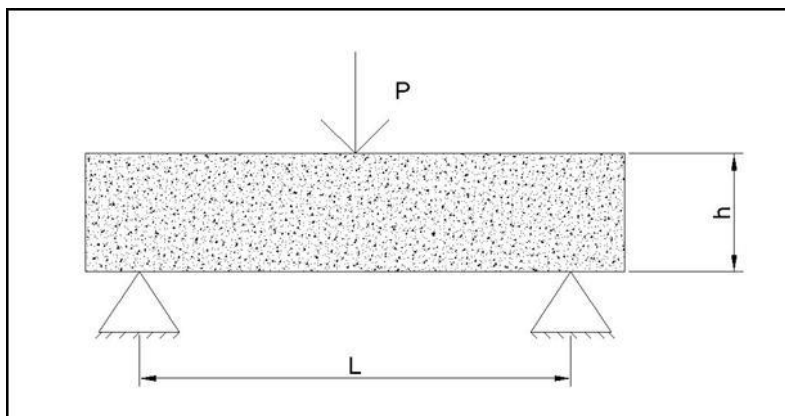
b) **procedimiento:**

- Se coloca la unidad de adobe sobre una placa de base sobre el que se tiene 2 apoyos con una distancia conocida (20 cm).



- Se presentó en la máquina de compresión axial, donde se colocó sobre la parte central del adobe, una barra de acero de 1" de diámetro como se muestra en la *Figura 28: Ensayo de resistencia a la tracción por flexión del elemento de adobe.*
- Seguidamente se ejerce presión sobre la barra de acero hasta que la unidad de adobe sea traccionada y falle partiéndose por la mitad.

c) **Cálculo:**



$$f't = \frac{3PL}{2Bh^2}$$

Dónde:

$f't$: módulo de rotura (kg/cm^2)

P: Carga aplicada (kg)

L: Distancia entre los apoyos (cm)

B: Ancho (cm)

H: Altura del elemento de albañilería (cm)



Figura 28: Ensayo de resistencia a la tracción por flexión del elemento de adobe

2.2.9.12. Ensayo de conductividad térmica

a) Definición

La conductividad térmica es la propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor. En otras palabras, la conductividad térmica es también la capacidad de un material o sustancia de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras moléculas adyacentes con las que no está en contacto. En el Sistema Internacional de Elementos la conductividad térmica se mide en $W/(K \cdot m)$ (equivalente a $J/(s \cdot K \cdot m)$). (Collieu & Powney, 1977)

El coeficiente de conductividad térmica es una propiedad de cada sustancia y expresa la magnitud de su capacidad de conducir el calor. el coeficiente de conductividad térmica expresa la cantidad de calor necesario por m^2 de material para que, atravesando 1 metro de éste durante una unidad de tiempo, se obtenga una diferencia de $1^\circ C$ de temperatura entre las dos caras. Su símbolo es la letra griega λ . (Collieu & Powney, 1977)

b) Procedimiento:

- El coeficiente de conductividad térmica determina la cantidad o flujo de calor que atraviesa la unidad de superficie de una muestra del material, de extensión infinita, caras plano paralelas y espesor unidad, cuando entre sus caras se observa una diferencia de temperaturas igual al elemento, en condición inerte. (Collieu & Powney, 1977).



c) **Cálculo:**

Dicho coeficiente de conductividad térmica (λ) se determina mediante la “ley de la conducción de calor de Fourier”, descrito anteriormente lo cual es: (Kreith, Manglik, & Bohn, 2012).

$$\text{Pot} = \lambda * A \left(\frac{\Delta T}{L} \right)$$

La variación de temperatura ΔT menciona las temperaturas final e inicial del material o sustancia, siendo estas T_1 y T_2 ,. (Kreith, Manglik, & Bohn, 2012).

$$\text{Pot} = \lambda * A \left(\frac{T_2 - T_1}{L} \right) = \lambda * A \left(\frac{T(\text{fria}) - T(\text{caliente})}{L} \right)$$

Para determinar el coeficiente de conductividad térmica se despeja la variable λ de la ecuación siendo: (Kreith, Manglik, & Bohn, 2012).

$$\lambda = \frac{\text{Pot} * L}{A * (T(\text{fria}) - T(\text{caliente}))}$$

Dónde:

- λ = Coeficiente de conductividad térmica (W/(m.°K), J/ (s. m.°K))
- Pot = Potencia o flujo de calor total a través de la pared (W, Joule/s)
- L = Espesor que atraviesa el calor (m)
- A = Área por donde se suministra la placa caliente (m²)
- $T(\text{caliente})$ = Temperatura de la placa caliente (°K)
- $T(\text{fria})$ = Temperatura de la placa fría (°K)

Tabla 14: Parámetros de los materiales con buenos aislantes térmicos, moderados o pobres

TIPO DE MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA
BUENOS AISLANTES	0.043-0.288
MODERADOS AISLANTES	0.288-0.721
POBRES AISLANTES	Mayor Que 0.721

Fuente: Garcia, (2006)



d) Equipo eléctrico utilizado para evaluar la conductividad térmica

Según Camino & Camino, (2017), para medir la conductividad térmica del elemento de albañilería se construye un equipo eléctrico, apoyándose en la norma ASTM C177-13, Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus, donde menciona el método de la placa caliente guardada, el dispositivo sirve para la medida y la verificación de materiales secos que deben ser objeto de ensayos de la conductividad térmica.

Este método señala el criterio de la determinación del flujo de calor en estado inerte, por medio de una superficie plana de un material homogéneo, cuando una cara del elemento de albañilería está en roce con una placa caliente de aluminio, dicho método se denomina el aparato de placa caliente protegida. (Camino & Camino, 2017)

Este equipo se encuentra en el laboratorio de suelos de la Universidad Andina del Cusco, siendo este elaborado por estudiantes de la facultad y donado a la universidad, para poder facilitar el estudio y ensayo de otros materiales.

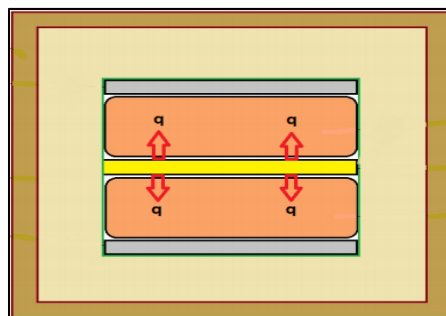


Figura 29: Flujo de calor generado por la placa caliente

Fuente: (Camino & Camino, 2017)

Según: Camino & Camino, (2017) para la presente investigación, los elementos de adobe a ser ensayadas para conocer su conductividad térmica, deberán estar aisladas completamente de la temperatura ambiente, todo ello con la finalidad de prevenir que la temperatura ambiente modifique los datos alcanzados por la termocupla, determinados en las placas de aluminio. Se utilizará el Tecnopor como material aislante.



Según Camino & Camino, (2017) se observa en la figura, los elementos de albañilería a ensayar serán colocados dentro del compartimiento, manteniendo siempre el orden: primero la placa fría de aluminio, luego el elemento de albañilería, posteriormente la placa caliente de aluminio, sobre ella otro elemento de albañilería que tenga las semejantes dimensiones que el primero, seguidamente a esta se coloca la placa fría de aluminio.

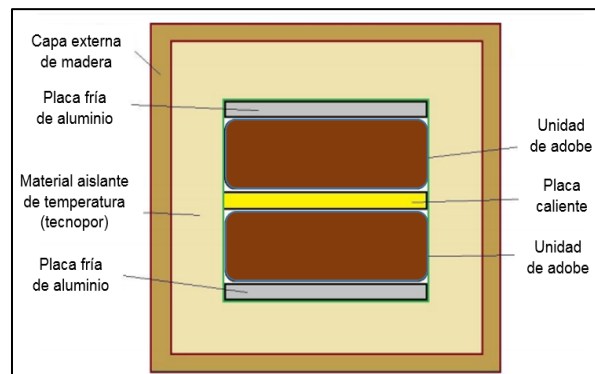


Figura 30: Acondicionamiento para el ensayo de la conductividad térmica

Según: Camino & Camino, (2017), la placa caliente de aluminio se elevara progresivamente de temperatura, transmitiendo así el calor a los elementos de albañilería, al transcurso de un periodo por el flujo de calor en los elementos ensayados se percibe la temperatura en la placa fría de aluminio, es en ese momento en donde debe tomarse la temperatura en los sensores, estos datos serán tomados para aplicarse a la relación matemática del coeficiente de la conductividad térmica λ , y de esta manera determinar esta propiedad física.

Termocupla Tipo K

Las termocuplas son sensores de temperatura comúnmente utilizados en la industria, una termocupla está constituido por dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) del orden de los milivoltios el cual asciende con la temperatura. (Garcia, 2006).

Tienen un rango de temperatura de $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+1372\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ aproximadamente. Posee buena resistencia a la oxidación. (Garcia, 2006)

La termocupla tipo K es usado comúnmente en fundiciones y hornos a temperaturas menores de $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$, por ejemplo, fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos. (Garcia, 2006)



Figura 31: Sensor de temperatura digital – termocupla tipo K

Fuente: Camino & Camino, (2017)

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

“Los elementos de adobe estabilizado con fibra de poliéster presenta mejor conductividad térmica y propiedades físico-mecánicas frente a los elementos de adobe tradicional del sector adoberos, distrito San Sebastián - Cusco”

2.3.2. Sub hipótesis

1° Sub hipótesis

Los elementos de adobe estabilizado con fibra de poliéster presentan mayor resistencia a la compresión frente a un adobe tradicional.

2° Sub hipótesis

Los elementos de adobe estabilizado con fibra de poliéster presentan mayor resistencia a la tracción por flexión frente a un adobe tradicional.

3° Sub hipótesis

Los elementos de adobe estabilizado con fibra de poliéster presentan menor alabeo frente a un adobe tradicional.



4° Sub hipótesis

Los elementos de adobe estabilizado con fibra de poliéster presentan mejor conductividad térmica frente a un adobe tradicional.

5° Sub hipótesis

Los elementos de adobe estabilizado con fibra de poliéster presentan menor porcentaje de absorción frente a un adobe tradicional.

6° Sub hipótesis

Los elementos de adobe estabilizado con fibra de poliéster presentan menor succión de agua frente a un adobe tradicional.

2.4. Definición de variables

2.4.1. Variables independientes

- X1: Fibra de poliéster

La estabilización del elemento de adobe logra mejorar las propiedades de dicho material de albañilería, a través de la incorporación homogénea de fibra de poliéster 100% reciclado de botellas plásticas.

2.4.1.1. Indicadores de variables independientes

- X1: Porcentaje de fibra de poliéster (%) respecto al peso de una unidad de adobe.

2.4.2. Variables dependientes

- Propiedades físicas

Evalúa el elemento de albañilería a mediante la observación, pertenecen a la naturaleza del material, es la relación que existe entre la masa y el volumen de un cuerpo.

- Propiedades mecánicas

Evalúa el elemento de albañilería mediante la aplicación de una fuerza mecánica, como son su dureza, resistencia, medibles en función a una fuerza

2.4.2.1. Indicadores de variables dependientes

- Propiedades Mecánicas
 - Y1: Resistencia a la compresión
 - Esfuerzo de compresión (kg-f/cm^2).



- Y2: Resistencia a la tracción por flexión
 - Esfuerzo de tracción por flexión (kg-f/cm^2).
- Propiedades físicas
 - Y3: Alabeo
 - Concavidad y convexidad (mm).
 - Y4: Conductividad térmica
 - Watios por metro y Kelvin ($\text{w}/(\text{m-}^\circ\text{K})$).
 - Y5: Absorción
 - Porcentaje de absorción (%).
 - Y6: Succión
 - Índice de succión ($\text{gr}/\text{min}/\text{cm}^2$).



2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLES INDEPENDIENTES					
TIPO	VARIABLE	DESCRIPCION	NIVEL	INDICADOR	INSTRUMENTO
X1	ADOBE ESTABILIZADO CON FIBRA DE POLIÉSTER	Cantidad de fibra de poliéster que será añadido por peso de elemento de adobe	Adición del (%) fibra de poliéster	peso de fibra de poliéster (gr.)	Ficha de Laboratorio
VARIABLES DEPENDIENTES					
Y1	PROPIEDADES MECÁNICAS	Propiedad que presentan los elementos de adobe estabilizado y tradicional para estar sometido a un esfuerzo de compresión.	Resistencia a la compresión	Kilogramo Fuerza por Centímetro cuadrado	Ficha de Laboratorio
Y2		Propiedad que presentan los elementos de adobe estabilizado y tradicional para estar sometido a un esfuerzo de flexor.	Resistencia a la tracción por flexión	Kilogramo Fuerza por Centímetro cuadrado	Ficha de Laboratorio
Y3	PROPIEDADES FÍSICAS	Deformación de una superficie plana del elemento de adobe, por acción del calor, humedad, etc., de manera que no pueda coincidir con un plano.	Alabeo	Superficies cóncavas (mm) y superficies convexas (mm)	Ficha de Laboratorio
Y4		Propiedad de un elemento de adobe de transferir calor por conducción.	Conductividad térmica	Watios por Kelvin y metro	Ficha de Laboratorio
Y5		Propiedad de un elemento de adobe de incorporar agua en su interior.	Absorción	Porcentaje de absorción	Ficha de laboratorio
Y6		Propiedad según el cual un líquido a una presión inferior a la atmosférica es absorbido por un medio poroso	Succión	Índice de Succión	Ficha de Laboratorio



CAPÍTULO III: METODOLOGIA

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

El actual estudio de investigación está regido bajo la tipología CUANTITATIVA porque conlleva a una descripción y análisis de un hecho real para dar un aporte científico tomando en cuenta el número apropiado de especímenes según establece la norma E.080. Hernández, (2010) menciona que: “la investigación cuantitativa es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados”

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

La actual investigación es de nivel DESCRIPTIVO ya que se realizó con el fin de especificar las propiedades, características y parámetros para ser sometidos a un análisis y comparación de los resultados. (Hernández, 2010)

3.1.3. Método de investigación

La metodología utilizada fue el HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO debido a que se inicialmente se formuló varias hipótesis las mismas serán rebatidas y se lograron confrontar y demostrar por medio de hechos deduciendo las conclusiones relacionado a las variables e indicadores de la presente investigación. (Bernal, 2010)

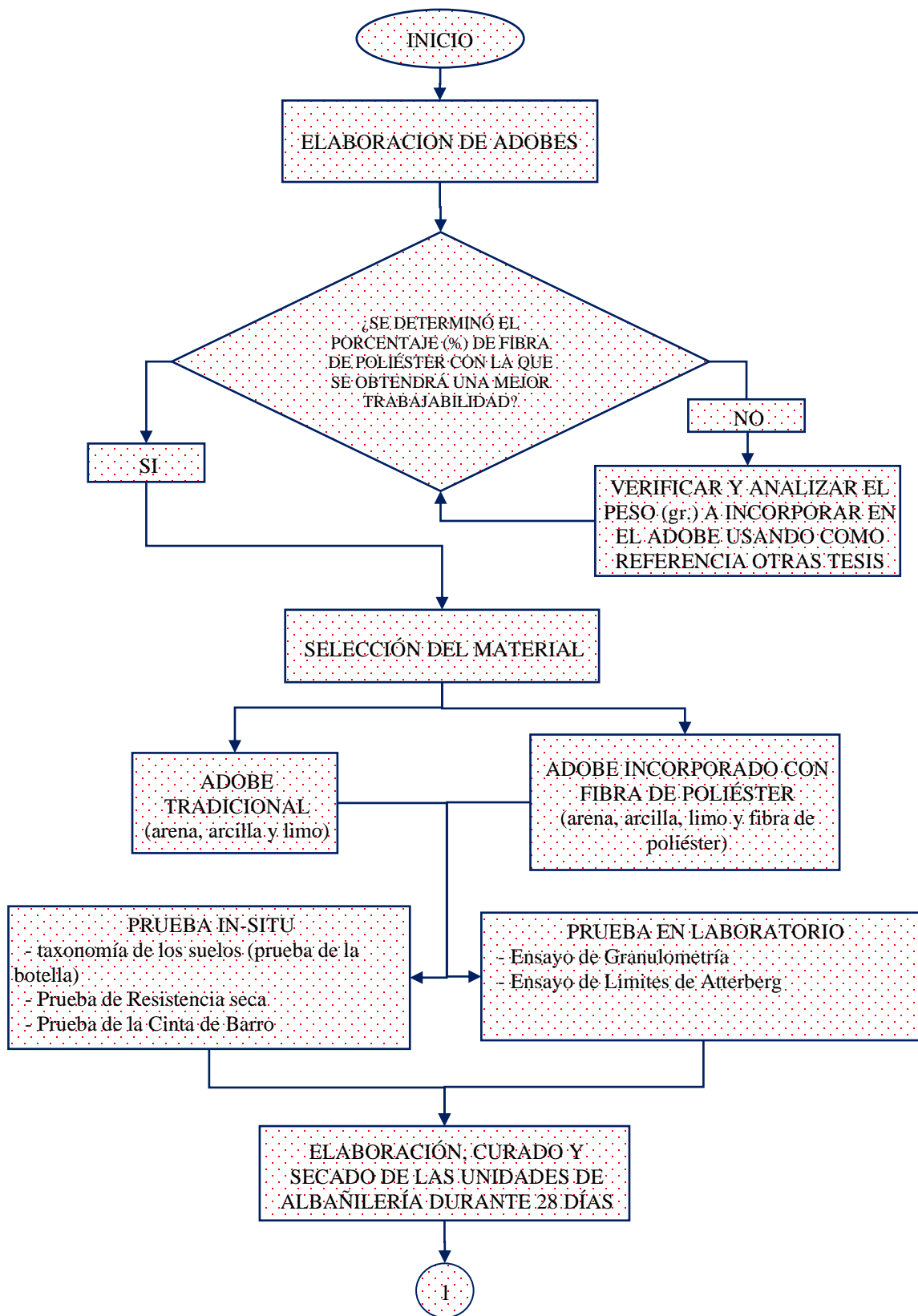
3.2. Diseño de la investigación

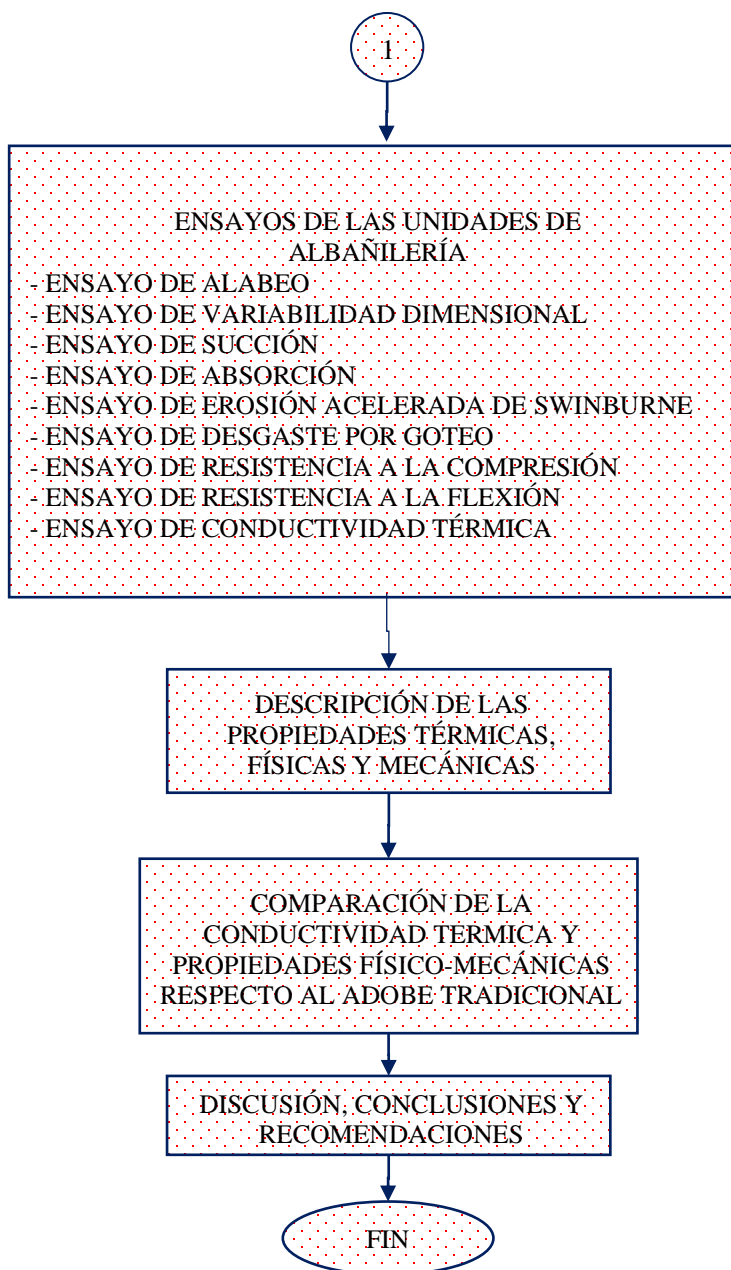
3.2.1. Diseño metodológico

Según Hernández (2010), esta investigación se cataloga como CUASI-EXPERIMENTAL, ya que, al momento de realizar los ensayos en laboratorio a los elementos de albañilería, se presentaron agentes externos incuantificables, tales como: la presión atmosférica, temperatura ambiental, calibración de equipos, humedad, etc.



3.2.2. Diseño de ingeniería







3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la población

La población en estudio estaba compuesta por los elementos de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de desmontes de distintas localidades del Cusco llevadas a las adoberas ubicadas en San Sebastián – Vía Expresa para su posterior elaboración de unidades de adobes tradicionales y adobes estabilizados con fibra de poliéster elaborados por los tesistas.

3.3.1.2. Cuantificación de la población

Fue una población constituida por 208 adobes entre tradicionales y estabilizados con fibra de poliéster al 0.25%, 0.50% y 0.75%; todos ellos elaborados con suelo de desmontes de distintas localidades del Cusco, y elaborados según la norma E080.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

La muestra fueron los elementos de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de desmontes de distintas localidades del Cusco. Con dimensiones de 30cm. (largo) x 15cm. (ancho) x 8cm. (altura), entre tradicional y los elementos estabilizados con fibra de poliéster fabricados por los tesistas, que fueron sometidos a ensayos de laboratorio para su estudio, así como también para definir las propiedades físicas, mecánicas y térmicas de las mismas.

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

La cantidad de muestra se limitó a 208 elementos de albañilería de tierra cruda fabricadas con suelo de desmontes de distintas localidades del Cusco, total de la población entre tradicionales y estabilizados con fibra de poliéster.



Tabla 15: Cuantificación de la muestra

ENSAYO DE LABORATORIO	ADOBE TRADICIONAL	ADOBE ESTABILIZADO AL 0.25%	ADOBE ESTABILIZADO AL 0.50%	ADOBE ESTABILIZADO AL 0.75%	TOTAL
VARIACIÓN DIMENSIONAL	6	6	6	6	24
ALAVEO	6	6	6	6	24
SUCCIÓN	6	6	6	6	24
ABSORCIÓN	6	6	6	6	24
EROSIÓN ACELERADA DE SWINBURNE (SAET)	6	6	6	6	24
DESGASTE POR GOTEO	6	6	6	6	24
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	6	6	6	6	24
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	6	6	6	6	24
CONDUCCIÓN TÉRMICA	4	4	4	4	16
TOTAL DE MUESTRAS					208

3.3.2.3. Método de muestreo

Según Hernández, (2010), la investigación utiliza la metodología de muestreo NO PROBABILISTICO, para la selección de las muestras no dependen de fórmulas ni procedimientos estadísticos, sino depende de las decisiones del investigador, siendo los investigadores quienes fabrican los elementos de albañilería, el cantidad de la población es proporcional al número de la muestra, estos también deben de cumplir con la estabilización de fibras de poliéster al 0.25%, 0.50% y 0.75% como un criterio de selección.

3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra

Según la RNE E 0.80 Diseño y construcción de tierra reforzada, (2017) es recomendable ensayar 6 elementos de albañilería para ensayos de resistencia a compresión, se tomara esta misma consideración para los otros ensayos como son: variabilidad dimensional, alabeo, succión, absorción, erosión (SAET), erosión por goteo y resistencia a la tracción por flexión; para el ensayo de conductividad térmica solo se tomara 4 elementos de albañilería, tanto en tradicionales como para estabilizados con fibras de poliéster al 0.25%, 0.50% y 0.75%.

3.3.3 Criterios de inclusión

- Para la presente investigación no son prescindibles mayores criterios para la inclusión ya que la muestra es coincidente absolutamente con el total de la población a evaluar.
- Los elementos de albañilería (adobes) deben ser de tierra cruda (suelo) fabricadas en las adoberas del distrito de San Sebastián-Cusco. Se tomarán en consideración los elementos



de albañilería tradicional y estabilizadas con fibras de poliéster al 0.25%, 0.50% y 0.75% de las adoberas ubicadas en el distrito de San Sebastián – Vía Expresa.

- Los elementos de albañilería fueron dimensionados en 30.00 x 15.00 x 8.00 cm
- Se tomó en consideración que las evaluaciones de estas muestras de albañilería sean a los 30 días de su elaboración.
- Para la evaluación a compresión de los elementos de albañilería tradicionales y estabilizadas con fibras de poliéster al 0.25%, 0.50% y 0.75%.
- Para las evaluaciones a los elementos de albañilería tradicionales y estabilizadas con fibras de poliéster al 0.25%, 0.50% y 0.75% se realizó bajo las mismas condiciones ambientales (temperatura, humedad).



3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

Tabla 16: Formato – cuestionario para determinar las características en la elaboración de los elementos de adobe



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 	
“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ADOBE ESTABILIZADAS CON FIBRA DE POLIESTER FRENTE AL ADOBE TRADICIONAL, DE LAS ADOBERAS UBICADAS EN EL DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN-CUSCO”	
RESPONSABLES:	JOSE ANTONIO ALAGON HUARANCCA RONALD SAUL EDWAR NEIRA ATAMARI
FECHA:	
LUGAR:	SAN SEBASTIÁN- VÍA EXPRESA
ENCUESTA DE CAMPO:	CARACTERISTICAS EN LA ELABORACIÓN DE ADOBE TRADICIONAL
1.- ¿Cuál es la procedencia de la tierra que usa para la fabricación de sus adobes? 2.- ¿Cuáles son los criterios que usa en la selección de la tierra para la fabricación de sus adobes? 3.- ¿Cuál es la procedencia de la paja que usa para la fabricación de los adobes y cual es la dimension aproximada de esta? 4.- ¿Cuál es la procedencia del agua que utiliza en la fabricación de los adobes y si usa algun control de calidad? 5.- ¿Una vez reunidos los materiales cual es el procedimiento para la fabricación de los adobes? 6.- ¿Qué tiempo es el considerado para hacer dormir el barro para una posterior fabricación de los adobes? 7.- ¿a los cuantos dias de tendido el adobe se realiza el arrumado de los adobes ? 8.- ¿En cuánto tiempo consideran que el adobe ha secado por completo y esta listo para su uso o venta? 9.- ¿Realizan algún tipo de control de calidad antes de la venta? 10.- ¿A que precio de venta se encuentran en el mercado los adobes tradicionales?	

Tabla 17: Formato – prueba de campo – cinta de barro

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 									
RESPONSABLES:	JOSE ANTONIO ALAGON HUARANCCA RONALD SAUL EDWAR NEIRA ATAMARI								
FECHA:									
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - UAC								
ENSAYO:	CINTA DE BARRO								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>SUELO ARENOSO</th> <th>SUELO ARCILLO-ARENOSA</th> <th>SUELO ARCILLOSO</th> <th>RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 a 5 cm</td> <td>5 a 15 cm</td> <td>15 a + cm</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	SUELO ARENOSO	SUELO ARCILLO-ARENOSA	SUELO ARCILLOSO	RESULTADO	0 a 5 cm	5 a 15 cm	15 a + cm	
SUELO ARENOSO	SUELO ARCILLO-ARENOSA	SUELO ARCILLOSO	RESULTADO						
0 a 5 cm	5 a 15 cm	15 a + cm							
Muestra de Suelo									



Tabla 18: Formato – prueba de campo – presencia de arcilla- resistencia Seca



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
RESPONSABLES:	JOSE ANTONIO ALAGON HUARANCCA RONALD SAUL EDWAR NEIRA ATAMARI			
FECHA:				
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - UAC			
ENSAYO:	PRESENCIA DE ARCILLA - RESISTENCIA SECA			
	BAJA RESISTENCIA	MEDIA O ALTA RESISTENCIA	RESULTADO	
	(la bola no se rompe)	(la bola no se rompe)		
Bola 1				
Bola 2				
Bola 3				
Bola 4				
Muestra de Suelo				

Tabla 19: Formato – prueba de campo – taxonomía de los suelos USDA



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
RESPONSABLES:	JOSE ANTONIO ALAGON HUARANCCA RONALD SAUL EDWAR NEIRA ATAMARI				
FECHA:					
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - UAC				
ENSAYO:	PRUEBA DE LA BOTELLA				
	ARENAS	LIMOS	ARCILLAS	MATERIAL ORGANICO	RESULTADO
	55% - 77%	15% - 25%	10% - 20%	0%	
Muestra de Suelo					



Tabla 20: Formato – ensayo de laboratorio – límite líquido



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 			
RESPONSABLES:	JOSE ANTONIO ALAGON HUARANCCA RONALD SAUL EDWAR NEIRA ATAMARI		
FECHA:			
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - UAC		
ENSAYO:	LIMITE LIQUIDO		
MUESTRA	1	2	3
NUMERO DE GOLPES			
RECIPIENTE (gr.)			
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr.)			
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (gr.)			
PESO DEL AGUA (gr.)			
PESO DEL RECIPIENTE (gr.)			
PESO DEL SUELO SECO (gr.)			
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)			

Tabla 21: Formato – ensayo de laboratorio – limite plástico



 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 			
RESPONSABLES:	JOSE ANTONIO ALAGON HUARANCCA RONALD SAUL EDWAR NEIRA ATAMARI		
FECHA:			
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - UAC		
ENSAYO:	LIMITE PLÁSTICO		
MUESTRA	1	2	
RECIPIENTE (gr.)			
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (gr.)			
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (gr.)			
PESO DEL AGUA (gr.)			
PESO DEL RECIPIENTE (gr.)			
PESO DEL SUELO SECO (gr.)			
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)			



Tabla 22: Formato – ensayo de laboratorio – granulometría


 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
RESPONSABLES: JOSE ANTONIO ALAGON HUARANCCA RONALD SAUL EDWAR NEIRA ATAMARI					
FECHA:					
LUGAR: LABORATORIO DE SUELOS - UAC					
ENSAYO: GRANULOMETRÍA					
Peso Inicial de la Muestra					gr.
Peso de la Muestra Despues del Secado al Horno					gr.
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE DE PESO RETENIDO (%)	PORCENTAJE DE PESO RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3/4"	19.050				
3/8"	9.525				
#4	4.763				
#8	2.381				
#16	1.191				
#30	0.595				
#50	0.298				
#100	0.149				
#200	0.074				
FONDO					
Total Retenido:					

Tabla 23: Formato – ensayo de laboratorio – alabeo


 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
RESPONSABLES: JOSE ANTONIO ALAGON HUARANCCA RONALD SAUL EDWAR NEIRA ATAMARI				
FECHA:				
LUGAR: LABORATORIO DE SUELOS - UAC				
ENSAYO: ALABEO				
ESPÉCIMEN	CARA A		CARA B	
	CONCAVO(mm)	CONVEXO(mm)	CONCAVO(mm)	CONVEXO(mm)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
PROMEDIO (mm)				
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)				
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)				
ALABEO PROMEDIO (mm)				



Tabla 24: Formato – ensayo de laboratorio – variabilidad dimensional

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO												
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA												
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL												
												
RESPONSABLES:		JOSE ANTONIO ALAGON HUARANCCA RONALD SAUL EDWAR NEIRA ATAMARI										
FECHA:												
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS - UAC										
ENSAYO:		VARIABILIDAD DIMENSIONAL										
MUESTRA	LARGO (cm)			PROM.	ANCHO(cm)			PROM.	H1	ALTURA(cm)		
	L1	L2	L3		A1	A2	A3			H2	H3	PROM.
1												
2												
3												
4												
5												
6												
LARGO PROMEDIO (cm)				ANCHO PROMEDIO (cm)				ALTURA PROMEDIO (cm)				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR				DESVIACIÓN ESTÁNDAR				DESVIACIÓN ESTÁNDAR				
PORCENTAJE DE VARIACIÓN (%)				PORCENTAJE DE VARIACIÓN (%)				PORCENTAJE DE VARIACIÓN (%)				

Tabla 25: Formato – ensayo de laboratorio – succión

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA									
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
									
RESPONSABLES:		JOSE ANTONIO ALAGON HUARANCCA RONALD SAUL EDWAR NEIRA ATAMARI							
FECHA:									
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS - UAC							
ENSAYO:		SUCCIÓN -ADOBE TRADICIONAL							
ESPÉCIMEN	PESO SECO (gr.)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)	TIEMPO	PESO DEL	SUCCIÓN (gr./min/200cm ²)		
					DE SUCCIÓN (min)	AGUA SUCCIONADA (gr.)			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
PROMEDIO									



Tabla 26: Formato – ensayo de laboratorio – absorción


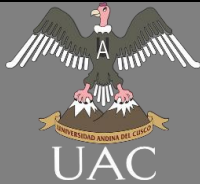
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
			
RESPONSABLES:	JOSE ANTONIO ALAGON HUARANCCA RONALD SAUL EDWAR NEIRA ATAMARI		
FECHA:			
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - UAC		
ENSAYO:	ABSORCIÓN		
ESPÉCIMEN	PESO SECO (gr.)	PESO SATURADO (gr.) 24hrs.	ABSORCIÓN(%)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
PROMEDIO			

Tabla 27: Formato – ensayo de laboratorio – erosión acelerada (SAET)



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
					
RESPONSABLES:	JOSE ANTONIO ALAGON HUARANCCA RONALD SAUL EDWAR NEIRA ATAMARI				
FECHA:					
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS - UAC				
ENSAYO:	EROSIÓN ACELERADA (SAET)				
ESPÉCIMEN	CAUDAL (ml/min.)	TIEMPO (min)	OQUEDAD (mm)	NIVEL DE RESISTENCIA	OBSERVACIONES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
PROMEDIO					



Tabla 28: Formato – ensayo de laboratorio – desgaste por goteo




 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 					
RESPONSABLES: JOSE ANTONIO ALAGON HUARANCCA RONALD SAUL EDWAR NEIRA ATAMARI					
FECHA:					
LUGAR: LABORATORIO DE SUELOS - UAC					
ENSAYO: DESGASTE POR GOTEO					
ESPÉCIMEN	CAUDAL (ml/min.)	TIEMPO (min)	OQUEDAD (mm)	NIVEL DE RESISTENCIA	OBSERVACIONES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
PROMEDIO					

Tabla 29: Formato – ensayo de laboratorio – resistencia a la compresión

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 					
RESPONSABLES: JOSE ANTONIO ALAGON HUARANCCA RONALD SAUL EDWAR NEIRA ATAMARI					
FECHA:					
LUGAR: LABORATORIO DE SUELOS - UAC					
ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
ESPÉCIMEN	CARGA MÁXIMA (kgf)	Ancho (cm)	Largo (cm)	ÁREA (Cm ²)	F'c (Kg/Cm ²)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
PROMEDIO					