

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“INCORPORACIÓN DEL PLASTICO PET EN LA
FABRICACION DE LADRILLOS ARTESANALES EN
JAEN”**

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

Autores: Bach. Aldo Yanini Díaz Romero

Bach. Luis Alberto Sánchez Gonzales

Asesor: Ing. Paco Arturo Cachay Díaz

JAÉN – PERÚ, NOVIEMBRE DE 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 12 de NOVIEMBRE del año 2019, siendo las 12:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. ZADITH NANCY GARRIDO CAMPAÑA

Secretario: MSc. CHRISTIAN ZAYED APAZA PANCA

Vocal: Mg. MARLOS ANTONIO GONZALES SANTIBEGAN, para evaluar la Sustentación de:

- () Trabajo de Investigación
- () Tesis
- () Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

« INCORPORACIÓN DEL PLASTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN »

presentado por Estudiante /Egresado o Bachiller ALDO YANINI DIAZ ROMERO

LUIS ALBERTO SANCHEZ GONZALES

de la Carrera Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- () Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (<u>14</u>) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 12:52 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

[Signature]
Presidente

[Signature]
Secretario

[Signature]
Vocal

ÍNDICE

RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUCCION	1
1.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	2
1.2. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.	2
1.2.1. <i>Hipótesis General</i>	2
1.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.	2
1.3.1. <i>A nivel internacional</i>	2
1.3.2. <i>A nivel Nacional</i>	4
1.3.3. <i>A nivel Local</i>	5
1.4. BASES TEORICAS	5
1.4.1. <i>Materia Prima</i>	5
1.4.2. <i>El plástico (PET)</i>	6
1.4.3. <i>Ladrillo</i>	8
2. OBJETIVOS.	13
2.1. OBJETIVO GENERAL	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. MATERIALES Y METODOS.	14
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	14
3.1.1. <i>Tipo de investigación</i>	14
3.1.2. <i>Línea de la investigación</i>	14
3.1.3. <i>Variables de estudio</i>	14
3.1.4. <i>Diseño experimental</i>	14
3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	15
3.2.1. <i>Técnicas</i>	15
3.2.2. <i>Instrumentos, materiales y métodos</i>	15
3.2.3. <i>Población y muestra</i>	18
3.3. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.3.1. <i>Reconocimiento de campo</i>	19
3.3.2. <i>Proceso de Adquisición y trituración y seleccionado del plástico PET</i>	20
3.3.3. <i>Procedimiento de Contenido de humedad NTP 339.128, 1999/MTC E-108</i> ..	21
3.3.4. <i>Procedimiento de análisis granulométrico NTP 339.128, 1999</i>	23
3.3.5. <i>Procedimiento de límites de Atterberg - Norma ASTM D4318 / NTP 339.129</i> 24	
3.3.6. <i>Proceso de fabricación del ladrillo artesanal muestra patrón.</i>	28
3.3.7. <i>Proceso de elaboración de unidades de albañilería con incorporaciones de</i> <i>3% 6% y 10% de plástico (PET)</i>	34
3.3.8. <i>Procedimiento de ejecución de ensayo de variación dimensional. (NTP</i> <i>399.613 y NTP 399.604, 2005).</i>	37
3.3.9. <i>Procedimiento de ejecución de ensayo de alabeo (NTP 399.613, 2005).</i>	41

3.3.10. Procedimiento de ejecución de ensayo de Resistencia a la compresión. (NTP 399.613 y NTP 399.604, 2005).	44
3.3.11. Procedimiento de ejecución de ensayo de absorción. (NTP 399.613, 2005).	48
3.4. ANALISIS ESTADISTICO	53
3.4.1. Análisis estadístico para ensayo de resistencia a la Compresión	55
3.4.2. Análisis estadístico para ensayo de absorción	61
4. RESULTADOS DE ENSAYOS	66
4.1. RESULTADOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS.	66
4.1.1. Ensayo de contenido de Humedad	66
4.1.2. Ensayo de límites de Atterberg o de Consistencia.	66
4.1.3. Clasificación de materia prima según S.U.C.S.	68
4.1.4. Ensayo de Análisis Granulométrico.	69
4.2. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.	70
4.2.1. Ensayo de variación dimensional.	70
4.2.2. Ensayo de Alabeo.	74
4.2.3. Ensayo de Absorción.	76
4.2.4. Ensayos de resistencia a la compresión de ladrillos artesanales.	79
5. DISCUSIÓN	83
5.1. ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL	83
5.2. ENSAYO DE ALABEO	84
5.3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	84
5.4. ENSAYO PARA DETERMINAR LA ABSORCIÓN	85
5.5. RESPECTO A LOS ANTECEDENTES	85
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
6.1. CONCLUSIONES	86
6.2. RECOMENDACIONES	87
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	88
AGRADECIMIENTO	90
DEDICATORIA	91

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales.</i>	10
<i>Tabla 2. Número total de muestras para cada ensayo</i>	18
<i>Tabla 3. Ubicación de ladrillera artesanal.</i>	19
<i>Tabla 4. Ubicación de ladrillera artesanal.</i>	19
<i>Tabla 5. Resistencia a la compresión ($f'c=kg/cm^2$) del ladrillo artesanal con incorporación de plástico (PET).</i>	53
<i>Tabla 6. Tabla formato para realizar los posibles cálculos de ANOVA O ANDEVA.</i>	54
<i>Tabla 7. Resistencias de unidades de albañilería con incorporación de plástico (PET) para los diferentes tratamientos.</i>	55
<i>Tabla 8. Tabla ANOVA O ANDEVA resumen obtenida de Microsoft Excel / Statgrapichs Centurión XVIII.</i>	55
<i>Tabla 9. Tabla ANOVA O ANDEVA de análisis de varianza obtenida de Microsoft Excel / Statgrapichs Centurión XVIII.</i>	56
<i>Tabla 10. ANOVA O ANDEVA de resumen obtenida de Microsoft Excel / Statgrapichs Centurión XVIII.</i>	59
<i>Tabla 11. ANOVA O ANDEVA análisis de varianza obtenida de Microsoft Excel / Statgrapichs Centurión XVIII.</i>	59
<i>Tabla 12. Tabla de medias para verificar si existen diferencias entre tratamientos.</i>	60
<i>Tabla 13. Tabla de diferencias de resistencias promedios para los diferentes tratamientos.</i>	61
<i>Tabla 14. Tabla de diferencias de promedios de los diferentes tratamientos</i>	61
<i>Tabla 15. Absorción de las unidades de albañilería con incorporación de plástico (PET).</i>	61
<i>Tabla 16. Tabla ANOVA O ANDEVA resumen obtenida de Microsoft Excel / Statgrapichs Centurión XVIII.</i>	62
<i>Tabla 17. Tabla ANOVA O ANDEVA análisis de varianza obtenida de Microsoft Excel / Statgrapichs Centurión XVIII.</i>	62
<i>Tabla 18. Tabla NOVA O ANDEVA resumen obtenida de Microsoft Excel / Statgrapichs Centurión XVIII.</i>	63
<i>Tabla 19. Tabla NOVA O ANDEVA para análisis de varianza obtenida de Microsoft Excel / Statgrapichs Centurión XVIII.</i>	64
<i>Tabla 20. Tabla de medias para estimar si existe diferencias significativas</i>	65
<i>Tabla 21. Tabla de diferencias de resistencias promedios para los diferentes promedios.</i>	65
<i>Tabla 22. Tabla de diferencias de promedios para los diferentes tratamientos.</i>	65
<i>Tabla 23. Determinación del contenido de humedad.</i>	66
<i>Tabla 24. Determinación de limite líquido.</i>	66
<i>Tabla 25. Determinación de limite plástico.</i>	67
<i>Tabla 26. Constantes físicas de la muestra.</i>	67
<i>Tabla 27. Determinación Análisis Granulométrico de suelo.</i>	69
<i>Tabla 28. Cálculo de la variación dimensional - Patrón.</i>	70
<i>Tabla 29. Cálculo de la variación dimensional – con 3% de PET.</i>	71
<i>Tabla 30. Cálculo de la variación dimensional – con 6% de PET.</i>	72

<i>Tabla 31. Cálculo de la variación dimensional – con 10% de PET.</i>	73
<i>Tabla 32. Resultado de las medidas de alabeo en las unidades de albañilería para 0% de PET.</i>	74
<i>Tabla 33. Resultado de las medidas de alabeo en las unidades de albañilería para 3% de PET.</i>	74
<i>Tabla 34. Resultado de las medidas de alabeo en las unidades de albañilería para 6% de PET.</i>	75
<i>Tabla 35. Resultado de las medidas de alabeo en las unidades de albañilería para 10% de PET.</i>	75
<i>Tabla 36. Resumen del resultado de las medidas de alabeo promedio para cada tipo de ladrillo.</i>	76
<i>Tabla 37. Ensayo de absorción de ladrillos artesanales con 0% de PET.</i>	76
<i>Tabla 38. Ensayo de absorción de ladrillos artesanales con 3% de PET.</i>	77
<i>Tabla 39. Ensayo de absorción de ladrillos artesanales con 6% de PET.</i>	77
<i>Tabla 40. Ensayo de absorción de ladrillos artesanales con 10% de PET.</i>	78
<i>Tabla 41. Resumen de resultado de la absorción promedio en ladrillos de arcilla.</i>	78
<i>Tabla 42 Resultado de la resistencia a compresión - Patrón.</i>	79
<i>Tabla 43 Resultado de la resistencia a compresión con 3% de PET.</i>	80
<i>Tabla 44 Resultado de la resistencia a compresión con 6% de PET.</i>	80
<i>Tabla 45 Resultado de la resistencia a compresión con 10% de PET.</i>	81
<i>Tabla 46. Resultado de disminución de la resistencia a compresión en porcentaje (%) de las muestras en estudio.</i>	82
<i>Tabla 47. Clasificación de los ladrillos por su variación dimensional.</i>	83
<i>Tabla 48. Clasificación de los ladrillos por su alabeo.</i>	84
<i>Tabla 49. Clasificación de los ladrillos por resistencia a la compresión.</i>	84
<i>Tabla 50. Ficha Técnica de ladrillera artesanal “Sergio”.</i>	93
<i>Tabla 51. Ficha Técnica de PET virgen.</i>	94
<i>Tabla 52. Dosificación por unidad de albañilería para cada tratamiento.</i>	121
<i>Tabla 53. Dosificación para 30 unidades de albañilería para cada tratamiento.</i>	121

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación de la ladrillera artesanal – Fila Alta.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2. Ubicación de la planta chancadora, donde se adquirió el plástico triturado. ..</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3. Molido de botellas de PET reciclado en el sector Fila Alta.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 4. Plástico Seleccionado para la elaboración de ladrillo.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 5. Selección de la muestra para ensayo de contenido de humedad.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 6. Peso de muestra para realizar el ensayo de contenido de humedad.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 7. Cuarteo y selección de la muestra para el</i>	<i>23</i>
<i>Figura 8. Lavado de la muestra representativa hasta obtener</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9. Muestra seleccionada de la malla N° 40.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 10. Saturación de muestra con agua en un</i>	<i>25</i>
<i>Figura 11. Realización de límites de Atterberg en Copa Casagrande.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 12. Pesaje de las muestras para determinar el límite líquido.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 13. Procedimiento de rolado para el ensayo de limite plástico.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 14. Muestras obtenidas después del rolado.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 15. Pesado de las muestras para determinar L.P.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 16. Zarandeado del suelo con la malla ¼”.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 17. Tierra zarandeada para su respectiva elaboración</i>	<i>29</i>
<i>Figura 18. Tierra zarandeada para su respectiva elaboración de</i>	<i>29</i>
<i>Figura 19. Gavera (7.50Cmx13.00Cmx23.00Cm) con</i>	<i>30</i>
<i>Figura 20. Secado de las unidades de albañilería.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 21. Culminación de la elaboración de ladrillos.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 22. Traslado del combustible de pajilla</i>	<i>31</i>
<i>Figura 23. Pajilla de arroz empleado como combustible.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 24. Proceso de cocción de ladrillo artesanal.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 25. Cocción efectuada en el horno durante 7 días,</i>	<i>32</i>
<i>Figura 26. Flujograma del proceso de fabricación de ladrillo artesanal muestra patrón.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 27. Almacenado de plástico PET para los</i>	<i>34</i>
<i>Figura 28. Pesaje de arcilla para porcentaje</i>	<i>35</i>
<i>Figura 29. Ladrillos de arcilla para</i>	<i>35</i>
<i>Figura 30. Flujograma del proceso de fabricación de ladrillo artesanal de arcilla y la incorporación de plástico PET.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 31. Estructura del ladrillo.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 32. Realizando ensayo de variación dimensional a los ladrillos artesanales con 0% de incorporación de plástico PET.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 33. Realizando ensayo de variación dimensional a los ladrillos artesanales con 3% de incorporación de plástico PET.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 34. Realizando ensayo de variación dimensional a los ladrillos artesanales con 6% de incorporación de plástico PET.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 35. Realizando ensayo de variación dimensional a los ladrillos artesanales con 10% de incorporación de plástico PET.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 36. Medida de la concavidad y convexidad del ladrillo.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 37. Realizando ensayo de Alabeo a los ladrillos artesanales</i>	<i>42</i>

<i>Figura 38. Realizando ensayo de Alabeo a los ladrillos artesanales</i>	<i>42</i>
<i>Figura 39. Realizando ensayo de Alabeo a los ladrillos artesanales</i>	<i>43</i>
<i>Figura 40. Realizando ensayo de Alabeo a los ladrillos artesanales</i>	<i>43</i>
<i>Figura 41. Realización de los ensayos de compresión en presencia del asesor.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 42. Ensayo de resistencia a compresión de la primera muestra.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 43. Ensayo de resistencia a compresión de la segunda muestra más</i>	<i>46</i>
<i>Figura 44. Ensayos de resistencia a compresión de los ladrillos</i>	<i>46</i>
<i>Figura 45. Ensayo de resistencia a compresión de los ladrillos.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 46. Ensayo de resistencia a compresión de los ladrillos.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 47. Colocando de los ladrillos artesanales sin incorporación de.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 48. Colocando de los ladrillos artesanales con incorporación</i>	<i>49</i>
<i>Figura 49. Colocando de los ladrillos artesanales con incorporación</i>	<i>50</i>
<i>Figura 50. Colocando de los ladrillos artesanales con incorporación</i>	<i>50</i>
<i>Figura 51. Peso seco de los ladrillos artesanales sin y con incorporación del 3%, 6% y 10% de plástico PET para ensayos absorción.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 52. Posteriormente se sumerge las unidades de albañilería en</i>	<i>51</i>
<i>Figura 53. En esta fotografía podemos</i>	<i>52</i>
<i>Figura 54. Peso saturado de los ladrillos artesanales sin y con incorporación.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 55. Grafica de Limite Liquido.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 56. Clasificación del suelo en la Carta de plasticidad de Casagrande según ASTM D-2487-93.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 57. Curva de distribución granulométrica para elaboración</i>	<i>69</i>
<i>Figura 58. Gráfico de barras de resistencias para los diferentes tratamientos de PET. ..</i>	<i>81</i>
<i>Figura 59. Resistencias a la compresión para los diferentes tratamientos de PET.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 60. Disminución de la resistencia a compresión en %.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 61. Muestra de suelo para realizar ensayo</i>	<i>123</i>
<i>Figura 62. Pesaje de muestra de suelo para realizar</i>	<i>123</i>
<i>Figura 63. Cuarteo y selección de la muestra para el</i>	<i>124</i>
<i>Figura 64. Determinación de los pesos.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 65. Lavado de la muestra representativa hasta obtener</i>	<i>125</i>
<i>Figura 66. Muestra seleccionada de la malla N° 40.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 67. Saturación de muestra con agua en</i>	<i>126</i>
<i>Figura 68. Realización del límite líquido en</i>	<i>126</i>
<i>Figura 69. Pesaje de las muestras para</i>	<i>126</i>
<i>Figura 70. Proceso para determinar el límite plástico.</i>	<i>127</i>
<i>Figura 71. Muestras obtenidas después del rolado.</i>	<i>127</i>
<i>Figura 72. Pesado de las muestras para.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 73. Compra de botellas de PET reciclado en.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 74. Molido de botellas de PET reciclado</i>	<i>128</i>
<i>Figura 75. Almacenado de plástico PET seleccionado.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 76. Proceso de tamizaje de suelo a emplearse en la elaboración de ladrillos utilizando zaranda de 3/8”</i>	<i>129</i>
<i>Figura 77. Incorporación y mezcla con Plástico PET en proporciones 0,3,6 y 10%.</i>	<i>129</i>
<i>Figura 78. Gavera para la elaboración de</i>	<i>130</i>
<i>Figura 79. Muestras de ladrillos con.....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 80. Culminación de la elaboración de</i>	<i>130</i>

<i>Figura 81. Proceso de cocción de ladrillo artesanal con o sin incorporación.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 82. Traslado del combustible</i>	<i>131</i>
<i>Figura 83. Para el proceso de cocción de ladrillo artesanal con y sin incorporación</i>	<i>131</i>
<i>Figura 84. Luego de una semana de cocción efectuada</i>	<i>131</i>
<i>Figura 85. Realización de ensayos de compresión en presencia</i>	<i>132</i>
<i>Figura 86. Ensayo de resistencia a compresión de los ladrillos artesanales sin incorporación de plástico PET, como se muestra en la fotografía obteniéndose.....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 87. Ensayo de resistencia a compresión de los ladrillos artesanales con</i>	<i>133</i>
<i>Figura 88. Ensayo de resistencia a compresión de los ladrillos.....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 89. Colocado de los ladrillos artesanales sin incorporación de plástico PET al horno para ensayo de absorción.....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 90. Secado al horno, ensayo de absorción incorporado con</i>	<i>134</i>
<i>Figura 91. Secado al horno, ensayo de absorción incorporado con el 6% de plástico PET.</i>	<i>134</i>
<i>Figura 92. Ensayo de absorción incorporado con el 10% de plástico PET.....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 93. Peso seco de los ladrillos artesanales sin y con incorporación del 3%,6% y 10% de plástico PET para ensayos de absorción.....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 94. Saturación de las unidades de albañilería en agua</i>	<i>135</i>
<i>Figura 95. Peso saturado de los ladrillos artesanales sin y con incorporación.....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 96. Medición de unidades de albañilería para ensayo de variación dimensional.</i>	<i>136</i>
<i>Figura 97. Realización de ensayo de alabeo para ladrillos.....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 98. Ensayo de alabeo para ladrillos artesanales con 6%.....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 99. Ensayo de alabeo para ladrillos artesanales</i>	<i>137</i>

INDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1. Fórmula para calcular la altura de la unidad de albañilería.....</i>	<i>37</i>
<i>Ecuación 2. Formula de variación dimensional.</i>	<i>38</i>
<i>Ecuación 3. Formula de variación dimensional expresado probabilísticamente.....</i>	<i>38</i>
<i>Ecuación 4. Formula de variación estándar para las unidades de muestreo.....</i>	<i>38</i>
<i>Ecuación 5. Fórmula para el cálculo de la resistencia a la compresión.....</i>	<i>44</i>
<i>Ecuación 6. Fórmula para ensayo de absorción.....</i>	<i>48</i>
<i>Ecuación 7: Ecuación para cálculo de ensayo de absorción.....</i>	<i>76</i>
<i>Ecuación 8. Fórmula para calcular la resistencia a la compresión de ladrillos artesanales</i>	<i>79</i>

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue evaluar los factores físicos mecánico del ladrillo artesanal con adición de plástico tipo PET en determinados porcentajes, esto para verificar las propiedades como la resistencia a la compresión, absorción, alabeo y variación dimensional como lo establece la norma E.070. Se realizaron los estudios y pruebas según establece la norma para la elaboración y aceptación de las unidades de albañilería establecidas en la norma E. 070 de albañilería. El suelo utilizado para la elaboración de las unidades de albañilería fue extraído de la cantera del Sector Fila Alta – 3era etapa, a la muestra extraída se realizaron los ensayos de análisis granulométrico y límites de consistencia, evaluando que dicha muestra cumple con los requisitos que exige la N.T.P E.070. El plástico PET que se utilizó se adquirió de una chancadora de plásticos también ubicado en el Sector Fila Alta – 3era etapa. Posteriormente se elaboraron 30 ladrillos artesanales para cada tratamiento con porcentajes de plástico PET al 0%, 3%, 6% y 10%, las unidades fueron sometidos a los ensayos establecidos según la norma. Los resultados obtenidos para el ensayo a la compresión con adición de PET al 0%, 3%, 6% y 10% dieron valores de 43.67kg/cm², 18.00kg/cm², 11.04kg/cm² y 9.68kg/cm², donde solo el tratamiento con 0% de PET pudo cumplir los parámetros mínimos para ser utilizado con fines estructurales. Para el ensayo a la absorción se realizó teniendo en cuenta la norma ASTM-C67, donde se obtuvo una absorción de 12.45%, 13.12%, 16.96% y 18.57 %, correspondientes al 0%, 3%, 6% y 10% de plástico PET incorporado, dichos resultados son aceptables por la norma.

Palabras claves: Unidad de albañilería, plástico PET, resistencia a la compresión y absorción.

ABSTRACT

The purpose of this investigation was evaluating the physical factors mechanical of the craft brick with addition of plastic guy PET in determined percentages, this to verify the peculiar qualities like compression strength, absorption, warping and dimensional variation as establishes it the standard E.070. The soil used for the elaboration of the masonry units was extracted from the quarry of the Fila Alta Sector - 3rd stage, to the extracted sample the tests of granulometric analysis and consistency limits were carried out, evaluating that said sample complies with the requirements that it requires the NTP E.070. The PET plastic that was used was purchased from a plastic crusher also located in the Fila Alta Sector - 3rd stage. Subsequently, 30 handmade bricks were prepared for each treatment with percentages of 0%, 3%, 6% and 10% PET plastic, the units were subjected to the tests established according to the standard. The results obtained for the compression test with the addition of 0%, 3%, 6% and 10% PET gave values of 43.67kg / cm², 18.00 kg / cm², 11.04kg / cm² and 9.68kg / cm², where only The 0% PET treatment could meet the minimum parameters to be used for structural purposes. For the absorption test it was carried out taking into account the ASTM-C67 standard, where an absorption of 12.45%, 13.12%, 16.96% and 18.57%, corresponding to 0%, 3%, 6% and 10% of plastic was obtained Built-in PET, such results are acceptable by the standard.

Keywords: Masonry unit, PET plastic, compression resistance, absorption.

1. INTRODUCCION

Un ladrillo es una pieza cerámica, generalmente ortoédrica, obtenida por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa, resisten la humedad y el calor. Se emplea en albañilería para la ejecución de paredes, ya sean muros, tabiques, tabicones, etc. (Deleg Quichimbo, 2010)

La arcilla es un material sedimentario de partículas muy pequeñas de silicatos hidratados de alúmina, agua, así como de otros materiales como el caolín, la montmorillonita y la illita. Cuando esta hidratada adquiere plasticidad distinta para ser moldeada distinta de cuando está seca.

Las botellas hechas de Polietileno Tereftalato(PET). Es un plástico que cuenta con gran potencial de reciclado. Sin embargo, forma parte de los miles de toneladas que son dispuestas a los rellenos sanitarios, generando entre otras problemáticas, la necesidad de generar mayores espacios para la gestión de desechos, además del consumo de materias primas.

En este sentido, materiales con las cualidades como las del PET pueden ser reaprovechadas por medio del reciclaje, este tiene varias opciones; entre estas destaca el reciclaje mecánico. Este método presenta varias ventajas, una de las más importantes es que tiene un impacto menor en el ambiente. Por lo tanto, es necesaria la búsqueda de la continuación del proceso de recuperación, hasta llegar al producto terminado (Mariana Juárez N., 2011)

La construcción de edificaciones en la ciudad de Jaén es muy común la utilización del ladrillo artesanal, esto debido a que en los últimos años se ha incrementado la construcción de viviendas en todo el casco urbano demandando de esta manera mayor producción de unidades de albañilería artesanales por parte de los ladrilleros.

Ante esta situación se optó por reutilizar el plástico tipo (PET), como un material alternativo en la construcción, precisamente en la elaboración de ladrillo artesanal, dando consigo al planteamiento de la siguiente incógnita.

¿Es posible mejorar las propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de la ciudad de Jaén utilizando plástico PET?

1.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Los proyectos en tecnología de la construcción y la respectiva normativa actual están enfocados en establecer nuevos criterios de aprovechamiento de material reciclado para emplearlos en el ámbito de la construcción, debido a esto se propuso emplear el plástico PET para estimar de manera confiable el comportamiento físico - mecánico de las muestras obtenidas.

Son escasas las investigaciones del ladrillo artesanal incorporado con plástico PET, las que se mencionan con frecuencia son investigaciones de extranjeros aplicados al plástico PET con el concreto, por eso la información obtenida será de utilidad para estudios futuros al ladrillo artesanal en la ciudad de Jaén.

1.2. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

1.2.1. Hipótesis General

La incorporación del plástico PET mejora las propiedades físicas mecánicas del ladrillo artesanal.

1.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.

El tereftalato de polietileno (PET) es un material polímero más utilizado en la actualidad, que va en aumento ocasionando efectos negativos para el ambiente.

La durabilidad de los plásticos y su consiguiente resistencia a la degradación en el medio ambiente causan que los residuos plásticos permanezcan en nuestro entorno durante décadas o siglos (C. Ioakeimidis, 2016)

1.3.1. A nivel internacional

La geometría irregular de las partículas plásticas influye directamente en el comportamiento de la mezcla; por tanto, entre más fina sea la partícula habrá mayor adherencia, afectando la cantidad de agregado fino en la mezcla de mortero generada para crear los elementos de cemento – PET.

Esta tecnología con plástico reciclado es una alternativa posible para utilizarla en elementos arquitectónicos interiores de viviendas, considerando que son elementos que no soportan cargas importantes, sin embargo, son más ecológicos, más livianos; y ofrecen una mayor aislación térmica que otros tradicionales; mejorando la acústica. Con una resistencia suficiente para su aplicación en la construcción de elementos no estructural (Zavala Arteaga, 2015).

En esta investigación se estudió una alternativa que ayude a bajar los costos de construcción y adquisición de viviendas, esta alternativa es reciclar residuos plásticos para la fabricación de componentes constructivos. Los materiales utilizados fueron: tereftalato de polietileno y films de plásticos varios: polietileno, polipropileno biorientado y policloruro de vinilo. Estos residuos se trituraron e incorporaron a una mezcla de cemento Portland, agua y un aditivo químico. Con esta mezcla se fabricaron ladrillos, bloques de pared y placas de ladrillos; para ser usados en cerramientos no estructurales de viviendas (Gaggino R. , 2008).

Con base en los estudios y experimentaciones realizadas, se puede determinar que el PET en conjunto con las virutas metálicas en su totalidad presenta características constructivas con la que se observan las propiedades mecánicas a compresión del mismo. Se requiere realizar más ensayos para validar los resultados preliminares obtenidos como parte de este estudio (José Luis Maure, 2018).

Las composiciones con 0 % de vidrio presentaron la resistencia más alta, mientras que las composiciones con 5 % y 10 % presentaron los valores más bajos. Cuando se aumentó la cantidad de vidrio a 15 %, aumentó la resistencia del material. (González Lozano M.A, 2012).

Lo anterior concuerda con los resultados de la microestructura que presentaron las muestras, en la cual los ladrillos LT/5 % y LT/10 % presentaron mayor porosidad (poros grandes) en comparación con los ladrillos LT/15 % que presentó una microestructura menos porosa (González Lozano M.A, 2012).

Se hicieron tres repeticiones por muestra y se calculó el promedio, también se calculó la desviación estándar. Tomando en cuenta que la absorción de agua está directamente relacionada con la porosidad abierta que presenta el material; podemos explicar por qué la mezcla de ladrillo tradicional presenta un % de absorción de agua mucho menor con respecto a todas las demás (poros más pequeños). También se observa un aumento en el % de absorción en ladrillos con 10 % de vidrio con respecto al que tiene 5 % de vidrio, para posteriormente volver a disminuir en ladrillos con 15 % de vidrio. Estos resultados presentaron la misma tendencia que los de resistencia a la compresión, explicada por la microestructura porosa de las piezas (González Lozano M.A, 2012).

1.3.2. A nivel Nacional

Como Materia Prima en la Elaboración de Concreto Ecológico para la Construcción de Viviendas de Bajo Costo. Se planteó reutilizar los residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo. Se utilizó como materia prima, el cemento Portland Extra Forte, gravilla de 1/2", arena gruesa y los residuos antes mencionados, éstos sustituyeron a la arena gruesa en los porcentajes en peso de 5%, 10% y 20%.

Se pudo determinar que el concreto que contenía 5% de plástico PET presentó la mejor resistencia a compresión y que conforme se aumenta el contenido de los residuos en el concreto su resistencia a la compresión disminuye. También se determinó que hay un ahorro en el costo unitario del concreto incorporando plástico PET (Reyna Pari, 2016).

Se determinó que la adición de fibras de PET reciclado hasta un porcentaje de 0.6% influye positivamente en el incremento progresivo de los valores de resistencia, cohesión y ángulo de fricción interna de suelos arcillosos; lo cual, como aplicación teórica, puede aumentar en hasta 24.64% la estabilidad de terraplenes viales.

Se logró conformar probetas cilíndricas de 7 cm de diámetro y 14 cm de altura bajo los parámetros de compactación del suelo y a partir de mezclas de suelo arcilloso con fibras de PET reciclado variando el porcentaje de adición al 0.3%, 0.6%, 0.9%, 1.2% y 1.5% del peso seco del suelo. La máxima densidad seca del suelo varía mínimamente conforme aumenta la dosificación de la fibra, sin embargo, debe aclararse que entre mayor es la dosificación de la fibra, el proceso de mezclado y la obtención de una mezcla homogénea se vuelve más difícil (Gil Carbonell, 2018).

En la resistencia a la compresión: muestra patrón de 21.55 kg/cm², con la incorporación de 5% de Ichu en volumen; se obtuvo 33.13 kg/cm², con 10% de Ichu en 33.60 kg/cm², con 15% de Ichu 51.73 kg/cm² y con 20% de Ichu 35.89 kg/cm². Llegando a la siguiente conclusión que al adicionar Ichu en la elaboración de los ladrillos de arcilla incrementa la resistencia de las unidades estudiadas (Limay Campos E.O, 2019).

La metodología de la investigación consistió en preparar la mezcla para el ladrillo de arcilla, adicionándole distintos porcentajes de vidrio (5%,10%,15%, 25% y 50%), para posteriormente evaluarlas pasado los 28 días. Los resultados obtenidos al adicionar el 5% de vidrio triturado se obtiene una resistencia de 88.03 Kg/cm², al adicionar el 10% de vidrio triturado se obtiene una resistencia de 97.64 Kg/cm², al adicionar el 15% de vidrio triturado se obtiene una resistencia de 90.97 Kg/cm², al adicionar el 25 de vidrio triturado se obtiene

una resistencia de 89.81 Kg/cm² , al adicionar el 50% de vidrio triturado se obtiene una resistencia de 66.21 Kg/cm² (Ruíz Fernández D.M, 2015).

1.3.3. A nivel Local

Dicha investigación muestra resultados que el ladrillo de concreto vibrado con hojuelas de PET reciclado cumplen con los requerimientos de la norma E.070:2006, pero, para fines estructurales, se encasillan en diferentes clases de unidades de albañilería: el tipo de ladrillo de concreto con 0% de PET reciclado (LC PET 0%) es catalogado como Clase IV, a diferencia de los tipos de ladrillo de concreto con 3%, 6% y 9% de PET reciclado (LC PET3%, LC PET 6%, LC PET 9%) que se catalogan como Clase III; por lo que la adición de hojuelas de PET reciclado producen que los ladrillos de concreto vibrado de alta resistencia y durabilidad pasen a ser ladrillos de mediana resistencia y durabilidad (Echeverría garro, 2017).

1.4. BASES TEORICAS

1.4.1. Materia Prima

Arcilla

Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005mm que al ser mezcladas con agua tienen la propiedad de volverse plásticas, dúctiles y maleables. Las formas que se le confieren cuando esta húmeda se conserva tras la desaparición del agua. Se endurece permanentemente cuando se cuece o calcina (Zea Osorio, 2005).

Propiedades de la arcilla

Las importantes aplicaciones industriales de este grupo de minerales radican en sus propiedades físico-químicas. Dichas propiedades derivan, principalmente, de:

Su extremadamente pequeño tamaño de partícula (inferior a 2 mm)

Su morfología laminar (filosilicatos)

Las sustituciones isomórficas, que dan lugar a la aparición de carga en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar (García Romero & Suárez Barrios).

Para ello mencionaremos algunas de sus propiedades de la arcilla utilizada para la conformación de la mezcla para ladrillos.

Plasticidad: esta propiedad le permite a la arcilla en combinación con el agua necesaria, adquirir cierta flexibilidad, y se puede con la masa amoldar diferentes formas de objetos o ladrillos.

Contracción: tiene efecto durante el secado. La pérdida de agua se inicia en los poros superficiales, continuando éstos en los poros interiores, hasta conseguir un equilibrio, entonces por arrastre se contraen los poros disminuyendo el volumen.

Aglutinación: es la propiedad por la cual las arcillas se consolidan en una masa.

Porosidad y absorción de agua: dependiendo de los componentes estos pueden ser impermeables.

Vitrificación: es la propiedad de las arcillas de hacerse duras. A temperaturas muy elevadas la pasta se vitrifica, se vuelve más sonora y que queda dura (Zea Osorio, 2005).

1.4.2. El plástico (PET)

El (tereftalato de polietileno) (PET) es el poliéster termoplástico más utilizado. A menudo se llama simplemente "poliéster", que a menudo causa confusión, porque las resinas de poliéster son materiales termoestables. El PET es un polímero transparente, con buenas propiedades mecánicas y buena estabilidad dimensional bajo carga variable. Además, el PET tiene buenas propiedades de barrera contra los gases y buena resistencia química. Las propiedades del PET mencionadas anteriormente causaron su amplia aplicación en forma de botellas, películas estabilizadas térmicamente (por ejemplo, condensadores, gráficos, base de película y cintas de grabación, etc.) y componentes eléctricos. El PET también se utiliza para la producción de fibras para una amplia gama de aplicaciones en la industria textil. El PET pertenece a un termoplástico con excelentes propiedades físicas. Constituye aproximadamente el 18% del total de polímeros producidos en todo el mundo y más del 60% de su producción se utiliza para fibras sintéticas y botellas, que consumen aproximadamente el 30% de la demanda mundial de PET. (M. Sulyman, 2016).

Estudios de caso basados en investigaciones y trabajos experimentales. y los informes científicos demostraron que los residuos plásticos y especialmente Se puede aplicar PET reciclado para modificaciones de carretera. Avement asfalto y también la construcción de hormigones.

Los estudios de caso demostraron que las mejoras del pavimento vial. asfalto y también la construcción de hormigones en términos de rendimiento en el primero y el refuerzo en el segundo son los dos.

Logrado mediante la adición de pequeñas cantidades de una serie de diferentes ligantes poliméricos (M. Sulyman, 2016).

1.4.2.1. Reciclaje de plástico

En el mundo se utilizan distintos procedimientos para reciclar los plásticos:

- Mecánico.
- Químico.
- Energético.

El reciclado mecánico se lleva por varias etapas donde se realizan los siguientes procedimientos: Separación manual, el triturado de partículas por aire, lavado, inmersión en agua y separación electrostática.

El reciclado químico deshace o depolimeriza el plástico, separándose las moléculas que lo componen, las cuales se emplea para fabricar otra vez plásticos. Dependiendo de su pureza, este material puede usarse incluso, para el envasado de alimentos.

El reciclado energético consiste en incinerar el plástico para generar energía, lo cual tiene como inconveniente la contaminación atmosférica que produce.

El más costoso de estos tres procedimientos es el químico, pero es el que permite obtener productos con un mayor valor agregado. Este procedimiento es de uso corriente en países desarrollados como los de la comunidad Económica Europea o los EE.UU. (Gaggino R. , 2008)

En el 2015, los residuos de envases plásticos representaron el 47% de los residuos plásticos generados en todo el mundo, de los cuales la mitad parece haber provenido de Asia. Mientras que China sigue siendo el mayor generador mundial de residuos de envases plásticos, Estados Unidos es el mayor generador de residuos de envases plásticos per cápita, seguidos por Japón y la Unión Europea. (Ambiente, 2018).

Un kilogramo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos de gas natural y 13% de aire.³ El paraxileno, extraído del petróleo crudo, permite la obtención del ácido tereftálico al oxidarse con el aire. Por su parte, el etileno, derivado del gas natural, se oxida con aire para la obtención del etilenglicol. El PET resulta de la combinación del ácido tereftálico y el etilenglicol (Laura Mansilla Pérez, 2009).

El depósito de los plásticos en los vertederos está siendo eliminado pues en lugar de ser una solución es un grave problema por su reducida degradabilidad, tanto desde el punto de vista de deterioro del paisaje (téngase en cuenta su reducida densidad, vivos colores, etc.), como porque su descomposición en vertederos origina una fuerte producción de metano, más nocivo que el dióxido de carbono (José M Arandes, 2004).

1.4.2.2. Propiedades del plástico (PET)

En general los plásticos se caracterizan por alta resistencia respecto de su densidad, aislamiento térmico, aislamiento eléctrico, resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, entre otros. Específicamente el Tereftalato de Polietileno (PET) presenta las siguientes

Características relevantes:

- Buen comportamiento ante esfuerzos permanentes
- Alta resistencia al desgaste
- Buen coeficiente de deslizamiento
- Buena resistencia química
- Buenas propiedades térmicas

Con estos datos se puede asumir que el PET posee propiedades adecuadas para utilizarlo como material alternativo en la mezcla del concreto (Javier, 2016).

1.4.3. Ladrillo

Según (Bianucci, 2009) define que el ladrillo es una “piedra artificial” de forma geométrica, que resulta de la propiedad plástica de la materia prima empleada, la arcilla, que, al modelarse con agua, una vez seca y tras su posterior cocción adquiere una gran dureza y resistencia.

Hernández (2008) “Un ladrillo es una pieza cerámica, generalmente, obtenida por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa, es la unidad básica que se usa para la construcción del muro en albañilería confinada. El más común en nuestro medio urbano es el ladrillo fabricado en base a arcilla cocida.

Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo. (E.070, 2006).

En el Perú, el sistema estructural de albañilería de ladrillos de arcilla, es muy conocido en nuestro medio por la cantidad de edificaciones existentes y sigue siendo el principal material estructural para la satisfacer la creciente demanda en la construcción.

1.4.3.1. Proceso de fabricación

Selección y preparación de la mezcla

Etapa muy importante de la fabricación. De la fineza de la pasta depende en gran parte que el producto sea bien logrado (aspecto, resistencia, etc.). Los depósitos de arcilla se encuentran al pie de colinas o en tierras agrícolas cercanas a ríos. Los criterios para seleccionar una localización adecuada son la calidad de la arcilla, disponibilidad a nivel superficial y la cercanía de una vía transitable (Barranzuela, 2014).

La excavación manual en plantas de pequeña y mediana escala generalmente se realiza a una profundidad menor de dos metros. Para plantas de fabricación de ladrillos a gran escala se necesitan medios mecánicos como dragaminas y excavadoras de cucharas de diferentes tipos. Estos métodos requieren proporcionalmente menos área de excavación, pero hacen cortes profundos en el paisaje (Barranzuela, 2014).

El porcentaje de agua utilizada para la mezcla es aproximadamente del 25% del total (Jiménez y Salazar, 2005).

Moldeado

En esta etapa, se le da a la arcilla la forma que las unidades de albañilería deberán tener después de la cocción. El proceso de moldeado se puede realizar a mano o empleando máquinas (Barranzuela, 2014).

Secado

El proceso de secado consiste en el desprendimiento del agua unida físicamente a la pasta.

Dentro del proceso de secado hay un proceso conocido como pre-secado, el cual consiste en dejar durante un tiempo el ladrillo recién moldeado en el mismo lugar donde fue hecho para que pierda humedad y sea posible su manipulación (Barranzuela, 2014).

El secado de los ladrillos es una de las partes más delicadas de la fabricación, pues un secado muy rápido puede rajarlos y un secado incompleto puede impedir el buen cocimiento (Robusté, 1969).

Cocción

El proceso de cocción consiste en someter los ladrillos previamente secados a condiciones de alta temperatura por tiempos prolongados en hornos, con el fin de que adquieran sus propiedades mecánicas y físicas, ya que la arcilla sin cocer tiene propiedades muy bajas. Con este proceso no sólo consiguen las propiedades físicas y mecánicas sino también la apariencia final (Barranzuela, 2014).

1.4.3.2. Clasificación para fines estructurales

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

Tabla 1. Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARÁCTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (50)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

Fuente: Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.

Las cinco clases de ladrillos de la tabla anterior son descritas por San Bartolomé (1994), de la siguiente manera:

Tipo I. Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad muy baja; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencias mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.

Tipo II. En esta categoría clasifican los ladrillos de baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse bajo condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con la lluvia, suelo o agua).

Tipo III. Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad, aptos para emplearse en construcciones expuestas bajo condiciones de intemperismo.

Tipo IV. Estos ladrillos son de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser utilizados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.

Tipo V. Tienen una resistencia y durabilidad elevada; son aptos para emplearse en condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo similares al Tipo IV.

1.4.3.3. Pruebas

De acuerdo a lo especificado en la norma de albañilería E.070: 2006, los ladrillos serán sometidos a las siguientes pruebas:

- **Muestreo.** Será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.
- **Resistencia a la Compresión.** Se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en la Norma NTP 399.604:2002. La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra y debe ser mayor al límite inferior especificado por dicha Norma.
- **Variación Dimensional.** Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.604: 2002.

- **Alabeo.** Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.604: 2002. El mayor alabeo del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta, disminución de la adherencia con el mortero y puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad.
- **Absorción.** Los ensayos de absorción se hacen de acuerdo a lo indicado en la Norma NTP 399.604: 2002. Se aconseja que la absorción no sobrepase de 22% y una succión comprendida entre 10 y 20 gr/200 cm²-min, antes de asentarlas.

2. OBJETIVOS.

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar los factores físicos mecánico del ladrillo artesanal con adición de plástico tipo PET en determinados porcentajes, según norma E. 070 de albañilería.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Seleccionar el plástico PET y la forma de utilización.
- b) Realizar ensayos al ladrillo sin aditivo y con aditivo de PET (3, 6 y 10) por ciento.
- c) Determinar los factores (resistencia a la compresión, variación dimensional, alabeo y absorción) al ladrillo artesanal con y sin adición de plástico PET.
- d) Evaluación de resultados.

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es de tipo descriptiva experimental.

3.1.2. Línea de la investigación

Tecnología de los materiales

3.1.3. Variables de estudio

Definición de variables

Variables dependientes

x_1 : Características físicas - mecánicas de los materiales que componen las muestras de ladrillo.

Variables Independientes

y_1 : Porcentajes de incorporación de Plástico PET de 0%, 3%, 6% y 10%, en la elaboración de ladrillo artesanal.

3.1.4. Diseño experimental

Se desarrolló la presente investigación de acuerdo con la naturaleza del experimento (en condiciones de laboratorio), el diseño experimental que corresponde es un DCA (Diseño Completamente al Azar), con los ensayos especificados en la Norma E.070. Las muestras se extraerán de la cantera de la Fila Alta, a las cuales se ensayarán con incorporaciones de 3%, 6% y 10% de plástico PET, siendo 0% la muestra testigo.

Se aplicará este diseño para las variables dependientes (Resistencia a la compresión y absorción).

3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.2.1. Técnicas

Las técnicas más empleadas que se utilizarán en la presente investigación son la observación, análisis, recopilación documental y los ensayos de laboratorio para las muestras.

Se usará la técnica de la observación porque se participa en el proceso de investigación de manera directa en el mismo lugar donde acontecen los hechos.

Se usará la técnica computacional porque se realizarán verificaciones mediante softwares. Una vez aplicadas las técnicas empleadas se procederá al procesamiento y análisis de datos mediante tablas estadísticas, resultado del estadístico se utilizará en el proceso de investigación, resumiendo.

- Elaboración de ladrillos con incorporación de plástico PET molido en porcentajes de 3%,6% y 10%.
- Realización de ensayos (Resistencia a la compresión, variación dimensional, alabeo y absorción).

3.2.2. Instrumentos, materiales y métodos

Se empleó en esta investigación los siguientes recursos:

Humanos

- Asesor
- Tesistas
- Técnico de laboratorio
- Ayudante de técnico de laboratorio

Materiales

- Muestra (arcilla)
- Plástico (PET)
- Ceniza
- Pajilla de Arroz
- Regla graduada
- Recipientes o Taras
- Juego de tamices
- Gavera

- Agua
- Placa de vidrio
- Vernier graduado en mm
- Cuña Metálica

Instrumentos y/o equipos

Los equipos empleados en el laboratorio MAGMA servicios generales de ingenierías S.A.C. Jaén – Cajamarca, se mencionan a continuación:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

- Balanza digital de precisión 0.1 gr.
- Horno eléctrico de temperatura hasta 110°C +- 5°C.
- Juego de tamices: 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N°10, N°16, N°20, N°30, N°40, N°50, N°60, N°100, N°200, tapa y fondo de acuerdo a la norma ASTM E011.
- Bandejas metálicas.
- Cuarteador mecánico.
- Lona para cuarteo en campo.
- Equipo complementario: Cucharón, brocha, pico, palana, escobillas de fierro, recipientes vacíos, sacos de polietileno.
- Taras.

LÍMITES DE ATTERBERG

- Balanza digital de precisión 0.01 gr.
- Horno eléctrico de temperatura hasta 110 °C +- 5 °C.
- Tamiz N° 40.
- Para Limite Líquido: Copa de Casagrande, ranuradores, espátula.
- Para Límite Plástico: Vidrio esmerilado, espátula.
- Cápsulas de aluminio y porcelana.

ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

- Una regla graduada al milímetro, de preferencia de acero inoxidable, de 300 mm de longitud.
- Vernier
- Diez unidades de albañilería (ladrillos artesanales).
- Tiza

ENSAYO DE ALABEO

- Dos cuñas de acero graduadas a medio milímetro.
- Vernier
- Diez unidades de albañilería (ladrillos artesanales).
- Tiza
- Regla

ENSAYO DE RESISTENCIA

- Máquina de compresión axial.
- Regla

ENSAYO DE ABSORCION

- Recipiente de agua que pueda contener las muestras completamente sumergidas.
- Horno Temperatura: $100 \pm 10^{\circ}\text{C}$.
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Copa de Casagrande y ranurador o acanalador.
- Máquina de compresión axial.
- Horno de cocción.

EQUIPO DE COMPUTO

- Laptops.
- Software.
- Microsoft Excel.
- Microsoft Word.
- Statgraphics Centurion XVIII

Métodos.

El método empleado es una investigación experimental por lo que existe manipulación de variables.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio MAGMA servicios generales de ingenierías S.A.C. Jaén – Cajamarca, establecidos en las guías y protocolos. Se describen los ensayos realizados:

- Norma E.070 Albañilería
- Contenido de humedad norma; MTC E 108/ ASTM D2216/ NTP 339.127.
- Límite líquido (ASTM D4318 / NTP 339.130 – NTP E111).
- Límite plástico (ASTM D4318 / NTP E111).

- Granulometría mediante tamizado por lavado (ASTM D421).
- Ensayo de Variación Dimensional (NTP 399.613 y NTP 399.604).
- Ensayo de Alabeo (NTP 331.017, NTP 399.613 Y NTP 399.605).
- Ensayo de Absorción (NTP 399.613 y NTP 399.604).
- Ensayos de resistencia a la compresión (NTP 331.017, NTP 399.613).

3.2.3. Población y muestra

Población:

Para esta investigación se realizaron 120 ladrillos: 30 ladrillos Patrón, 30 ladrillos con 3% de PET, 30 ladrillos con 6% de PET, 30 ladrillos con 10% de PET.

Muestra:

El muestro se realizó de acuerdo a lo estipulado por la Norma E.070 de albañilería el cual se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2. Número total de muestras para cada ensayo

LADRILLOS ARTESANALES	
ENSAYO	ARCILLA
Variación dimensional	10
Alabeo	10
Absorción	5
Resistencia a la compresión	5
TOTAL	30

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.3. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Reconocimiento de campo

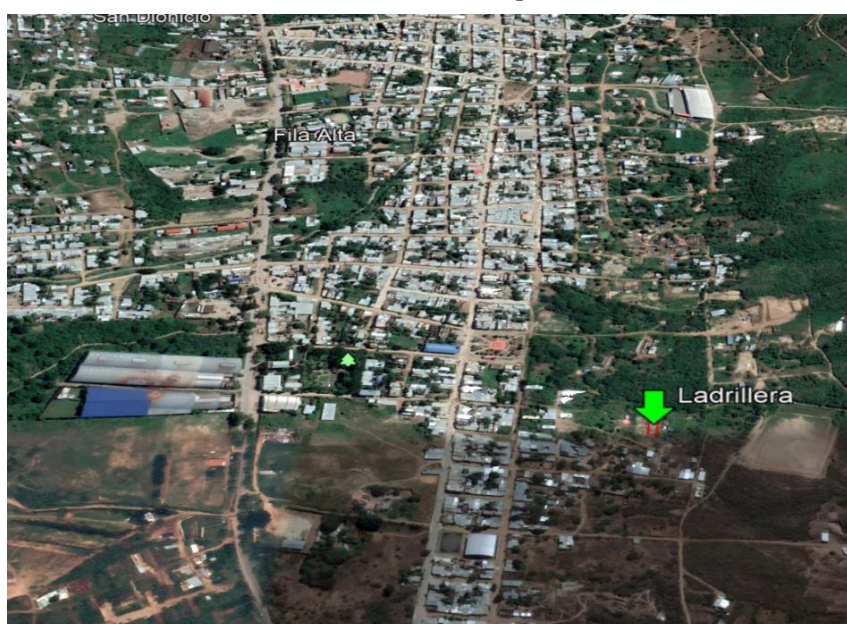
a) Ubicación de ladrillera Fila Alta – Jaén

Estas unidades de albañilería se fabricaron artesanalmente en la ladrillera del Señor Sergio Becerra Alvarado, ubicado en el sector Fila Alta – 3ra etapa, de la ciudad de Jaén como se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Ubicación de ladrillera artesanal.

Descripción	Coordenadas UTM		Ubicación
	Este	Norte	
Ladrillera Sergio	745048.00	9364530.00	Fila Alta 3 ^{ra} . Etapa

Fuente: Elaboración Propia, 2019



Fuente: Google Earth, 2019.

Figura 1. Ubicación de la ladrillera artesanal – Fila Alta.

b) Ubicación de planta trituradora de PET

Además, el material de plástico (PET), se obtuvo de una planta chancadora de plásticos también ubicado en el sector de Fila Alta – 3ra etapa, de la ciudad de Jaén como se indica en la tabla 4.

Tabla 4. Ubicación de ladrillera artesanal.

Descripción	Coordenadas UTM		Ubicación
	Este	Norte	
Planta trituradora de PET	744778.50	9364171.99	Fila Alta 3 ^{ra} . Etapa

Fuente: Elaboración Propia, 2019



Fuente: Google Earth, 2019.

Figura 2. Ubicación de la planta chancadora, donde se adquirió el plástico triturado.

3.3.2. Proceso de Adquisición y trituración y seleccionado del plástico PET

La adquisición se realizó de la planta chancadora que se muestra en la Figura N° 2, luego se trituró obteniendo hojuelas de plástico PET en partículas de ½” como se indica en la figura N° 3.



Figura 3. Molido de botellas de PET reciclado en el sector Fila Alta.



Figura 4. Plástico Seleccionado para la elaboración de ladrillo.

3.3.3. Procedimiento de Contenido de humedad NTP 339.128, 1999/MTC E-108

1. Seleccionamos la muestra más representativa en campo.
2. Colocar la muestra de ensayo húmedo en el contenedor para realizar su respectivo pesaje, registrar este valor que nos brinda la balanza
3. Colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se especifique otra temperatura.
4. Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno
5. Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado.
6. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza usada con anterioridad y registrar este valor.

Nota. - (*) *Verificar y registrar datos.*



Figura 5. Selección de la muestra para ensayo de contenido de humedad.



Figura 6. Peso de muestra para realizar el ensayo de contenido de humedad.

3.3.4. Procedimiento de análisis granulométrico NTP 339.128, 1999

1. Seleccionamos la muestra más representativa en campo, de acuerdo al tamaño máximo de suelo para dicho ensayo.
2. Secamos la muestra a temperatura ambiente.
3. Realizamos el cuarteo para seleccionar una muestra representativa del suelo y se realiza el pesaje respectivo.
4. Colocar el juego de tamices desde el tamaño máximo del agregado hasta el tamiz N° 4 en orden descendente, esto para separar el material grueso con el fino.
5. Pesar las partículas retenidas en cada tamiz con una precisión de 0.1 gr.
6. De la muestra que paso la malla N° 4, se tomó 500 gramos como muestra representativa esto se realiza cuando predomina los finos.
7. Posteriormente se realizó el lavado de la muestra representativa hasta obtener un material libre de impurezas (limos).
8. Colocar la muestra lavada en el horno por 24 horas a una temperatura de 100 °C - 110 °C.
9. Colocar el juego desde el tamiz N° 8 hasta el tamiz N° 200 en orden descendente, colocar la tapa y fondo.
10. El tamizado se realizó mediante un equipo (tamizador eléctrico) en un lapso de 5 minutos.
11. Pesar las partículas retenidas en cada tamiz con una precisión de 0.1 gr.



Figura 7. Cuarteo y selección de la muestra para el análisis granulométrico.



Figura 8. Lavado de la muestra representativa hasta obtener un material libre de impurezas (limos).

3.3.5. Procedimiento de límites de Atterberg - Norma ASTM D4318 / NTP 339.129

Limite Líquido

1. El material obtenido se secará a una temperatura no mayor a 60°C o secado a temperatura ambiente según norma (NTP 339.129, 1999).
2. Cuando la muestra esté seca se tamizará por la malla N°40 y se obtendrá 200 gr. Para el ensayo.
3. El material se satura con agua en un recipiente de porcelana por un periodo mínimo de tiempo de 24 horas.
4. Pasado las 24 horas se procederá al batido de material (mezclado) por un periodo de 10 minutos.
5. Se verificará la calibración de la Copa de Casagrande (altura de caída libre de la cazueleta), que esté de acuerdo a norma (1 cm.).
6. Terminado el mezclado se procederá al ensayo del límite líquido: colocar la pasta.
7. En la cuchara de la Copa Casagrande, mezclar la muestra y pulirla utilizando la espátula. Pasar el ranurador dividiendo la pasta en dos mitades iguales.
8. Dejar caer la cuchara desde una altura de 1cm a una velocidad de dos golpes por segundo hasta que se cierre una distancia de 13 mm. Este proceso se repetirá para obtener los tres valores de interpolación en el gráfico Contenido de Humedad vs. N° de golpes.

9. Se procederá a pesar la muestra húmeda ensayada con una precisión de 0.01 gr.
10. Colocar la muestra a secar en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$ por el tiempo que sea necesario, hasta obtener un peso constante.



Figura 9. Muestra seleccionada de la malla N° 40.



Figura 10. Saturación de muestra con agua en un recipiente de porcelana.



Figura 11. Realización de límites de Atterberg en Copa Casagrande.



Figura 12. Pesaje de las muestras para determinar el límite líquido.

Limite Plástico

1. Se obtendrá una muestra para límite plástico de unos 20 gramos.
2. Se hará perder un poco de humedad con las manos si es que la muestra está muy saturada.
3. Cuando la muestra se nota aparentemente bien, se hará bolitas de unos 6 gr. cada una, luego después se procederá al rolado con los dedos sobre el vidrio esmerilado haciendo hilos a una velocidad de 80 a 90 ciclos por minuto, este rolado se realizará hasta que el diámetro del suelo rolado tenga 1/8" de pulgada (3.2 mm.) de grosor y este se rompa en pedazos en un tiempo no mayor a 2 minutos por cada bolita ensayada.

4. Se tomarán dos muestras en cápsulas de aluminio y cada una tendrá un peso como mínimo de 6 gr. de suelo húmedo, según la sección 16.1 @ 16.6 de la norma.
5. Se pesará la muestra húmeda con una precisión de 0.01 gr.
6. Se colocará a secar la muestra en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$ por el tiempo que sea necesario, hasta obtener un peso constante.
7. Retirar las muestras del horno: límite líquido y límite plástico, y dejar a enfriar al ambiente. Se debe tener en cuenta de no dejar mucho tiempo en el ambiente para evitar la absorción de la humedad giroscópica.
8. Pesar las muestras secas ensayadas con una precisión de 0.01 gr.
9. Registrar y procesar datos con una precisión de 0.01%.



Figura 13. Procedimiento de rolado para el ensayo de limite plástico.



Figura 14. Muestras obtenidas después del rolado.

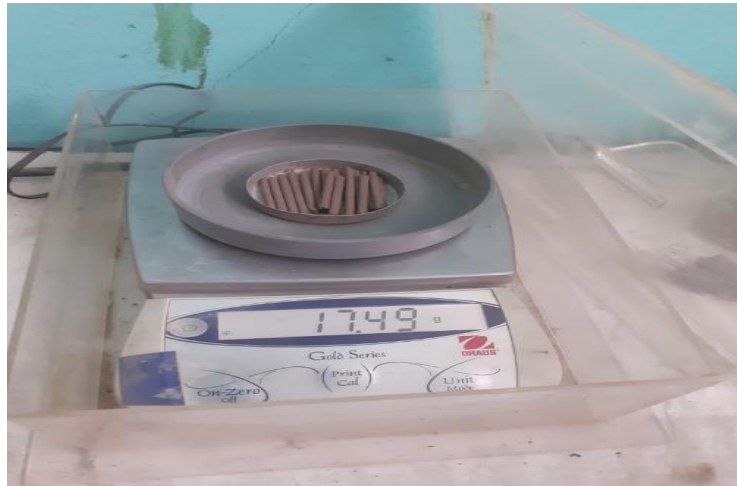


Figura 15. Pesado de las muestras para determinar L.P.

3.3.6. Proceso de fabricación del ladrillo artesanal muestra patrón.

Procedimiento

Extracción de materia Prima (Arcilla)

Consiste en realizar la extracción de la arcilla con pico y palana, para posteriormente zarandear, verificando que el material extraído se encuentre libre de impurezas (materias extrañas, malezas).

Zarandeo de materia Prima (Arcilla)

Este trabajo se realiza con la ayuda de una malla de ¼", el cual consiste en separar el material granular del fino, apropiado para la elaboración de las unidades de albañilería.



Figura 16. Zarandeado del suelo con la malla ¼".



Figura 17. Tierra zarandeada para su respectiva elaboración de unidades de albañilería.

Mezclado y amasado manual

El mezclado se realiza de manera manual incorporando agua hasta obtener mezcla hasta obtener una más consistente.



Figura 18. Tierra zarandeada para su respectiva elaboración de unidades de albañilería.

Moldeado

Consiste en sumergir la gavera en un recipiente con agua potable, luego se realiza el esparcimiento de ceniza manualmente, esto evita adherencia de la mezcla con la gavera al momento de colocar la mezcla en el interior de cada compartimento, además se le hace un raspado superficial de manera que no quede arcilla excedente en la gavera.



Figura 19. Gavera (7.50Cmx13.00Cmx23.00Cm) con esparcimientos de ceniza y colocado de mezcla en cada compartimento.

Secado

Luego de realizarse el moldeado se traslada al lugar de secado, ya establecidos en el área de secado, se voltea la gavera el cual consiste en realizar un impulso hacia abajo el cual permite que las unidades de albañilería desciendan lentamente y se ubiquen en la superficie del suelo manteniendo su forma rectangular.



Figura 20. Secado de las unidades de albañilería.

Apilado

Después de 24 horas se coloca el ladrillo por 6 a 7 días dependiendo de acuerdo a la temperatura ambiente.



Figura 21. Culminación de la elaboración de ladrillos de los diferentes porcentajes de PET.

Cocción o quemado: Consiste en someter a las unidades de albañilería a fuego en el horno a temperatura promedio de 700 – 800 °C, utilizando como combustible la pajilla de, este proceso se realiza por un periodo de 7 días.



Figura 22. Traslado del combustible de pajilla de arroz para la cocción del ladrillo.



Figura 23. Pajilla de arroz empleado como combustible.



Figura 24. Proceso de cocción de ladrillo artesanal.



Figura 25. Cocción efectuada en el horno durante 7 días, luego se realiza su respectiva extracción.

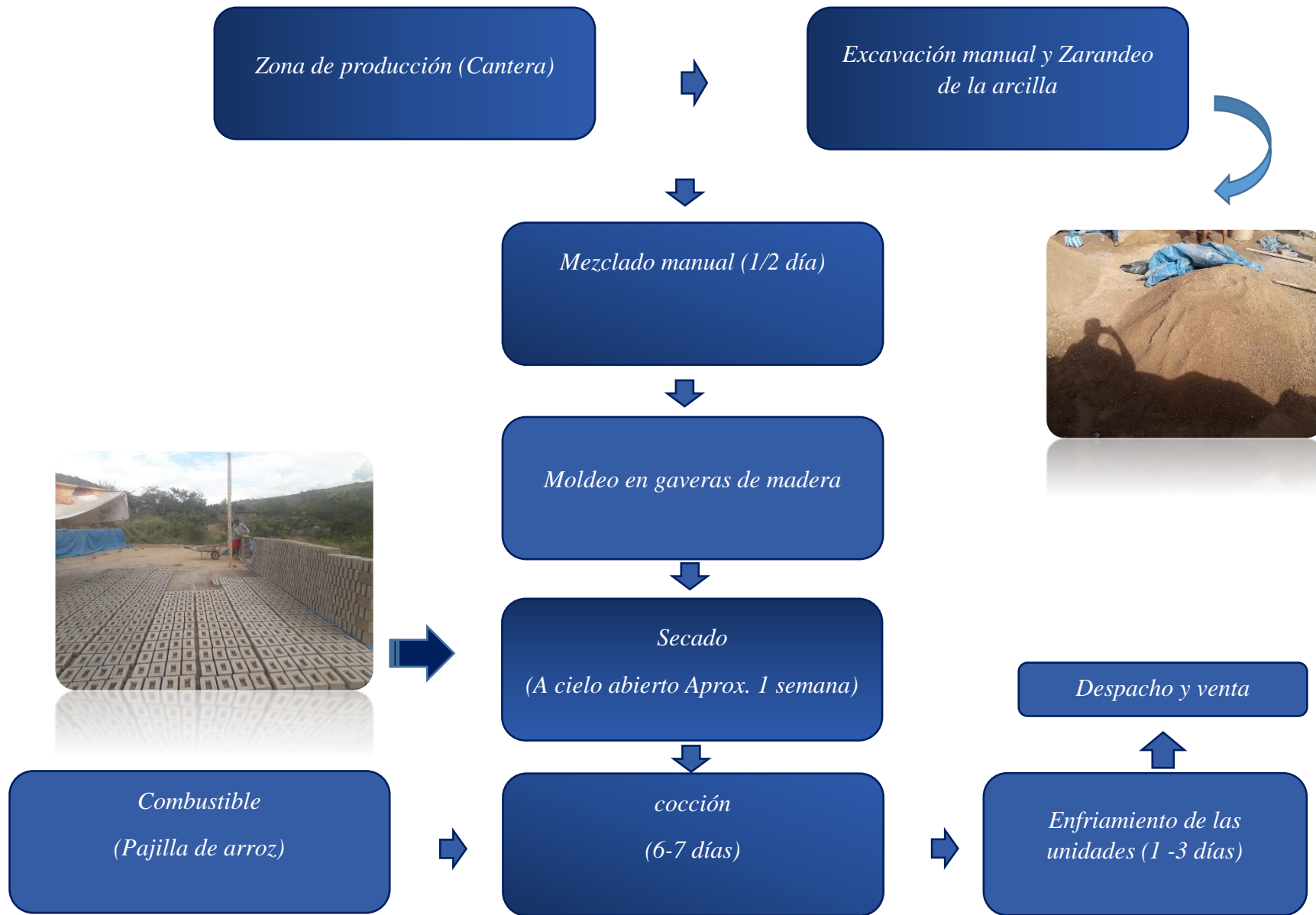


Figura 26. Flujograma del proceso de fabricación de ladrillo artesanal muestra patrón.

3.3.7. Proceso de elaboración de unidades de albañilería con incorporaciones de 3% 6% y 10% de plástico (PET)

1. Se seleccionó el plástico (PET), luego con la ayuda de la máquina trituradora se trituró en partículas pequeñas llamadas hojuelas (Flakes), cuya dimensión es ½” pulgada.
2. Luego se realizó la preparación del suelo con agua e incorporando plástico PET de acuerdo a los tratamientos indicados, esto se hizo hasta obtener una mezcla homogénea y consistente.
3. Se le adicionó plástico PET a la arcilla, esto se realizó en proporción de pesos de acuerdo a dosificaciones de 3%,6% y 10% establecidas en la investigación.
4. Una vez incorporada el plástico PET de acuerdo a las proporciones calculadas se procede a realizar el amasado hasta obtener una muestra homogénea.
5. Se colocó la cantidad necesaria de la mezcla en los compartimentos de la gavera, este procedimiento se realizó para cada tratamiento de manera independiente.
6. Luego de realizar todo el procedimiento ídem al proceso de ladrillo artesanal se procede a realizar el quemado en conjunto de todas las muestras tratadas, esto realizando una marca previa para evitar las posibles confusiones después de la cocción.



Figura 27. Almacenado de plástico PET para los diferentes tratamientos.



Figura 28. Pesaje de arcilla para porcentaje de 3% de Plástico PET.



Figura 29. Ladrillos de arcilla para porcentaje de 6% de Plástico PET.



Figura 30. Flujograma del proceso de fabricación de ladrillo artesanal de arcilla y la incorporación de plástico PET.

3.3.8. Procedimiento de ejecución de ensayo de variación dimensional. (NTP 399.613 y NTP 399.604, 2005).

Procedimiento:

1. Para realizar este ensayo se seleccionó 10 unidades de albañilería como lo indica la Norma E.070, las unidades seleccionadas tienen que estar enteras y secas de cada porcentaje incorporado de PET, 0%, 3%, 6% y 10%, en cada espécimen se mide el largo, ancho y alto, con la precisión de 1mm. cada medida se obtiene como promedio de las cuatro medidas entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara.
2. Se toma una muestra representativa de 10 unidades, las cuales se le asigna un número correlativo.
3. La dimensión de cada arista de la muestra patrón y de las muestras con incorporación de plástico PET se le realiza la medición de (largo, ancho y altura), se toma cuatro medidas dadas en cm. en el centro de cada cara (superior e inferior para el ensayo del alabeo).

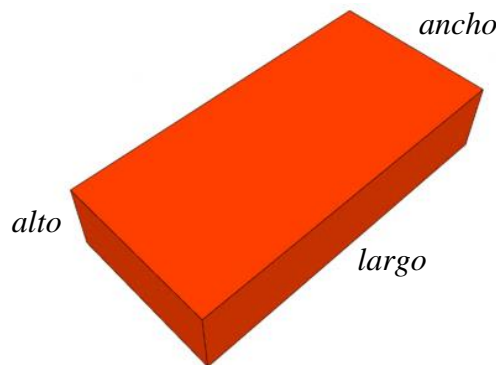


Figura 31. Estructura del ladrillo.

4. Almacenados y registrados los datos se procede al cálculo de gabinete, por cada arista se calcula el valor promedio de toda la muestra (Dp)

$$\text{Altura de la Unidad} = h = \frac{(h1 + h2 + h3 + h4)}{4}$$

Ecuación 1. Fórmula para calcular la altura de la unidad de albañilería.

5. La Variación Dimensional es V%

$$V\% = \frac{100 * (D_n - D_p)}{D_p}$$

Ecuación 2. Formula de variación dimensional.

Donde “ D_n ” es la dimensión especificada por el fabricante, también denominada diámetro nominal.

6. La variación dimensional también se puede expresar probabilísticamente mediante su relación con la dispersión de los resultados respecto al valor promedio:

$$V\% = \frac{100 * (\delta)}{D_p}$$

Ecuación 3. Formula de variación dimensional expresado probabilísticamente.

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(D_i - D_p)^2}{N - 1}}$$

Ecuación 4. Formula de variación estándar para las unidades de muestreo.

Donde:

δ es la Desviación Estándar



Figura 32. Realizando ensayo de variación dimensional a los ladrillos artesanales con 0% de incorporación de plástico PET.



Figura 33. Realizando ensayo de variación dimensional a los ladrillos artesanales con 3% de incorporación de plástico PET.



Figura 34. Realizando ensayo de variación dimensional a los ladrillos artesanales con 6% de incorporación de plástico PET.



Figura 35. Realizando ensayo de variación dimensional a los ladrillos artesanales con 10% de incorporación de plástico PET.

3.3.9. Procedimiento de ejecución de ensayo de alabeo (NTP 399.613, 2005).

Procedimiento:

1. De acuerdo a la Norma E.070 se ensaya una muestra representativa de 10 unidades, asignándoles un orden correlativo.
2. Apoyar la superficie de asiento de la unidad (Caras del ladrillo) sobre una mesa plana.
3. Colocar una regla que conecte diagonalmente los extremos opuestos de la unidad.
4. Medir la concavidad y convexidad para ver el punto de mayor deflexión.
5. El resultado promedio se expresa en milímetros.

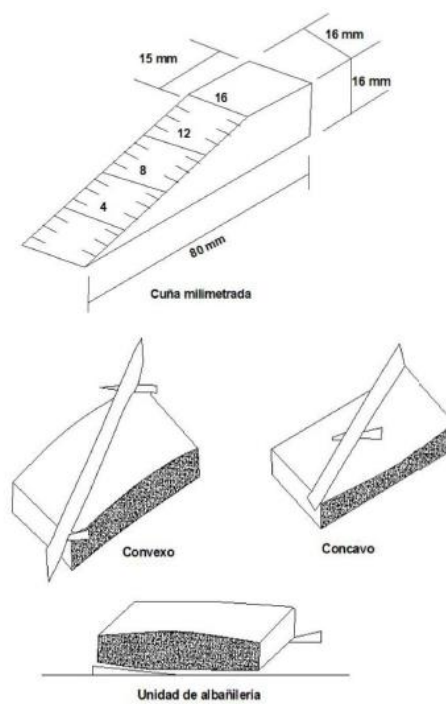


Figura 36. Medida de la concavidad y convexidad del ladrillo.
Fuente: NTP 399.613, 2005



Figura 37. Realizando ensayo de Alabeo a los ladrillos artesanales sin incorporación de plástico PET.



Figura 38. Realizando ensayo de Alabeo a los ladrillos artesanales con incorporación de 3% de plástico PET.



Figura 39. Realizando ensayo de Alabeo a los ladrillos artesanales con incorporación de 6 % de plástico PET.



Figura 40. Realizando ensayo de Alabeo a los ladrillos artesanales con incorporación de 6 % de plástico PET.

3.3.10. Procedimiento de ejecución de ensayo de Resistencia a la compresión. (NTP 399.613 y NTP 399.604, 2005).

Procedimiento.

Este ensayo se realizó en laboratorio MAGMA servicios generales de ingenierías S.A.C. Jaen – Cajamarca.

1. Separación de tratamientos del 0%,3%,6% y 10%.
2. Se coloca el espécimen en la máquina de compresión de tal manera que quede centrado, se ajusta cuidadosamente de tal manera que las platinas inferior y superior estén en contacto con la unidad de albañilería de manera centrada.
3. Se coloca en cero el indicador de deformación, luego se aplica la carga.
4. El ensayo consiste en utilizar la máquina de resistencia a compresión, una carga vertical con una velocidad controlada por el técnico de tal manera que no llegue a la rotura en unos 3 a 5 minutos.
5. Se calcula la resistencia a compresión con la siguiente ecuación:

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

Ecuación 5. Fórmula para el cálculo de la resistencia a la compresión

En donde:

$f'b$ = Es la resistencia a la compresión del ladrillo en kg/cm².

P =Es la carga de rotura aplicada indicada por la máquina en KN.

A =Es el promedio del área superior tomando dos medidas en cm².



Figura 41. Realización de los ensayos de compresión en presencia del asesor.



Figura 42. Ensayo de resistencia a compresión de la primera muestra más alta de los ladrillos artesanales sin incorporación de plástico PET.



Figura 43. Ensayo de resistencia a compresión de la segunda muestra más alta de los ladrillos artesanales sin incorporación de plástico PET.



Figura 44. Ensayos de resistencia a compresión de los ladrillos artesanales con 3% de incorporación de plástico PET.



Figura 45. Ensayo de resistencia a compresión de los ladrillos artesanales con 6% de incorporación de plástico PET.



Figura 46. Ensayo de resistencia a compresión de los ladrillos artesanales con 10% de incorporación de plástico PET.

3.3.11. Procedimiento de ejecución de ensayo de absorción. (NTP 399.613, 2005).

Procedimiento

1. Las unidades se colocaron en el horno a una temperatura de 110° C por no menos de 24 horas para que estén completamente secas.
2. Se pesaron las unidades después de haberse enfriado en aproximadamente 3 horas.
3. Luego se sumergió totalmente a las unidades en un recipiente de agua por 24 horas, luego de este tiempo se vuelven a pesar, obteniendo de esta manera la absorción de la unidad. La absorción se muestra en porcentaje como se indica.

$$Absorcion (\%) = \frac{P_{sat} - P_s}{P} \times 100 \dots Ecuación n^\circ 4$$

Ecuación 6. Fórmula para ensayo de absorción.

En donde:

P_{sat} = Peso saturado 24 horas en agua fría en kg.

P_s = Peso seco en kg.



Figura 47. Colocando de los ladrillos artesanales sin incorporación de plástico PET al horno para ensayos absorción.



Figura 48. Colocando de los ladrillos artesanales con incorporación del 3% plástico PET al horno para ensayos absorción.



Figura 49. Colocando de los ladrillos artesanales con incorporación del 6% plástico PET al horno para ensayos absorción.



Figura 50. Colocando de los ladrillos artesanales con incorporación del 10% plástico PET al horno para ensayos absorción.



Figura 51. Peso seco de los ladrillos artesanales sin y con incorporación del 3%, 6% y 10% de plástico PET para ensayos absorción.



Figura 52. Posteriormente se sumerge las unidades de albañilería en agua potable por 24 horas.



Figura 53. En esta fotografía podemos notar la extracción de la unidad de albañilería después de 24 horas.



Figura 54. Peso saturado de los ladrillos artesanales sin y con incorporación de plástico PET para ensayos absorción.

3.4. ANALISIS ESTADISTICO

Una vez obtenida la información de ensayos realizados en el Laboratorio MAGMA servicios generales de ingenierías S.A.C. Jaén – Cajamarca. se procedió al análisis de datos empleando métodos estadísticos mediante hojas de cálculo de Microsoft Excel comparando los resultados de cálculo con el software Statgraphics Centurion XVIII.

APLICACIÓN DE PRUEBA DE ANOVA O ANDEVA

Así mismo se analizó las varianzas (ANOVA) de los tratamientos si son iguales. Empleando el método la Comparaciones de múltiples muestras, el ANOVA para determinar si hay diferencias significativas entre las medias (para los diferentes ensayos realizados).

Tabla 5. Resistencia a la compresión ($f'c=kg/cm^2$) del ladrillo artesanal con incorporación de plástico (PET).

TOTAL DE MUESTRAS	Número de muestras			
	Ladrillo testigo	Ladrillo con incorporaciones de plástico PET		
	0%	3%	6%	10%
Muestra 1	48	25	13	11
Muestra 2	67	25	11	12
Muestra 3	82	19	18	10
Muestra 4	65	22	11	11
Muestra 5	40	17	16	10

Fuente: Elaboración propia, 2019

Las fórmulas que se utilizan en ANOVA son:

$$SST = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{T^2}{nk}$$

$$SSA = \frac{\sum_{i=1}^k T^2}{n} - T^2$$

$$SSE = SST - SSA$$

Donde:

n = tamaño de la muestra de cada uno de los tratamientos.

k= total de tratamientos.

T= el total de todas las muestras.

SST= variación total (suma total de cuadrados).

SSA= variación entre muestras (suma de cuadrados de los tratamientos).

SSE= variación dentro de la muestra (suma de cuadrados de los errores).

Los cálculos en un problema de análisis de varianza se resumen generalmente en una tabla como la siguiente:

Tabla 6. Tabla formato para realizar los posibles cálculos de ANOVA O ANDEVA.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	F valor crítico
Tratamiento	SSA	k-1	$\delta_1^2 = \frac{SSA}{k-1}$	$\frac{\delta_1^2}{\delta^2}$	Se toma de la tabla de la distribución F con k-1 y k(n-1) grados de libertad. Excel lo arroja en automático.
Error	SSE	K(n-1)	$\delta^2 = \frac{SSE}{k(n-1)}$		
Total	SST	nk-1			

Esta tabla se obtiene directamente en Excel como a continuación se demuestra en el cálculo de DCA de las resistencias de unidad de albañilería con tratamientos respectivos de PET (Ver Tabla 8 y 9).

3.4.1. Análisis estadístico para ensayo de resistencia a la Compresión

Tabla 7. Resistencias de unidades de albañilería con incorporación de plástico (PET) para los diferentes tratamientos.

TOTAL DE MUESTRAS	Número de muestras			
	Ladrillo testigo	Ladrillo con incorporaciones de plástico PET		
	0%	3%	6%	10%
Muestra 1	48	25	13	11
Muestra 2	67	25	11	12
Muestra 3	82	19	18	10
Muestra 4	65	22	11	11
Muestra 5	40	17	16	10

Fuente: Elaboración propia, 2019

La hipótesis que se quiere probar es:

Hipótesis Nula

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ Todas las medias son iguales

Hipótesis Alterna

$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$ Al menos dos de las medias no son iguales.

Haciendo los cálculos Aplicando Microsoft Excel obtenemos la tabla ANOVA donde se obtienen los siguientes resultados que se muestran a continuación.

Tabla 8. Tabla ANOVA O ANDEVA resumen obtenida de Microsoft Excel / Statgrapichs Centurión XVIII

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
0%	5	302	60.4	275.3
3%	5	108	21.6	12.8
6%	5	69	13.8	9.7
10%	5	54	10.8	0.7

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 9. Tabla ANOVA O ANDEVA de análisis de varianza obtenida de Microsoft Excel / Statgraphics Centurión XVIII

ANALISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Grados			F	Probabilidad	Valor crítico para F
	Suma de cuadrados	de libertad	Promedio de los cuadrados			
Entre grupos	7904.55	3	2634.85	35.3078727	2.75969E-07	3.238871517
Dentro de los grupos	1194	16	74.625			
Total	9098.55	19				

Fuente: Elaboración propia, 2019

Recordar que la hipótesis nula H_0 es rechazada al nivel de significancia α cuando es verdadero que:

$$f > f_{\alpha}[k - 1, k(n - 1)]$$

Donde:

f : Es la F en la tabla ANOVA

$k - 1$: Es el valor crítico para F en la tabla ANOVA

Comparando:

35.3078727 > 3.238871517 Verdadero

Decisión: Se rechaza H_0 y se concluye que las medias de los grupos son diferentes, por tanto, el tipo de experiencia si es significativa.

Como se demostró que existe diferencia significativa es decir se concluyó que al menos un promedio de uno de los tratamientos es diferente, como se concluyó esto pasaremos a realizar la prueba de los rangos múltiples (Tuckey, Duncan o LSD) se determinara entre cuáles de las medias hay diferencias y de cuánto es esa diferencia, lo que permitirá decidir qué ensayos tienen un comportamiento similar al control, mejor que él o cuál es el mejor de todos.

APLICACIÓN DE LA PRUEBA DE TUKEY

La prueba de Tukey es la prueba más aplicada y preferida por los estadísticos, pues controla de mejor manera los dos errores ampliamente conocidos en la estadística (alfa y beta) (Montgomery, 2004).

Este método sirve para comparar las medias de las resistencias de los tratamientos dos a dos, ósea para evaluar las hipótesis:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ (Las medias son iguales)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$ (Las medias son diferentes)

Según, (Manfredo Reyes, 2017) ; “El análisis de varianza es una técnica para análisis de datos, donde se prueba la hipótesis nula que “todos los tratamientos son iguales, contra la hipótesis alternativa que “al menos uno de los tratamientos es distinto a los demás”.

El objetivo al realizar el experimento (encontrar el o los mejores tratamientos), no se puede cumplir. Para ello es necesario realizar un procedimiento adicional, llamado Prueba de medias.

Existe una gran cantidad de pruebas de medias, pero quizá la más conocida es la prueba de Tukey. Esta prueba fue desarrollada por John W. Tukey.

Se calcula un valor llamado diferencia honestamente significativa de Tukey, de la siguiente manera:

$$HSD = q \sqrt{\frac{CME}{r}} \quad (1)$$

Dónde:

HSD: Diferencia honestamente significativa

q: Es un valor que se obtiene de una tabla (Tabla de Tukey), de manera parecida a la tabla de F. Horizontalmente se colocan los grados de libertad de los tratamientos y verticalmente los grados de libertad del error. Solamente existen tablas para niveles de significancia del 5% y del 1%.

CME: Es el error estándar de la media y es igual al cuadrado medio del error (obtenido en el ANDEVA),

r: número de repeticiones.

Si la diferencia entre dos promedios es mayor que la HSD, se concluye que los dos promedios no son iguales, en caso contrario se concluye que sí son iguales.

Se utiliza el mismo HSD para todos los pares de promedios que se comparan. Pero ésta fórmula solamente es válida para el caso de experimentos con igual número de repeticiones (balanceado).

Un experimento puede ser desbalanceado (desiguales repeticiones) por varios motivos: por causa de los tratamientos, por fallas en el manejo del experimento, o por causas desconocidas que el experimentador no pudo controlar. El análisis de un experimento desbalanceado se complica.

En el caso del diseño al completo azar el procedimiento es directo, pero en el de bloques al azar, cuadrado latino y otros, es necesario estimar los datos faltantes antes de realizar el análisis.

Lo mismo sucede para la prueba de Tukey. No se puede usar un solo comparador, se deben calcular varios comparadores para realizar la comparación por pares. Esta variante de la prueba se conoce como Tukey – Kramer.

La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$HSD_{ij} = q \sqrt{\frac{CME}{2} \left(\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_j} \right)} \quad (2)$$

Donde:

HSD_{ij} = comparador para el par de tratamientos i, j.

q = valor de la tabla de Tukey, con grados de libertad de tratamientos y grados de libertad del error.

CME= cuadrado medio del error.

r_i, r_j = son las repeticiones de los tratamientos i, j.

En concordancia con la tabla ANOVA o ANDEVA el análisis de varianza al 5% de significancia elaborado con Excel es el siguiente:

Análisis de varianza de un valor

Tabla 10. ANOVA O ANDEVA de resumen obtenida de Microsoft Excel / Statgraphchs Centurión XVIII

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
0%	5	302	60.4	275.3
3%	5	108	21.6	12.8
6%	5	69	13.8	9.7
10%	5	54	10.8	0.7

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 11. ANOVA O ANDEVA análisis de varianza obtenida de Microsoft Excel / Statgraphchs Centurión XVIII

ANALISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Grados			F	Probabilidad	Valor crítico para F
	Suma de cuadrados	de libertad	Promedio de los cuadrados			
Entre grupos	7904.55	3	2634.85	35.3078727	2.75969E-07	3.238871517
Dentro de los grupos	1194	16	74.625			
Total	9098.55	19				

Fuente: Elaboración propia, 2019

Puesto que $F_{calc} > F_{teor}$ se rechaza H_0 , y se concluye que hay diferencia significativa (al 5%) entre las cantidades medias de porcentajes de PET incorporado en la unidad de albañilería.

El valor de la tabla se obtiene con 3 grados de libertad en la horizontal y 16 en la vertical con un alfa del 5% = 3.65

$$CME = \frac{1194.00}{16} = 74.625$$

$$HSD = 3.65 \sqrt{\frac{74.625}{5}} = 14.101$$

Las comparaciones se realizan así:

Tabla 12. Tabla de medias para verificar si existen diferencias entre tratamientos.

TOTAL DE MUESTRAS	Número de muestras			
	Ladrillo testigo	Ladrillo con incorporaciones de plástico PET		
	0%	3%	6%	10%
Muestra 1	48	25	13	11
Muestra 2	67	25	11	12
Muestra 3	82	19	18	10
Muestra 4	65	22	11	11
Muestra 5	40	17	16	10
PROMEDIO	60.4	21.6	13.8	10.8

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 13. Tabla de diferencias de resistencias promedios para los diferentes tratamientos.

	0%	3%	6%	10%
0%		38.80	46.6	49.60
3%			7.80	3.00
6%				3.00
10%				

Fuente: Elaboración propia, 2019

Los cálculos para la primera comparación (0% de PET contra 3% de PET) se realizan así:
Diferencia: $60.4 - 21.6 = 38.80$, de esta manera se llena el cuadro anterior.

Las comparaciones se realizan así:

Tabla 14. Tabla de diferencias de promedios de los diferentes tratamientos

	<i>r</i>	diferencia	HSD	Conclusión
0% contra 3%	5	38.80	14.101	Existe diferencias
0% contra 6%		46.60		Existe diferencias
0% contra 10%		49.60		Existe diferencias
3% contra 6%		7.80		
3% contra 10%		3.00		
6% contra 10%		3.00		

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.4.2. Análisis estadístico para ensayo de absorción

Tabla 15. Absorción de las unidades de albañilería con incorporación de plástico (PET).

TOTAL DE MUESTRAS	Número de muestras			
	Ladrillo testigo	Ladrillo con incorporaciones de plástico PET		
	0%	3%	6%	10%
Muestra 1	13.19	13.10	17.23	18.39
Muestra 2	13.45	13.48	19.09	19.38
Muestra 3	12.76	13.09	17.05	18.81
Muestra 4	13.33	13.42	18.67	19.33
Muestra 5	16.03	13.46	17.38	19.00

Fuente: elaboración propia, 2019

La hipótesis que se quiere probar es:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \quad \text{Al menos dos de las medias no son iguales.}$$

Haciendo los cálculos Aplicando Microsoft Excel obtenemos la tabla ANOVA la tabla queda con los siguientes resultados:

Tabla 16. Tabla ANOVA O ANDEVA resumen obtenida de Microsoft Excel / Statgrapichs Centurión XVIII

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
0% de PET	5	68.76	13.752	1.68962
3% de PET	5	66.55	13.31	0.039
6% de PET	5	89.42	17.884	0.86238
10% de PET	5	94.91	18.982	0.16497

Fuente: elaboración propia, 2019

Tabla 17. Tabla ANOVA O ANDEVA análisis de varianza obtenida de Microsoft Excel / Statgrapichs Centurión XVIII

ANALISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	123.65044	3	41.21681333	59.8218186066	6.47943E-09	3.238871517
Dentro de los grupos	11.02388	16	0.6889925			
Total	134.67432	19				

Fuente: elaboración propia, 2019

Recordar que la hipótesis nula H_0 es rechazada al nivel de significancia α cuando es verdadero que:

$$f > f_{\alpha}[k - 1, k(n - 1)]$$

Donde:

f : Es la F en la tabla ANOVA

$k - 1$: Es el valor crítico para F en la tabla ANOVA

Comparando:

59.8218186066 > 3.238871517 Verdadero

Decisión: Se rechaza H_0 y se concluye que las medias de los grupos son diferentes, por tanto, el tipo de experiencia si es significativa.

Como se demostró que existe diferencia significativa es decir se concluyó que al menos un promedio de uno de los tratamientos es diferente pasaremos a realizar la prueba de los rangos múltiples (Tuckey, Duncan o LSD) se determinara entre cuáles de las medias hay diferencias y de cuánto es esa diferencia, lo que permitirá decidir qué ensayos tienen un comportamiento similar al control, mejor que él o cuál es el mejor de todos.

APLICACIÓN DE LA PRUEBA DE TUKEY

Al igual que en el caso anterior descrito a detalle realizamos el mismo procedimiento para evaluar las diferencias significativas.

Posteriormente se muestra el caculo de ANOVA O ANDEVA realizado en Excel

Tabla 18. Tabla NOVA O ANDEVA resumen obtenida de Microsoft Excel / Statgrapichs Centurión XVIII

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
0% de PET	5	68.76	13.752	1.68962
3% de PET	5	66.55	13.31	0.039
6% de PET	5	89.42	17.884	0.86238
10% de PET	5	94.91	18.982	0.16497

Fuente: elaboración propia, 2019

Tabla 19. Tabla NOVA O ANDEVA para análisis de varianza obtenida de Microsoft Excel / Statgraphics Centurión XVIII

ANALISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	123.65044	3	41.21681333	59.8218186066	6.47943E-09	3.238871517
Dentro de los grupos	11.02388	16	0.6889925			
Total	134.67432	19				

Fuente: elaboración propia, 2019

Puesto que $F_{calc} > F_{teor}$ se rechaza H_0 , y se concluye que hay diferencia significativa (al 5%) entre las cantidades medias de porcentajes de PET incorporado en la unidad de albañilería.

El valor de la tabla se obtiene con 3 grados de libertad en la horizontal y 16 en la vertical con un alfa del 5% = 3.65

$$CME = \frac{11.02388}{16} = 0.6889925$$

$$HSD = 3.65 \sqrt{\frac{0.6889925}{5}} = 1.354924543$$

Las comparaciones se realizan así:

Tabla 20. Tabla de medias para estimar si existe diferencias significativas

TOTAL DE MUESTRAS	Número de muestras			
	Ladrillo testigo 0%	Ladrillo con incorporaciones de plástico PET		
		3%	6%	10%
Muestra 1	13.19	13.10	17.23	18.39
Muestra 2	13.45	13.48	19.09	19.38
Muestra 3	12.76	13.09	17.05	18.81
Muestra 4	13.33	13.42	18.67	19.33
Muestra 5	16.03	13.46	17.38	19.00
PROMEDIO	13.73	13.31	17.88	18.98

Fuente: elaboración propia, 2019

HSD=1.35

Tabla 21. Tabla de diferencias de resistencias promedios para los diferentes promedios.

	0%	3%	6%	10%
0%		0.44	-4.132	-5.23
3%			-4.57	-1.10
6%				-1.10
10%				

Fuente: elaboración propia, 2019

Los cálculos para la primera comparación (0% de PET contra 3% de PET) se realizan así:
Diferencia: $13.73 - 13.31 = 0.44$, de esta manera se llena el cuadro anterior.

Las comparaciones se realizan así:

Tabla 22. Tabla de diferencias de promedios para los diferentes tratamientos.

	r	diferencia	HSD	Conclusión
0% contra 3%	5	0.44	1.35	
0% contra 6%		-4.132		Existe diferencias
0% contra 10%		-5.23		Existe diferencias
3% contra 6%		-4.57		Existe diferencias
3% contra 10%		-1.10		
6% contra 10%		-1.10		

Fuente: elaboración propia, 2019

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

Para realizar los ensayos a las unidades de albañilería, utilizamos la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, los ensayos que posteriormente se mencionan fueron realizados en el laboratorio MAGMA servicios generales de ingenierías S.A.C. Jaén – Cajamarca.

4.1. Resultados de Ensayos de Clasificación de Suelos.

4.1.1. Ensayo de contenido de Humedad.

Tabla 23. Determinación del contenido de humedad.

CONTENIDO DE HUMEDAD			
CALICATA N°	C1	C2	C3
MUESTRA N°	M-01	M-02	M-03
RECIPIENTE N°	14	7	2
1 Peso de la lata + Suelo Húmedo	100.65	100.92	612.90
2 Peso de la lata + Suelo Seco	93.62	94.51	564.3
3 Peso de la lata	19.16	18.64	64.70
4 Peso del agua (1-2)	7.03	6.41	48.60
5 Peso del suelo seco (2-3)	74.46	75.87	499.60
6 Contenido de Humedad (%) (4/5*100)	9.44	8.45	9.73
Promedio (%)		9.21	

Fuente elaboración Propia, 2019

En el presente ensayo se realizó con éxito, donde se obtuvo 9.44%, 8.45% y 9.73%, concluyendo que el contenido de humedad sería el promedio, siendo 9.21 %, este valor sirvió para descontar la cantidad de agua al momento de preparar la dosificación.

4.1.2. Ensayo de límites de Atterberg o de Consistencia.

Tabla 24. Determinación de límite líquido.

LIMTES DE ATTERBERG A.S.T.M D4318			
DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO		
ENSAYO N°	1	2	3
N° CAPSULA	6	7	18
1 Tara + Suelo Húmedo (g)	45.69	44.67	44.85
2 Tara + Suelo Seco+ (g)	37.46	36.86	37.12
3 Peso del agua (g)	8.23	7.81	7.73
4 Tara (g)	6.59	6.78	6.62
5 Peso del suelo seco (g)	30.87	30.08	30.50
6 Contenido de Humedad (%)	26.66	25.96	25.34
Promedio (%)		25.75	
N° de Golpes	16	24	29

Fuente elaboración Propia, 2019

Tabla 25. Determinación de límite plástico.

LIMTES DE ATTERBERG A.S.T.M D4318			
DESCRIPCION	LIMTE PLASTICO		
	1	2	3
ENSAYO N°	1	2	3
N° TARRO	1	16	09
1 Tara + Suelo Húmedo (g)	19.52	21.30	21.88
2 Tara + Suelo Seco+ (g)	17.49	18.95	19.43
3 Tara (g)	6.43	6.22	6.39
4 Peso del agua (g)	2.03	2.35	2.45
5 Peso del suelo seco (g)	11.06	12.73	13.04
6 Contenido de Humedad (%)	18.35	18.46	18.79
Promedio (%)		18.53	
N° de Golpes			

Fuente elaboración Propia,2019

Tabla 26. Constantes físicas de la muestra.

CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO (%)	25.75
LIMITE PLASTICO (%)	18.53
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	7.21

Fuente elaboración Propia,2019

Como se muestra en la tabla 26 se obtuvo un límite líquido de 25.75% y un límite plástico de 18.53% respectivamente y por diferencia un índice de plasticidad de 7.21%, siendo estos valores que se utilizó en la carta de plasticidad de Casagrande según (ASTM-D2487-93) donde se determinó un suelo tipo arenoso arcilloso (SC).

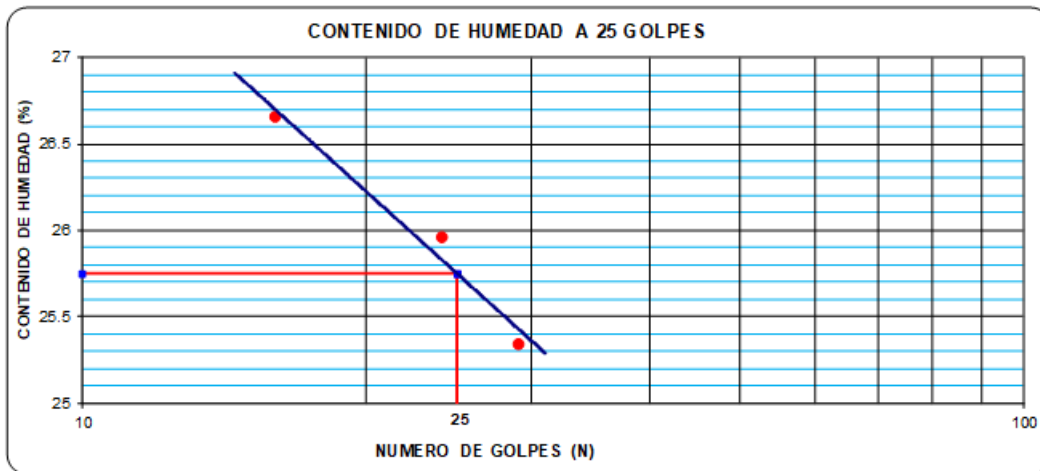


Figura 55. Grafica de Limite Liquido.

4.1.3. Clasificación de materia prima según S.U.C.S.

De acuerdo a la tabla 26

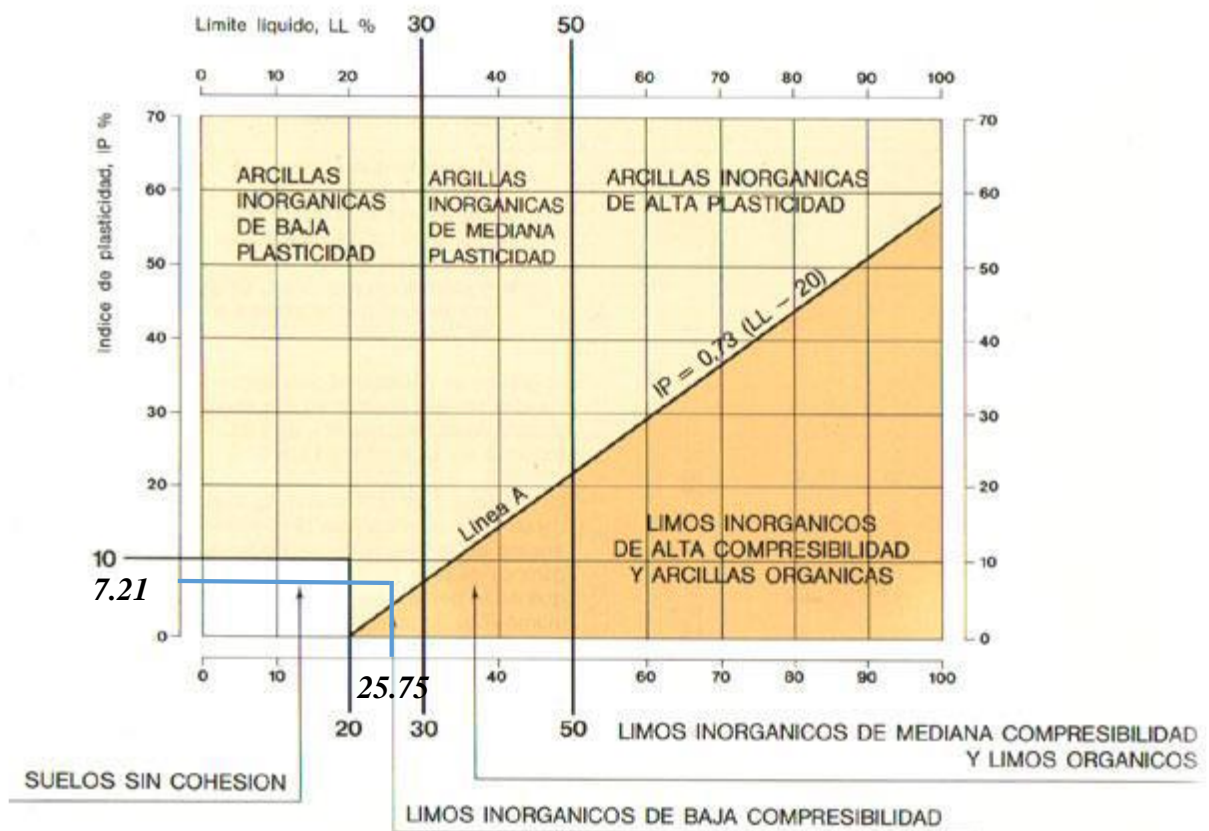


Figura 56. Clasificación del suelo en la Carta de plasticidad de Casagrande según ASTM D-2487-93

4.1.4. Ensayo de Análisis Granulométrico.

Tabla 27. Determinación Análisis Granulométrico de suelo.

Abertura Malla Pulg.	(mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4"	101600				
3 ½"	88.900				
3"	76.200				
2 ½"	63.500				
2"	60.800				100.0
1 ½"	38.100	245.0	5.7	5.7	94.3
1"	25.400	184.0	4.2	9.9	90.1
¾"	19.050	142.0	3.3	13.2	86.8
½"	12.700	180.0	4.2	17.4	82.6
3/8"	9.525	166.0	3.8	21.2	78.8
¼"	6.350	218.0	5.0	26.2	
Nº 4	4.760	123.0	2.8	29.0	71.0
Nº 8	2.360	249.93	5.8	34.8	
Nº 10	2.000	65.07	1.5	36.3	63.7
Nº 16	1.190	199.15	4.6	40.9	
Nº 20	0.834	151.81	3.5	44.4	55.6
Nº 30	0.600	157.90	3.6	48.0	
Nº 40	0.420	192.01	4.4	52.4	47.6
Nº 50	0.300	252.21	5.8	58.2	41.8
Nº 60	0.250				
Nº 80	0.177	302.20	7.0	65.2	34.8
Nº 100	0.149	94.49	2.2	67.4	32.6
Nº 200	0.075	273.39	6.3	73.7	26.3
< Nº 200					
Peso Inicial		4336			

Fuente elaboración Propia, 2019

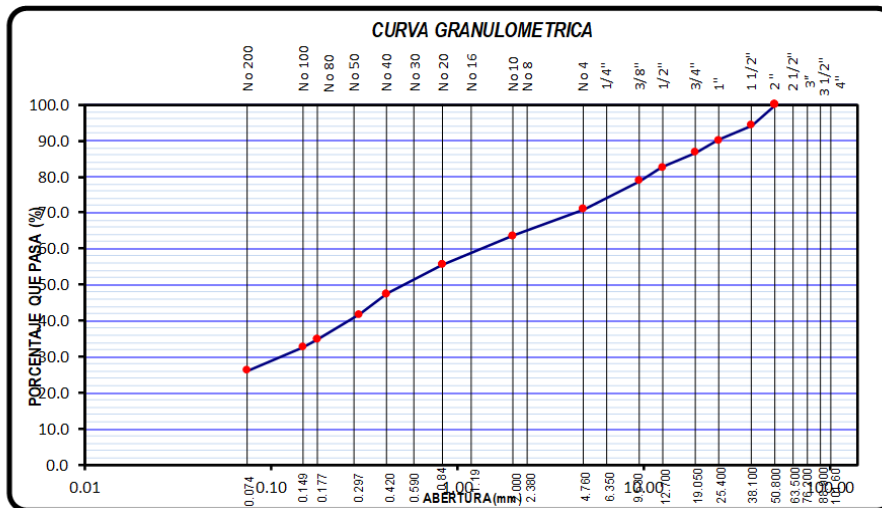


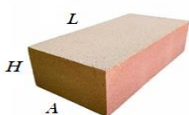
Figura 57. Curva de distribución granulométrica para elaboración de unidades de albañilería.

4.2. Resultados de Ensayos de las unidades de albañilería.

4.2.1. Ensayo de variación dimensional.

Tabla 28. Cálculo de la variación dimensional - Patrón.

Tipo de tratamiento	Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
Muestra Patrón	M1	22.50	12.50	6.80
	M2	22.40	12.56	7.00
	M3	22.50	12.70	7.00
	M4	22.50	12.60	7.10
	M5	22.40	12.60	6.90
	M6	22.50	12.60	7.00
	M7	22.55	12.65	6.90
	M8	22.40	12.60	7.00
	M9	22.50	12.50	6.85
	M10	22.45	12.65	7.00
	Promedio	22.47	12.60	6.96
	Desviación Estándar	0.527	0.541	0.714



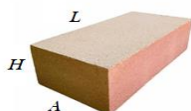
Fuente elaboración Propia, 2019

Tipo de tratamiento	Descripción	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
Muestra Patrón	Dimensión nominal (mm)	230	130	75
	Dimensión promedio (mm)	225	126	70
	Coefficiente de variación (c.v) (%)	0.235	0.429	1.026
	Variación dimensional (%)	2.304	3.108	7.267

Fuente elaboración Propia, 2019

Tabla 29. Cálculo de la variación dimensional – con 3% de PET.

Tipo de tratamiento	Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
Testigo N° 1 con 3% de plástico PET	M1	22.40	12.60	6.90
	M2	22.50	12.60	7.00
	M3	22.60	12.70	6.90
	M4	22.50	12.70	7.00
	M5	22.40	12.70	6.80
	M6	22.50	12.65	6.90
	M7	22.45	12.70	7.00
	M8	22.60	12.60	6.90
	M9	22.50	12.65	6.85
	M10	22.60	12.70	7.00
	Promedio	22.51	12.66	6.93
	Desviación Estándar	0.762	0.459	0.717



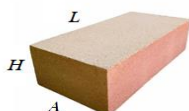
Fuente elaboración Propia,2019

Tipo de tratamiento	Descripción	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
Testigo N° 1 con 3% de plástico PET	Dimensión nominal (mm)	230	130	75
	Dimensión promedio (mm)	225	127	69
	Coefficiente de variación (c.v) (%)	0.339	0.363	1.035
	Variación dimensional (%)	2.152	2.615	7.667

Fuente elaboración Propia,2019

Tabla 30. Cálculo de la variación dimensional – con 6% de PET.

Tipo de tratamiento	Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
Testigo N° 2 con 6% de plástico PET	M1	22.70	12.80	7.00
	M2	22.60	12.70	7.00
	M3	22.50	12.80	7.10
	M4	22.70	12.70	7.00
	M5	22.60	12.90	7.00
	M6	22.6	12.85	7.10
	M7	22.55	12.80	7.05
	M8	22.70	12.90	7.00
	M9	22.60	12.80	7.10
	M10	22.55	12.70	7.05
	Promedio	22.61	12.80	7.04
	Desv. Estándar	0.699	0.762	0.459



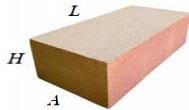
Fuente elaboración Propia,2019

Tipo de tratamiento	Descripción	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
Testigo N° 2 con 6% de plástico PET	Dimensión nominal (mm)	230	130	75
	Dimensión promedio (mm)	226	128	70
	Coeficiente de variación (c.v) (%)	0.309	0.595	0.653
	Variación dimensional (%)	1.696	1.577	6.133

Fuente elaboración Propia,2019

Tabla 31. Cálculo de la variación dimensional – con 10% de PET.

Tipo de tratamiento	Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
Testigo N° 3 con 10% de plástico PET	M1	22.60	12.60	7.10
	M2	22.50	12.50	7.00
	M3	22.70	12.60	7.10
	M4	22.50	12.50	7.10
	M5	22.70	12.70	7.15
	M6	22.50	12.70	7.20
	M7	22.55	12.50	7.00
	M8	22.60	12.60	7.10
	M9	22.50	12.70	7.15
	M10	22.70	12.60	7.00
	Promedio	22.59	12.60	7.09
	Desv. Estándar	0.883	0.816	0.699



Fuente elaboración Propia, 2019

Tipo de tratamiento	Descripción	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
Testigo N° 3 con 10% de plástico PET	Dimensión nominal (mm)	230	130	75
	Dimensión promedio (mm)	226	126	71
	Coefficiente de variación (c.v) (%)	0.391	6.480	9.862
	Variación dimensional (%)	1.804	3.077	5.467

Fuente elaboración Propia, 2019

4.2.2. Ensayo de Alabeo.

Los resultados de Alabeo fueron calculados siguiendo los procesos indicados por las NTP indicadas en la presente investigación.

Tabla 32. Resultado de las medidas de alabeo en las unidades de albañilería para 0% de PET.

Muestra	Espécimen	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
Muestra Patrón (0% PET)	MP_1	2	4	3	3
	MP_2	2	2	4	3
	MP_3	3	4	3	2
	MP_4	4	3	4	2
	MP_5	3	3	4	3
	MP_6	4	4	3	5
	MP_7	3	4	4	3
	MP_8	4	5	3	3
	MP_9	2	4	3	4
	MP_10	4	3	4	5
Promedio	Cóncavo Cara (A+B)	3.30			
	Convexo Cara (A+B)	3.45			

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 33. Resultado de las medidas de alabeo en las unidades de albañilería para 3% de PET.

Muestra	Espécimen	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
Muestra n° 1 (3% de PET)	M1_1	2	4	2	4
	M1_2	3	3	2	3
	M1_3	4	5	3	3
	M1_4	5	4	4	3
	M1_5	3	3	5	4
	M1_6	4	4	3	5
	M1_7	3	5	4	4
	M1_8	4	4	3	5
	M1_9	5	5	4	3
	M1_10	4	3	4	5
Promedio	Cóncavo Cara (A+B)	3.55			
	Convexo Cara (A+B)	3.95			

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 34. Resultado de las medidas de alabeo en las unidades de albañilería para 6% de PET.

Muestra	Espécimen	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
Muestra n° 2 (6% de PET)	M2_1	4	5	4	3
	M2_2	3	4	4	3
	M2_3	3	3	5	4
	M2_4	4	4	3	5
	M2_5	3	2	3	4
	M2_6	4	5	4	3
	M2_7	3	4	4	5
	M2_8	5	3	2	4
	M2_9	4	5	4	3
	M2_10	3	4	4	3
Promedio	Cóncavo Cara (A+B)	3.65			
	Convexo Cara (A+B)	3.80			

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 35. Resultado de las medidas de alabeo en las unidades de albañilería para 10% de PET.

Muestra	Espécimen	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
Muestra n° 3 (10% de PET)	M3_1	4	3	5	4
	M3_2	3	4	4	3
	M3_3	5	4	4	5
	M3_4	4	3	3	4
	M3_5	4	3	3	4
	M3_6	5	4	4	3
	M3_7	4	5	5	4
	M3_8	6	4	5	5
	M3_9	5	4	4	5
	M3_10	4	5	3	5
Promedio	Cóncavo Cara (A+B)	4.20			
	Convexo Cara (A+B)	4.05			

Fuente: Elaboración propia, 2019

Resumen:

Tabla 36. Resumen del resultado de las medidas de alabeo promedio para cada tipo de ladrillo.

<i>Unidad de albañilería</i>	<i>Alabeo (mm)</i>	
	<i>Cóncavo</i>	<i>Convexo</i>
Sin PET	3.30	3.45
3% de PET	3.55	3.95
6% de PET	3.65	3.80
10% de PET	4.20	4.05

Fuente: Elaboración propia,2019

4.2.3. Ensayo de Absorción.

Los resultados de absorción fueron calculados aplicando la ecuación n°.4 y siguiendo los procesos indicados de la presente investigación.

$$\text{Absorción}(\%) = \frac{(P_{sat} - P_s) * 100}{P_s}$$

Ecuación 7: Ecuación para cálculo de ensayo de absorción

Donde:

Psat= Peso saturado 24 horas en agua fría en Kg.

Ps=Peso seco en Kg.

Tabla 37. Ensayo de absorción de ladrillos artesanales con 0% de PET.

<i>Muestra</i>	<i>Peso seco</i>	<i>Peso húmedo</i>	<i>Absorción</i>
	<i>(Ws)</i>	<i>(Wh)</i>	<i>(%)</i>
<i>M1</i>	3162	3579	13.19
<i>M2</i>	3248	3685	13.45
<i>M3</i>	3128	3527	12.76
<i>M4</i>	3257	3691	13.33
<i>M5</i>	3113	3612	16.03
<i>Absorción promedio (%)</i>			13.75
<i>Desviación estándar (S)</i>			1.30
<i>Absorción</i>			12.45

Fuente: Elaboración propia,2019

Tabla 38. Ensayo de absorción de ladrillos artesanales con 3% de PET.

Muestra	Peso seco (Ws)	Peso húmedo (Wh)	Absorción (%)
M1	3152	3565	13.10
M2	3064	3477	13.48
M3	3139	3550	13.09
M4	3189	3617	13.42
M5	3113	3532	13.46
Absorción promedio (%)			13.31
Desviación estándar (S)			0.196
Absorción			13.12

Fuente:

Elaboración propia,2019

Tabla 39. Ensayo de absorción de ladrillos artesanales con 6% de PET.

Muestra	Peso seco (Ws)	Peso húmedo (Wh)	Absorción (%)
M1	3082	3613	17.23
M2	2939	3500	19.09
M3	3079	3604	17.05
M4	3031	3597	18.67
M5	3072	3606	17.38
Absorción promedio (%)			17.88
Desviación estándar (S)			0.928
Absorción			16.96

Fuente: Elaboración propia,2019

Tabla 40. Ensayo de absorción de ladrillos artesanales con 10% de PET.

Muestra	Peso seco (Ws)	Peso húmedo (Wh)	Absorción (%)
M1	3067	3631	18.39
M2	2946	3517	19.38
M3	2988	3550	18.81
M4	2954	3525	19.33
M5	2969	3533	19.00
Absorción promedio (%)			18.98
Desviación estándar (S)			0.407
Absorción			18.57

Fuente:

Elaboración propia, 2019

Resumen:

Tabla 41. Resumen de resultado de la absorción promedio en ladrillos de arcilla.

Ladrillo con PET	Absorción (%)	Var. Resp. al 0%
0% de PET	12.45	0.00
3% de PET	13.12	3.20
6% de PET	16.96	30.07
10% de PET	18.57	38.04

Fuente: Elaboración propia, 2019

4.2.4. Ensayos de resistencia a la compresión de ladrillos artesanales.

Se calcula la resistencia a la compresión con la siguiente ecuación.

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

Ecuación 8. Fórmula para calcular la resistencia a la compresión de ladrillos artesanales

Donde:

$f'c$ = es la resistencia a la compresión del ladrillo en kg/cm².

P = es la carga de rotura aplicada indicada por la maquina en Kg.

A = es el promedio del área superior tomando tres medidas en cm².

Unidades de albañilería

Tabla 42 Resultado de la resistencia a compresión - Patrón.

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES					
Grupo	Muestra	Área (cm ²)	Lectura <i>del Dial</i> (KN)	Carga (Pu)	f'c (kg/cm ²)
	P1	280.98	133.00	13562	48
	P2	277.50	181.20	18477	67
Patrón	P3	280.00	225.60	23005	82
	P4	276.52	175.60	17906	65
	P5	284.48	110.80	11298	40
Resistencia promedio (f'c prom)					60
Desviación estándar (σ)					16.626
Resistencia característica f'c en (Kg/cm²)					44

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 43 Resultado de la resistencia a compresión con 3% de PET.

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES					
Grupo	Muestra	Área (cm ²)	Lectura del Dial (KN)	Carga (Pu)	f'c (kg/cm ²)
	P1	280.98	69.6	7097	25
	P2	285.44	70.6	7199	25
3% de	P3	280.98	51.3	5231	19
PET	P4	280.00	60.0	6118	22
	P5	280.98	47.8	4874	17
Resistencia promedio (f'c prom)					22
Desviación estándar (σ)					3.658
Resistencia característica f'c en (Kg/cm²)					18

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 44 Resultado de la resistencia a compresión con 6% de PET.

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES					
Grupo	Muestra	Área (cm ²)	Lectura del Dial (KN)	Carga (Pu)	f'c (kg/cm ²)
	P1	284.5	37.4	3814	13
	P2	394.7	43.1	4395	11
6% de	P3	284.5	49.9	5088	18
PET	P4	284.5	31.8	3243	11
	P5	289.3	46.6	4752	16
Resistencia promedio (f'c prom)					14
Desviación estándar (σ)					3.013
Resistencia característica f'c en (Kg/cm²)					11

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 45 Resultado de la resistencia a compresión con 10% de PET.

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES					
Grupo	Muestra	Área (cm ²)	Lectura del Dial (KN)	Carga (Pu)	f'c (kg/cm ²)
	P1	279.7	31.0	3161	11
	P2	283.8	32.4	3304	12
10% de PET	P3	283.5	26.8	2733	10
	P4	281.9	30.5	3110	11
	P5	292.5	27.5	2804	10
Resistencia promedio (f'c prom)					11
Desviación estándar (σ)					0.963
Resistencia característica f'c en (Kg/cm²)					10

Fuente: Elaboración propia, 2019

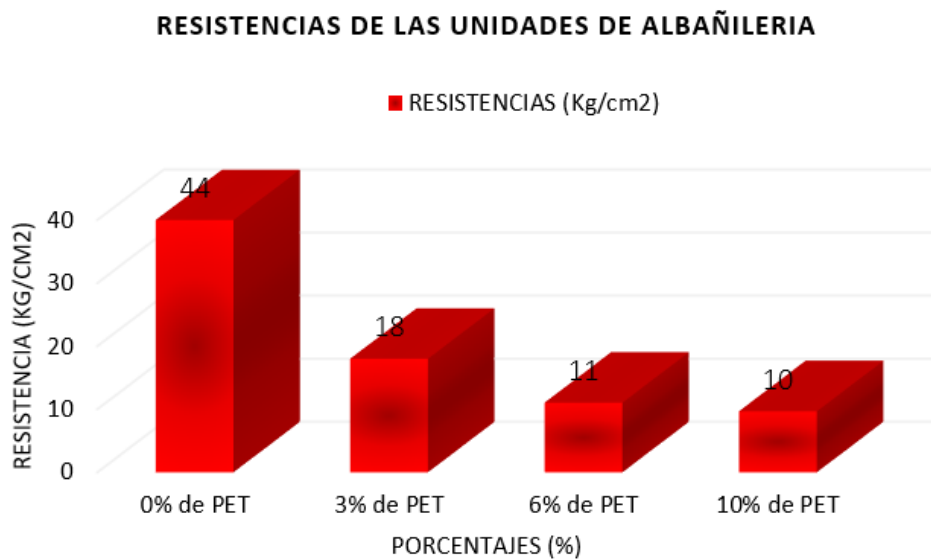


Figura 58. Gráfico de barras de resistencias para los diferentes tratamientos de PET.

RESISTENCIAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA

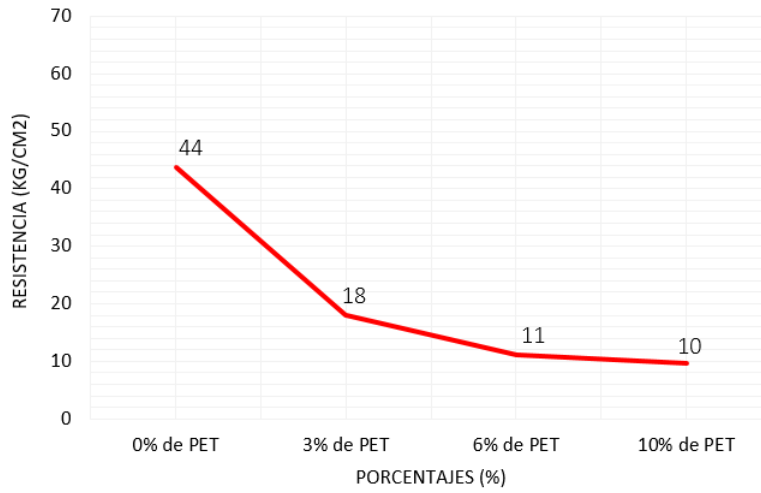


Figura 59. Resistencias a la compresión para los diferentes tratamientos de PET.

Tabla 46. Resultado de disminución de la resistencia a compresión en porcentaje (%) de las muestras en estudio.

Ladrillo con PET	f'c (Kg/cm ²)	Disminución de la Resistencia (%)
0% de PET	43.67	0.00
3% de PET	18.00	58.78
6% de PET	11.04	74.73
10% de PET	9.68	77.84

Fuente: Elaboración propia, 2019

ANÁLISIS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LADRILLO ARTESANAL

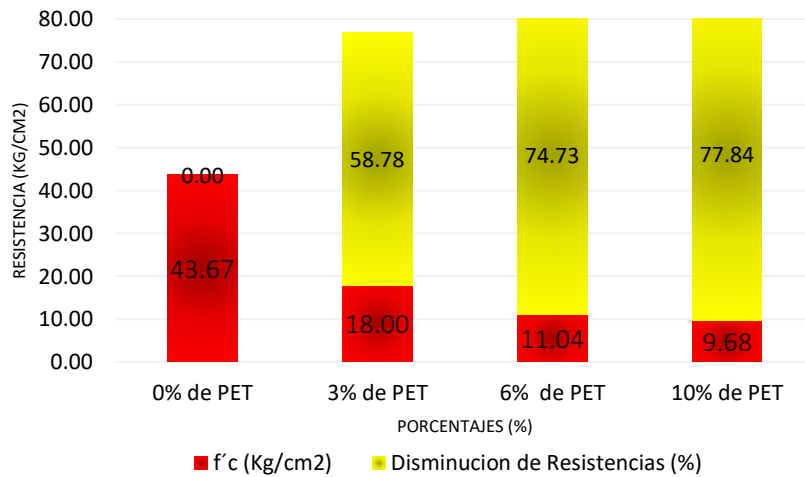


Figura 60. Disminución de la resistencia a compresión en %.

5. DISCUSIÓN

Para la discusión se hizo la comparación con investigaciones similares verificando los resultados obtenidos en dichos trabajos de investigación. Además, se discute los resultados con el rigor necesario de unidades de albañilería empleando la norma E.070, a la ladrillera in situ del sector Fila alta de la ciudad de Jaén.

5.1. Ensayo de variación dimensional

Con lo que respecta al ensayo de variación dimensional se realizó su clasificación minuciosa para cada tipo de ladrillo con y sin incorporación de plástico PET. Empleando la Norma E.070 de albañilería.

Tabla 47. Clasificación de los ladrillos por su variación dimensional.

Ladrillos	Variación dimensional						Ladrillos
	con PET	L(mm)	V(%) L	A(mm)	V(%) A	H(mm)	
0%	22.47	2.304	12.60	3.108	6.96	7.267	Tipo I
3%	22.51	2.152	12.66	2.615	6.93	7.667	Tipo I
6%	22.61	1.696	12.80	1.577	7.04	6.133	Tipo II
10%	22.59	1.804	12.60	3.077	7.09	5.467	Tipo II

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Tabla 47 nos muestra la variación que existe en las dimensiones de largo, ancho y espesor para las diferentes muestras del ladrillo, sin embargo, la variación es mínima debido a que se trabajó con el mismo molde para la muestra patrón y sus respectivas incorporaciones de plástico PET.

Esta clasificación se realizó comparando la tabla 1 con la 47. estableciendo así que por sus variaciones dimensionales los ladrillos son de tipo I y II según lo indicado en la Norma E.070 de albañilería.

5.2. Ensayo de Alabeo

El ensayo de alabeo realizados a las unidades de albañilería con o sin incorporación de plástico PET

Tabla 48. Clasificación de los ladrillos por su alabeo.

Ladrillo con PET	Alabeo (mm)		Clasificación
	Cóncavo	Convexo	
0% de PET	3.30	3.45	Tipo III
3% de PET	3.55	3.95	Tipo III
6% de PET	3.65	3.80	Tipo III
10% de PET	4.20	4.05	Tipo III

Fuente: Elaboración propia, 2019

Esta clasificación se la obtuvo de comparar la tabla 1 con la 48 dando como resultados que todos los tipos de ladrillos tienen un alabeo menor a 6mm lo cual los clasifica como ladrillos tipo III.

5.3. Ensayo de resistencia a la compresión

Se observa que al adicionar plástico tipo PET a las unidades de albañilería de la ladrillera In situ del no es favorable a aumentar la resistencia, ya que el porcentaje de PET es una variable directamente proporcional, mientras más se incrementa el plástico a la unidad de albañilería este tiende a disminuir su resistencia.

Tabla 49. Clasificación de los ladrillos por resistencia a la compresión.

Ladrillo con PET	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Clasificación con Norma E.070
0% de PET	43.67	-
3% de PET	18.00	-
6% de PET	11.04	-
10% de PET	9.68	-

Fuente: Elaboración propia, 2019

5.4. Ensayo para determinar la absorción

El porcentaje de absorción promedio de los ladrillos artesanales de acuerdo a la norma E.070 (Albañilería) nos especifica que su nivel de absorción es aceptable porque no es mayor que el 22%. Nuestra unidad está dentro del límite, con 12.45 (Con 0% de PET), 13.12 (Con 3% de PET), 16.96 (Con 6% de PET), 18.57 (Con 10% de PET), también cumplen con lo establecido en la norma INTINTEC 331.017 donde el máximo % de absorción es 22%, clasificándolo de esta manera como para ladrillos de arcilla de tipo V.

5.5. Respecto a los antecedentes

La presente investigación demuestra que lo dicho por (Limay y Vásquez, 2019) en su tesis denominada “RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE ARCILLA CON ADICIÓN DE ICHU (*Stipa ichu*).” trata del Ichu que es un material que altera las propiedades de la arcilla en la unidad de albañilería obteniéndose la resistencia a compresión de muestra patrón = 21.55 kg/cm², con la incorporación del 5% de Ichu = 33.13 Kg/cm², con 10% de Ichu = 33.60 Kg/cm², con 15% de Ichu = 51.73 Kg/cm² y con 20% de Ichu = 35.89 Kg/cm² dando por validez la hipótesis planteada.

Además, también resaltamos lo investigado por (Ruíz Fernández, 2015) en su tesis denominada “INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE VIDRIO TRITURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE UN LADRILLO DE ARCILLA ARTESANAL DE CAJAMARCA, 2015.” De la comparación realizada de la resistencia a compresión de un ladrillo de arcilla artesanal, adicionando vidrio triturado, se logró determinar que entre los (05) porcentajes utilizados, la máxima resistencia se logró adicionando 10% de vidrio triturado con una resistencia de 97.74 Kg/cm².

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Las unidades de albañilería al 0% de PET tiene una resistencia promedio de $f'c$ 43.67 Kg/cm², mientras que las unidades con tratamiento de PET al 3%, 6% y 10% tienen una resistencia promedio de $f'c = 18.00$ Kg/cm², $f'c = 11.04$ Kg/cm² y $f'c = 9.68$ Kg/cm² respectivamente.
- El porcentaje de absorción en las unidades de albañilería sin tratamiento es de 12.45%, mientras que las unidades con adición de plástico PET al 3%, 6% y 10%, dieron como resultados porcentajes del 13.12%, 16.96% y 18.57 % respectivamente.
- Con la adición de plástico PET en la fabricación de ladrillo artesanal no se logra incrementar la resistencia a compresión axial, para ser utilizado con fines estructurales según la normativa E.070.
- Los porcentajes de absorción para los diferentes tratamientos de los ladrillos artesanales si cumple con lo requerido por la norma.
- Con los resultados de los ensayos realizados a las unidades de albañilería con PET, parcialmente cumple con los requerimientos mínimos para su clasificación (absorción, variación dimensional y alabeo), sin embargo, no se podría clasificar en ningún tipo de ladrillo por no cumplir con las resistencias requeridas de la Tabla 1. Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales.
- Los resultados de los ensayos de Análisis granulométrico y límites de Atterberg para clasificación de los suelos (SUCS) dieron como resultado un suelo arena arcillosa SC.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar ladrillos con 3% de PET con normalidad en la construcción con fines no estructurales, ya que el reglamento permite que un porcentaje de muros sea no estructural.
- Se recomienda que las ladrilleras artesanales deben contar con el control de calidad en la elaboración de sus unidades de albañilería para asegurar las resistencias requeridas en la Norma E.070.
- Realizar investigaciones en donde ya no se incorpore el PET para fines estructurales si no que se lo remplace por otros materiales (papel, caucho, aserrín, bagazo de caña entre otros) para poder identificar las variaciones en las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- (Juárez, e. a. (s.f.).
- Ambiente, O. M. (2018). *Plásticos de un solo uso*.
- Barranzuela, J. (2014). *PROCESO PRODUCTIVO DE LOS LADRILLOS DE ARCILLA PRODUCIDOS EN LA REGIÓN PIURA*. Universidad de Piura, Piura, Perú. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf
- Bianucci, M. (2009). *EL LADRILLO – Orígenes y Desarrollo*. FAU-UNNE. Obtenido de <https://arquitectologicofau.files.wordpress.com/2012/02/el-ladrillo-2009.pdf>
- Carballo Gutiérrez, E. T. (2009). *Futuro en los plásticos*. Ciencias, 62-69.
- Echeverría garro, E. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico (PET) reciclado*.
- Gaggino, R. (2008). *Componentes Constructivos Elaborados con una Mezcla Cementicia y Agregados de Plásticos Reciclados*.
- Gaggino, R. (Agosto de 2008). *Ladrillos y placas prefabricadas con plasticos reciclados aptos para la construcción*. Revista INVI, Vol. 23, 137-163.
- García Romero, E., & Suárez Barrios, M. (s.f.). *LAS ARCILLAS: PROPIEDADES Y USOS*. Universidad de Madrid; Universidad de Salamanca. Obtenido de <http://campus.usal.es/~delcien/doc/GA.PDF>
- GCBA. (7 de Noviembre de 2014). *CGBA*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=1G0naILW5eI>
- Gil Carbonell, E. N. (2018). *Influencia de la adición de fibras de pet reciclado sobre la resistencia, cohesión y ángulo de fricción interna de suelos arcillosos aplicado a la estabilidad de taludes*.
- Giordani, C. (2015). *Construcción Sustentable*. El Rosario.
- Giuliano, G. (2011). *Ingeniería y Desarrollo sustentable*. Argentina.
- González Lozano M.A, P. P. (Julio-Diciembre de 2012). *Uso de Vidrio de desecho en la fabricacion de ladrillos de arcilla*. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Vol. 1(Num. 2), 14.
- Isan. (15 de Diciembre de 2015). *Ecología Verde*. Obtenido de Site: <https://www.ecologiaverde.com/ladrillos-ecologicos-tipos-ventajas/>
- Javier, A. A. (2016). *LADRILLOS ELABORADOS CON PLÁSTICO RECICLADO (PET), PARA MAMPOSTERÍA NO PORTANTE*. Cuenca.
- José Luis Maure, M. C. (2018). *Fabricacion de ladrillos a base de polimeros PET y virutas metalicas*. Panama.
- José M Arandes, J. B. (2004). *Reciclado de residuos plásticos*.
- Laura Mansilla Pérez, M. R. (2009). *Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster*.
- Limay Campos E.O, V. C. (2019). *RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE ARCILLA CON ADICION DE ICHU (Stipa Ichu)*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Loakeimidis et al. (2016). *The degradation potential of PET bottles in the marine environment: An ATR-FTIR based approach*. Scientific Reports, 8. doi:<http://dx.doi.org/10.1038/srep23501>.
- M. Sulyman, J. H. (02 de Febrero de 2016). *Utilization of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) in Engineering Materials: A Review*. International Journal of Environmental Science and Development, 7(2), 100-108.
- Marquez, E. (7 de Octubre de 2015). *Bidisol*. Obtenido de <http://www.bidisol.com/construccion-sostenible/ladrillos-ecologicos-como-se-hacen/>

- Ministerio de Vivienda , Construcción y Saneamiento. (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima-Perú: Grupo Editorial Megabyte.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2014). *PERÚ*. Lima.
- Montgomery, D. C. (2004). *DISEÑO Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS* (Segunda edición ed.). (L. S.A, Ed.) Arizona, Mexico.
- Ms. K.Ramadevi, M. R. (2012). *Experimental Investigation on the Properties of Concrete With Plastic PET (Bottle) Fibres as Fine Aggregates*. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol. 2(6).
- Reyna Pari, C. (2016). *Reutilización de Plástico PET, Papel y Bagazo de Caña de Azúcar*.
- Ruíz Fernández D.M. (2015). *INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE VIDRIO TRITURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE UN LADRILLO DE ARCILLA ARTESANAL DE CAJAMARCA*, 2015. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Peru.
- Zavala Arteaga, G. (2015). *Diseño y desarrollo Experimental de Materiales de construcción utilizando plastico reciclado*.
- Zea Osorio, N. (2005). *Caracterizacion de las arcillas para la fabricacion de ladrillos artesanales*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2549_C.pdf

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida y su bendición para seguir adelante cada día, artífice de nuestras vidas

A vuestros padres por su apoyo incondicional para terminar carrera que será para mi futuro quienes con mucho amor y sacrificio hicieron de mí una persona profesional.

De manera muy especial agradecemos a nuestro asesor, Ing. Paco Arturo Cachay Díaz, por su aporte didáctico, enseñanzas, criterios y su tiempo valioso en el desarrollo de la elaboración de este proyecto de investigación.

Mi gratitud y respeto.

Agradecemos a todos los docentes de la Universidad Nacional de Jaén, por su aporte académico por inculcar nuevos conocimientos útiles para nuestra formación como futuros ingenieros.

Así mismo a todos los compañeros de la carrera de Ingeniería Civil, por su apoyo en los diferentes cursos y el compañerismo impartido durante el desarrollo de la carrera.

DEDICATORIA

A Dios por ser portador de Luz y guía para poder realizar y cumplir este anhelado sueño, mi proyecto de investigación.

A mis padres por el apoyo incondicional para alcanzar esta anhelada meta de mi vida.

ALDO YANINI

A Dios por darme la sabiduría para seguir adelante.

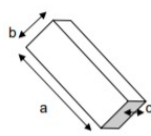
A mis padres por el sacrificio y esfuerzo brindado para poder lograr mis objetivos.

LUIS ALBERTO

ANEXO N° 1:

Fichas Técnicas

Tabla 50. Ficha Técnica de ladrillera artesanal “Sergio”.

FICHA TECNICA											
NOMBRE DE LA LADRILLERA											
LADRILLERA “SERGIO”											
TIPO DE LADRILLERA		X	Artesanal		Industrial						
TIPO DE FABRICACION		X	Manual		Mecánico						
DIMENSIONES	 <table border="1" data-bbox="813 761 1252 840"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23.00 cm</td> <td>13.00 cm</td> <td>7.50 cm</td> </tr> </tbody> </table>					a	b	c	23.00 cm	13.00 cm	7.50 cm
a	b	c									
23.00 cm	13.00 cm	7.50 cm									
PROPIETARIO	SERGIO BECERRA ALVARADO										
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO			CAJAMARCA							
	PROVINCIA			JAEN							
	DISTRITO			JAEN							
	SECTOR			FILA ALTA							
CONDICIONES DEL PROCESO DE FABRICACION											
CAPACIDAD DEL HORNO	2000 LADRILLOS										
TIPO DE COMBUSTIBLE	PAJILLA										
CANTIDAD DE COMBUSTIBLE	500 SACOS										
TIEMPO DE QUEMADO	7 DIAS										
TEMPERATURA DE QUEMADO	700°C - 800°C										
PROCESO DE FABRICACION											
1)	Extracción de la materia prima										
2)	Zarandeo de materia Prima (Arcilla)										
3)	Mezclado y amasado manual										
4)	Moldeado										
5)	Secado										
6)	Apilado										
7)	Cocción o quemado										

Fuente: Elaboración Propia, 2019

FICHA TECNICA DEL PET VIRGEN

Tabla 51. Ficha Técnica de PET virgen.

PROPIEDADES	UNIDAD	VALOR TIPICO
Viscosidad Intrínseca	<i>dl/g</i>	0.783
Densidad	<i>g/cm³</i>	1.33 – 1.34
Color	-	Cristal
Forma Física	<i>N/A</i>	Hojuela (Flakes)
Tamaño	<i>cm</i>	1.25
Origen	<i>N/A</i>	Botellas
Temperatura de transición vítrea	<i>°C</i>	69 -115
Resistencia a la tracción	<i>Kgf/cm²</i>	55.88
Módulo de elasticidad	<i>Kgf/cm²</i>	599.96
Resistencia de impacto		No rompe
Valor límite de viscosidad medido en ácido dicloroacetico a 25°C		1.07
Punto de fusión °C		Aprox. 252/260
Acetaldehído		ppm<1
Contenido en grupos carboxílicos		Mval/kg 20
Densidad Aparente <i>g/cm³</i> Aprox.		0.85

Fuente: Juárez M., et al, 2011

ANEXO N° 2: Resultados de Laboratorio

**ANEXO N° 2.1:
Resultados de las
propiedades del
material in situ**

ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS

**PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA
FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN – INGENIERIA CIVIL
DISTRITO JAEN , PROVINCIA JAEN, REGION CAJAMARCA**

SOLICITADO POR:

- ❖ **BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO**
- ❖ **BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES**

ELABORADO POR:



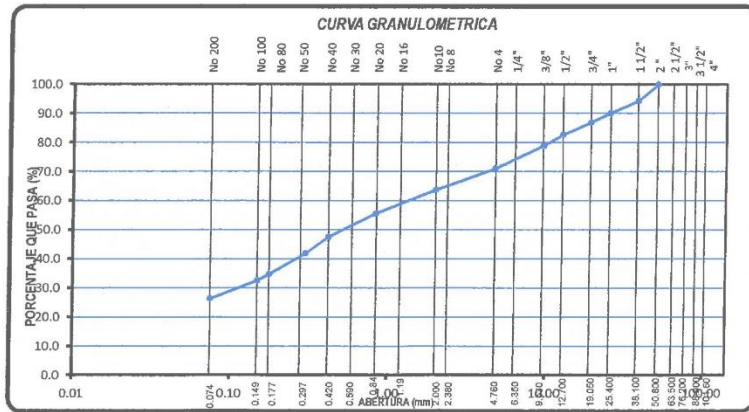
JAEN, AGOSTO DEL 2019

ENSAYO DE CONTROL DE HUMEDAD (ASTM D-2216)					
SOLICITA :	BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO				
:	BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES				
PROYECTO :	INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN				
UBICACIÓN :	DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA				
FECHA :	25 DE AGOSTO DEL 2019				
CONTROL DE HUMEDAD					
CALICATA N°	C1	C1	C1		
MUESTRA N°	M - 01	M - 02	M-03		
RECIPIENTE N°	14	7	2		
1 Peso de la Lata + Suelo Húmedo	100.65	100.92	612.90		
2 Peso de la Lata + Suelo Seco	93.62	94.51	564.3		
3 Peso de la Lata	19.16	18.64	64.70		
4 Peso de agua (1-2)	7.03	6.41	48.60		
5 Peso del suelo seco (2 - 3)	74.46	75.87	499.60		
6 Humedad (4 / 5 *100)	9.44	8.45	9.73		
Observaciones: Muestras proporcionadas por el solicitante, humedades que califican como moderadas.					

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
Juanito H. Sobérón Herrera
JUANITO H. SOBÉRÓN HERRERA
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
Luis G. Meléndez Tuesta
Luis G. Meléndez Tuesta
ING RESPONSABLE - CIP 38471

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM D-422)							
SOLICITA :	BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES			TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H. ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.			
PROYECTO :	INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS A			FECHA MUESTREO: 25/08/2019			
UBICACIÓN :	DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA			FECHA EJECUCIÓN: 26/08/2019			
MATERIAL :	CIMENTACIÓN						
MUESTRA :	M 01						
DATOS DE LA MUESTRA							
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido	Porcentaje de Retenido		% que Pasa	Espec. Técnica Terreno Natural	Descripción de la Muestra
ASTM			Parcial	Acumulado			
4"	101.600						
3 1/2"	88.900						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						CARACTERÍSTICAS
2"	50.800				100.0		% Grava = 29.0 %
1 1/2"	38.100	245.0	5.7	5.7	94.3		% Arena = 44.7 %
1"	25.400	184.0	4.2	9.9	90.1		% Fino N°200 = 26.3 %
3/4"	19.050	142.0	3.3	13.2	86.8		CLASIFICACION
1/2"	12.700	180.0	4.2	17.4	82.6		Límite Líquido : 25.75
3/8"	9.525	166.0	3.8	21.2	78.8		Límite Plástico : 18.53
1/4"	6.350	218.0	5.0	26.2			Índice de Plasticidad : 7.21
No. 4	4.760	123.0	2.8	29.0	71.0		CLASIFICACION AASHTO : A-2-4 (0)
No. 8	2.360	249.93	5.8	34.8			CLASIFICACION SUCS : SC
No. 10	2.000	65.07	1.5	36.3	63.7		
No. 16	1.190	189.15	4.6	40.9			<i>Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla</i>
No. 20	0.834	151.81	3.5	44.4	55.6		
No. 30	0.600	157.90	3.6	48.0			
No. 40	0.420	192.01	4.4	52.4	47.6		
No. 50	0.300	252.21	5.8	58.2	41.8		PESO DEL MATERIAL
No. 60	0.250						
No. 80	0.177	302.20	7.0	65.2	34.8		Peso Inicial (gr) : 4336.0
No. 100	0.149	94.49	2.2	67.4	32.6		Peso Fracción Fino (gr) : 3078.00
No. 200	0.075	273.39	6.3	73.7	26.3		
-200		1139.84	26.3	100.0			



OBSERVACIONES: Suelos arena arcillosos tipo SC, de Regular a Buena Calidad como terreno de fundación.

MAGMA SAC - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA SAC LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Luis G. Meléndez Tuesta
ING. RESPONSABLE - CIP 38121

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
(MTC E-110, 111 / NTP 339.129 / ASTM D-4318)					
SOLICITA	: BACH. ALDO YANINI DÍAZ ROMERO				
	: BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES				
PROYECTO	: INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN			TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.	
UBICACIÓN	: DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA			ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.	
MATERIAL	: CIMENTACIÓN			FECHA MUESTREO: 26/08/2019	
MUESTRA	: M 01			FECHA EJECUCIÓN: 26/08/2019	
DATOS DE LA MUESTRA					
DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
Nº CAPSULA	ID	6	7	18	-
TARA + SUELO HUMEDO	(g)	45.69	44.67	44.85	-
TARA + SUELO SECO	(g)	37.46	36.86	37.12	-
PESO DE AGUA	(g)	8.23	7.81	7.73	-
TARA	(g)	6.59	6.78	6.62	-
PESO DEL SUELO SECO	(g)	30.87	30.08	30.50	-
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.66	25.96	25.34	-
NUMERO DE GOLPES		16	24	28	-
DETERMINACIÓN DE LIMITE PLASTICO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
Nº TARRO	ID	1	16	9	PROMEDIO
TARA + SUELO HUMEDO	(g.)	19.52	21.30	21.88	-
TARA + SUELO SECO	(g.)	17.49	18.95	19.43	-
TARA	(g.)	6.43	6.22	6.39	-
PESO DEL AGUA	(g.)	2.03	2.35	2.45	-
PESO DEL SUELO SECO	(g.)	11.06	12.73	13.04	-
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	18.35	18.46	18.79	18.53
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA					
LIMITE LIQUIDO (%)	25.75				
LIMITE PLASTICO (%)	18.53				
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	7.21				
OBSERVACIONES:					

MAGMA SAC - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
[Firma]
INGENIERO RESPONSABLE
Luis C. Meléndez Tuesta

MAGMA SAC - LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
[Firma]
Luis C. Meléndez Tuesta
ING. RESPONSABLE CIP 38121

**ANEXO N° 2.2:
Resultados de las
propiedades físicas y
mecánicas de las
unidades de
albañilería**

ENSAYOS DE LADRILLO

**PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA
FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN – INGENIERIA CIVIL
DISTRITO JAEN , PROVINCIA JAEN, REGION CAJAMARCA**

SOLICITADO POR:

- ❖ **BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO**
- ❖ **BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES**

ELABORADO POR:



JAEN, OCTUBRE DEL 2019

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLO ESTÁNDAR
Norma - NTP 399.613.2005

SOLICITA : BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO
BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES
PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN
UBICACIÓN : DIST. JAÉN, PROV. JAÉN, REG. CAJAMARCA
FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2019
PROCEDENCIA : LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA

Nº DE ORDEN Y MARCA DEL LADRILLO	PESO gr	FECHA DE FABRICACIÓN	FECHA DEL ENSAYO	LECTURA DIAL MN	CARGA DE ROTURA EN Kg/f	RESIST. A LA COMPRESIÓN kg/cm2
01 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-01	2450 Kg	12/09/2019	01/10/2019	133.0	13562	48
02 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-02	2430 Kg	12/09/2019	01/10/2019	181.2	18477	67
03 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-03	2465 Kg	12/09/2019	01/10/2019	225.6	23005	82
04 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-04	2428 Kg	12/09/2019	01/10/2019	175.6	17906	65
05 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-05	2389 Kg	12/09/2019	01/10/2019	110.80	11298	40
Promedio						60

CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN DE ENSAYO						
MUESTRA	M1	M2	M3	M4	M5	
Largo :	22.3 cm	22.2 cm	22.4 cm	22.3 cm	22.4 cm	
Ancho :	12.6 cm	12.5 cm	12.5 cm	12.4 cm	12.7 cm	
Alto :	6.7 cm	6.8 cm	6.7 cm	6.7 cm	6.8 cm	
Área bruta promedio:	281.0 cm	277.5 cm	280.0 cm	276.5 cm	284.5 cm	

NOTAS:

El ensayo se realizó en presencia del solicitante
El Laboratorio no ha intervenido en la toma de muestras de ladrillos de arcilla, ni en la preparación de los mismos, sólo se ha limitado a ensayarlos a la compresión, por tanto, sólo responde por los resultados obtenidos en dichos ladrillos.
Los datos del solicitante fueron declarados como aparecen arriba por quien entregó los especímenes, siendo por ende responsabilidad de este último la veracidad de ellos.
Este informe consta de una página en total prohibida su reproducción parcial sin autorización del laboratorio.

MAGMA SAC - LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
JUAN TOH SOBESÓN HERRERA
TECNICO CALIFICADO

MAGMA SAC LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
JUAN G. MALDONADO
ING. RESPONSABLE CP 30121

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLO ESTÁNDAR
Norma - NTP 399.613.2005

SOLICITA : BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO
BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES
PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN
UBICACIÓN : DIST. JAÉN, PROV. JAÉN, REG. CALAMARCA
FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2019
PROCEDENCIA : LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA

Nº DE ORDEN Y MARCA DEL LADRILLO	PIESO gr	FECHA DE FABRICACIÓN	FECHA DEL ENSAYO	LECTURA DIAL IN	CARGA DE ROTURA EN kg/f	RESIST. A LA COMPRESION kg/cm2
01 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-01	2392 Kg	12/09/2019	01/10/2019	69.60	7097	25
02 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-02	2410 Kg	12/09/2019	01/10/2019	70.60	7199	25
03 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-03	2440 Kg	12/09/2019	01/10/2019	51.30	5231	19
04 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-04	2420 Kg	12/09/2019	01/10/2019	60.00	6118	22
05 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-05	2405 Kg	12/09/2019	01/10/2019	47.80	4874	17
Promedio						22

CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN DE ENSAYO						
MUESTRA	M1	M2	M3	M4	M5	
Largo	22.3 cm	22.3 cm	22.3 cm	22.4 cm	22.3 cm	
Ancho	12.6 cm	12.8 cm	12.6 cm	12.5 cm	12.6 cm	
Alto	6.7 cm	6.8 cm	6.8 cm	6.8 cm	6.7 cm	
Area bruta promedio:	281.0 cm	285.4 cm	281.0 cm	280.0 cm	281.0 cm	

NOTAS:

El ensayo se realizó en presencia del solicitante

El laboratorio no ha intervenido en la toma de muestras de Ladrillos de arcilla, ni en la preparación de los mismos, sólo se ha limitado a ensayarlos a la compresión, por tanto, sólo responde por los resultados obtenidos en dichos ladrillos.

Los datos del solicitante fueron declarados como aparecen arriba por quien entregó los especímenes, siendo por ende responsabilidad de este último la veracidad de ellos.

Este informe consta de una página en total prohibida su reproducción parcial sin autorización del laboratorio.

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
JUANITO H. SOBACÓN HERRERA
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
Luis G. Meléndez Tuesta
ING. RESPONSABLE CP 3018

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLO ESTÁNDAR
Norma - NTP 399.613.2005

SOLICITA :

BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO

BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES

PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN

UBICACIÓN : DIST. JAÉN, PROV. JAÉN, REG. CAJAMARCA

FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2019

PROCEDENCIA : LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA

Nº DE ORDEN Y MARCA DEL LADRILLO	PESO B ¹	FECHA DE FABRICACIÓN	FECHA DEL ENSAYO	LECTURA DIAL IN	CARGA DE ROTURA EN Kg/f	RESIST. A LA COMPRESION Kg/cm ²
01 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-01	2440 Kg	12/09/2019	01/10/2019	37.4	3814	13
02 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-02	2435 Kg	12/09/2019	01/10/2019	43.1	4395	11
03 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-03	2452 Kg	12/09/2019	01/10/2019	49.4	5037	18
04 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-04	2425 Kg	12/09/2019	01/10/2019	31.8	3243	11
05 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-05	2432 Kg	12/09/2019	01/10/2019	46.60	4752	16
Promedio						14

CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN DE ENSAYO						
MUESTRA	M1	M2	M3	M4	M5	
Largo :	22.4 cm	22.3 cm	22.4 cm	22.4 cm	22.6 cm	
Ancho :	12.7 cm	17.7 cm	12.7 cm	12.7 cm	12.8 cm	
Alto :	7.0 cm	6.8 cm	6.9 cm	6.8 cm	6.8 cm	
Area bruta promedio:	284.5 cm ²	394.7 cm ²	284.5 cm ²	284.5 cm ²	289.3 cm ²	

NOTAS:

El ensayo se realizó en presencia del solicitante

El Laboratorio no ha intervenido en la toma de muestras de Ladrillos de arcilla, ni en la preparación de los mismos, sólo se ha limitado a ensayarlos a la compresión, por tanto, sólo responde por los resultados obtenidos en dichos ladrillos.

Los datos del solicitante fueron declarados como aparecen arriba por quien entregó los especímenes, siendo por ende responsabilidad de este último la veracidad de ellos.

Este informe consta de una página en total prohibida su reproducción parcial sin autorización del laboratorio.

MAGMASAC LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
(Firma)
JUANITO H/SOBERÓN HERRERA
TECNICO LABORATORIO

(Firma)
MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
ING. G. Meléndez HERRERA
ING. RESPONSABLE DEL SERVICIO

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLO ESTÁNDAR

Norma - NTP 399.613.2005

SOLICITA

: BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO
BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES

PROYECTO

: INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN

UBICACIÓN

: DIST. JAÉN, PROV. JAÉN, REG. CAJAMARCA

FECHA

: 01 DE OCTUBRE DEL 2019

PROCEDENCIA

: LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA

Nº DE ORDEN Y MARCA DEL LADRILLO	PESO gr	FECHA DE FABRICACIÓN	FECHA DEL ENSAYO	LECTURA DIAL IN	CARGA DE ROTURA EN Kg/f	RESIST. A LA COMPRESION Kg/cm2
01 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-01	2445 Kg	12/09/2019	01/10/2019	31.0	3161	11
02 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-02	2428 Kg	12/09/2019	01/10/2019	32.4	3304	12
03 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-03	2460 Kg	12/09/2019	01/10/2019	26.8	2733	10
04 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-04	2455 Kg	12/09/2019	01/10/2019	30.5	3110	11
05 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-05	2398 Kg	12/09/2019	01/10/2019	27.50	2804	10
Promedio						
CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN DE ENSAYO						
MUESTRA	M1	M2	M3	M4	M5	
Largo	22.2 cm	22.7 cm	22.5 cm	22.2 cm	22.5 cm	
Ancho	12.6 cm	12.5 cm	12.6 cm	12.7 cm	13 cm	
Alto	6.8 cm	6.9 cm	6.8 cm	6.9 cm	6.8 cm	
Area bruta promedio:	279.7 cm	283.8 cm	283.5 cm	281.9 cm	292.3 cm	

NOTAS:

El ensayo se realizó en presencia del solicitante

El laboratorio no ha intervenido en la toma de muestras de Ladrillos de arcilla, ni en la preparación de los mismos, sólo se ha limitado a ensayarlos a la compresión, por tanto, sólo responde por los resultados obtenidos en dichos ladrillos.

Los datos del solicitante fueron declarados como aparecen arriba por quien entregó los especímenes, siendo por ende responsabilidad de este último la veracidad de ellos.

Este informe consta de una página en total prohibida su reproducción parcial sin autorización del laboratorio.

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
MPTT 1815
JUANITH SOBERÓN HERRERA
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
MPTT 1815
JUANITH SOBERÓN HERRERA
TECNICO RESPONSABLE CTA 18151

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LADRILLO NORMA UNE 67027					
SOLICITA : BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES					
PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN					
UBICACIÓN : DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA					
MUESTRA : MUESTRA DE LADRILLO AL 0% PET					
PROCEDENCIA : LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA					
FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2019					
DATOS					
Descripcion	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04	M - 05
Gs= Peso en el aire de las muestra seca (gr)	3162	3248	3128	3257	3113
Ge= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	3579	3685	3527	3691	3612
CÁLCULOS					
Absorción % $A = \frac{Ge - Gs}{Gs} \cdot 100$ $(Ge-Gs)/Gs \cdot 100$	13.19	13.45	12.76	13.33	16.03
Promedio de Absorción %	13.75				
Observación: El máximo valor aceptable es de 14%					

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
[Firma]
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
[Firma]
Luis G. Meléndez Tuesta
ING RESPONSABLE CIP 38121

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LADRILLO NORMA UNE 67027					
SOLICITA : BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES					
PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN					
UBICACIÓN : DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA					
MUESTRA : MUESTRA DE LADRILLO AL 3% PET					
PROCEDENCIA : LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA					
FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2019					
DATOS					
Descripción	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04	M - 05
G _s = Peso en el aire de las muestra seca (gr)	3152	3064	3139	3189	3113
G _e = Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	3565	3477	3550	3617	3532
CÁLCULOS					
Absorción % $A = \frac{G_e - G_s}{G_s} \cdot 100$ (G _e -G _s)/G _s *100	13.10	13.48	13.09	13.42	13.46
Promedio de Absorción %	13.31				
Observación: El máximo valor aceptable es de 14%					

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
Juanito H. Sobrón
JUANITO H. SOBRÓN HERRERA
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
Luis G. Meléndez Tuesta
Luis G. Meléndez Tuesta
ING. RESPONSABLE - CIP 58121

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LADRILLO NORMA UNE 67027					
SOLICITA : BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES					
PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN					
UBICACIÓN : DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA					
MUESTRA : MUESTRA DE LADRILLO AL 6% PET					
PROCEDENCIA : LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA					
FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2019					
DATOS					
Descripción	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04	M - 05
G _s = Peso en el aire de la muestra seca (gr)	3082	2939	3079	3031	3072
G _e = Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	3613	3500	3604	3597	3606
CÁLCULOS					
Absorción % $A = \frac{G_e - G_s}{G_s} \cdot 100$ (G _e -G _s)/G _s *100	17.23	19.09	17.05	18.67	17.38
Promedio de Absorción %	17.88				
Observación: El máximo valor aceptable es de 14%					

MAGMA S.A.C. - LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
Juanito H. Sobeyon Herrera
JUANITO H. SOBEYON HERRERA
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
Luis G. Meléndez Tuesta
Luis G. Meléndez Tuesta
ING RESPONSABLE / CR 38121

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LADRILLO NORMA UNE 67027					
SOLICITA	: BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES				
PROYECTO	: INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN				
UBICACIÓN	: DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA				
MUESTRA	: MUESTRA DE LADRILLO AL 10% PET				
PROCEDENCIA	: LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA				
FECHA	: 01 DE OCTUBRE DEL 2019				
DATOS					
Descripción	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04	M - 05
G _s = Peso en el aire de la muestra seca (gr)	3067	2946	2988	2954	2969
G _e = Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	3631	3517	3550	3525	3533
CÁLCULOS					
Absorción % $A = \frac{G_e - G_s}{G_s} \cdot 100$ (G _e -G _s)/G _s *100	18.39	19.38	18.81	19.33	19.00
Promedio de Absorción %	18.98				
Observación: El máximo valor aceptable es de 14%					

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBERÓN HERRERA
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Meléndez Tuesta
ING. RESPONSABLE - CIP 54121

ENSAYOS DE VARIACION DIMENSIONAL DE LADRILLOS
NORMA - UNE 67030

SOLICITA : BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO
BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES

PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN

UBICACIÓN : DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA

FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2019

PROCEDENCIA : LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA

Nº DE ORDEN Y MARCA DEL LADRILLO	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
MUESTRA PATRÓN			
01 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-01	22.50	12.5	6.80
02 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-02	22.40	12.56	7.00
03 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-03	22.50	12.7	7.00
04 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-04	22.50	12.6	7.10
05 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-05	22.40	12.6	6.90
06 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-06	22.50	12.6	7.00
07 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-07	22.55	12.65	6.90
08 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-08	22.40	12.6	7.00
09 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-09	22.50	12.5	6.85
10 Ladrillo Artesanal 0% - PET M-10	22.45	12.65	7.00
CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN DE ENSAYO			
Area bruta Promedio :	22.47	12.60	6.96
OBSERVACION:			

NOTAS:

El ensayo se realizó en presencia del solicitante

El Laboratorio no ha intervenido en la toma de muestras de Ladrillos de arcilla, ni en la preparación de los mismos sólo se ha limitado a ensayarlos a la Variación Dimensional, por tanto, sólo responde por los resultados obtenidos en dichos ladrillos.

Los datos del solicitante fueron declarados como aparecen arriba por quien entregó los especímenes, siendo por su responsabilidad de este último la veracidad de ellos.

Este informe consta de una página en total prohibida su reproducción parcial sin autorización del laboratorio.

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
01/10/19
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
Luis G. Meléndez Tuesta
ING. RESPONSABLE - CIP 39121

**ENSAYOS DE VARIACION DIMENSIONAL DE LADRILLOS
NORMA - UNE 67030**

SOLICITA : BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO
BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES
PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN
UBICACIÓN : DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA
FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2019
PROCEDENCIA : LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA

Nº DE ORDEN Y MARCA DEL LADRILLO	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
01 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-01	22.40	12.6	6.90
02 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-02	22.50	12.6	7.00
03 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-03	22.60	12.7	6.90
04 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-04	22.50	12.7	7.00
05 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-05	22.40	12.7	6.80
06 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-06	22.50	12.65	6.90
07 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-07	22.45	12.7	7.00
08 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-08	22.60	12.6	6.90
09 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-09	22.50	12.65	6.85
10 Ladrillo Artesanal 3% - PET M-10	22.60	12.7	7.00
CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN DE ENSAYO			
Area bruta Promedio :	22.51	12.66	6.93
OBSERVACION:			


NOTAS:

El ensayo se realizó en presencia del solicitante

El Laboratorio no ha intervenido en la toma de muestras de Ladrillos de arcilla, ni en la preparación de los mismos, sólo se ha limitado a ensayarlos a la Variación Dimensional, por tanto, sólo responde por los resultados obtenidos en dichos ladrillos.

Los datos del solicitante fueron declarados como aparecen arriba por quien entregó los especímenes, siendo por ende responsabilidad de este último la veracidad de ellos.

Este informe consta de una página en total prohibida su reproducción parcial sin autorización del laboratorio.

MAGMA SAC - LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS

JUAN PABLO SOBÉRÓN HERRERA
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA SAC - LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS

LUIS G. Méndez Tuesta
ING. RESPONSABLE - CIP 58121

ENSAYOS DE VARIACION DIMENSIONAL DE LADRILLOS
NORMA - UNE 67030

SOLICITA : BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO
BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES

PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN

UBICACIÓN : DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA

FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2019

PROCEDENCIA : LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA

Nº DE ORDEN Y MARCA DEL LADRILLO	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
01 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-01	22.70	12.8	7.00
02 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-02	22.60	12.7	7.00
03 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-03	22.50	12.8	7.10
04 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-04	22.70	12.7	7.00
05 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-05	22.60	12.9	7.00
06 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-06	22.60	12.85	7.10
07 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-07	22.55	12.8	7.05
08 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-08	22.70	12.9	7.00
09 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-09	22.60	12.8	7.10
10 Ladrillo Artesanal 6% - PET M-10	22.55	12.7	7.05
CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN DE ENSAYO			
Area bruta Promedio :	22.61	12.80	7.04
OBSERVACION:			

NOTAS:

El ensayo se realizó en presencia del solicitante

El Laboratorio no ha intervenido en la toma de muestras de Ladrillos de arcilla, ni en la preparación de los mismos, sólo se ha limitado a ensayarlos a la Variación Dimensional, por tanto, sólo responde por los resultados obtenidos en dichos ladrillos.

Los datos del solicitante fueron declarados como aparecen arriba por quien entregó los especímenes, siendo por ende responsabilidad de este último la veracidad de ellos.

Este informe consta de una página en total prohibida su reproducción parcial sin autorización del laboratorio.

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBERÓN HERRERA
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS

LUIS G. MELÉNDEZ TUESTA
ING RESPONSABLE CIP 58121

ENSAYOS DE VARIACION DIMENSIONAL DE LADRILLOS
NORMA - UNE 67030

SOLICITA : BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO
BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES
PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN
UBICACIÓN : DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA
FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2019
PROCEDENCIA : LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA

Nº DE ORDEN Y MARCA DEL LADRILLO	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
01 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-01	22.60	12.6	7.10
02 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-02	22.50	12.5	7.00
03 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-03	22.70	12.6	7.10
04 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-04	22.50	12.5	7.10
05 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-05	22.70	12.7	7.15
06 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-06	22.50	12.7	7.20
07 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-07	22.55	12.5	7.00
08 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-08	22.60	12.6	7.10
09 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-09	22.50	12.7	7.15
10 Ladrillo Artesanal 10% - PET M-10	22.70	12.6	7.00
CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN DE ENSAYO			
Area bruta Promedio :	22.59	12.60	7.09
OBSERVACION:			

NOTAS:

El ensayo se realizó en presencia del solicitante

El Laboratorio no ha intervenido en la toma de muestras de Ladrillos de arcilla, ni en la preparación de los mismos, sólo se ha limitado a ensayarlos a la Variación Dimensional, por tanto, sólo responde por los resultados obtenidos en dichos ladrillos.

Los datos del solicitante fueron declarados como aparecen arriba por quien entregó los especímenes, siendo por ende responsabilidad de este último la veracidad de ellos.

Este informe consta de una página en total prohibida su reproducción parcial sin autorización del laboratorio.

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
[Firma]
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS
[Firma]
LUIS G. Mejéndez Tuesta
ING RESPONSABLE - CIP 36121

ENSAYOS DE ALABEO EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA
Norma - NTP 399.613.2005

SOLICITA : BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO
: BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES
PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE
LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN
UBICACIÓN : DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA
FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2019
PROCEDENCIA : LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA

CARACTERISTICAS GENERALES


DIMENSIONES LARGO EN cm	22.47
DIMENSIONES ANCHO EN cm	12.6
DIMENSIONES ALTO EN cm	6.96
PESO PROMEDIO POR UNIDAD	2432.40 Kg aprox

CARACTERISTICAS FISICAS

Muestra Patrón	Especimen	CARA A		CARA B	
		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
		(mm)		(mm)	
	P.1	2	4	3	3
	P.2	2	2	4	3
	P.3	3	4	3	2
	P.4	4	3	4	2
	P.5	3	3	4	3
	P.6	4	4	3	5
	P.7	3	4	4	3
	P.8	4	5	3	3
	P.9	2	4	3	4
	P.10	4	3	4	5
Promedio					
Promedio Cóncavo Cara A+B		3.30			
Promedio Convexo Cara A+B		3.45			

NOTAS:

El ensayo se realizó en presencia de los solicitantes
El Laboratorio no ha intervenido en la toma de muestras de Ladrillos de arcilla,
ni en la preparación de los mismos, sólo se ha limitado a ensayarlos para el
alabeo, por tanto, sólo responde por los resultados obtenidos en dichos ladrillos.
Los datos del solicitante fueron declarados como aparecen arriba por quien entregó los
especímenes, siendo por ende responsabilidad de este último la veracidad de ellos.
Este informe consta de una página en total prohibida su reproducción parcial sin
autorización del laboratorio.

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS

JUAN PABLO SOBERÓN HERRERA
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Meléndez Tuesta
ING RESPONSABLE CIP 8121

ENSAYOS DE ALABEO EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA
Norma - NTP 399.613.2005

SOLICITA : BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO
: BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES
PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE
LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN
UBICACIÓN : DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA
FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2019
PROCEDENCIA : LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA

CARACTERÍSTICAS GENERALES


DIMENSIONES LARGO EN cm	22.51
DIMENSIONES ANCHO EN cm	12.66
DIMENSIONES ALTO EN cm	6.93
PESO PROMEDIO POR UNIDAD	2413.40 Kg aprox

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Especimen	CARA A		CARA B	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
	(mm)		(mm)	
P.1	2	4	2	4
P.2	3	3	2	3
P.3	4	5	3	3
P.4	5	4	4	3
P.5	3	3	5	4
P.6	4	4	3	5
P.7	3	5	4	4
P.8	4	4	3	5
P.9	5	5	4	3
P.10	4	3	4	5
Promedio				
Promedio Cóncavo Cara A+B	3.55			
Promedio Convexo Cara A+B	3.95			

NOTAS:

El ensayo se realizó en presencia de los solicitantes
El Laboratorio no ha intervenido en la toma de muestras de Ladrillos de arcilla, ni en la preparación de los mismos, sólo se ha limitado a ensayarlos para el alabeo, por tanto, sólo responde por los resultados obtenidos en dichos ladrillos. Los datos del solicitante fueron declarados como aparecen arriba por quien entregó los especímenes, siendo por ende responsabilidad de este último la veracidad de ellos. Este informe consta de una página en total prohibida su reproducción parcial sin autorización del laboratorio.

MAGMA SAC. - LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO M. SUBERÓN HERRERA
TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA SAC. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Meléndez Tuesta
ING. RESPONSABLE - CIP 58121

ENSAYOS DE ALABEO EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA
Norma - NTP 399.613.2005

SOLICITA : BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO
: BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES
PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE
LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN
UBICACIÓN : DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA
FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2019
PROCEDENCIA : LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA

CARACTERÍSTICAS GENERALES


DIMENSIONES LARGO EN cm	22.61
DIMENSIONES ANCHO EN cm	18.8
DIMENSIONES ALTO EN cm	7.04
PESO PROMEDIO POR UNIDAD	2436.80 Kg aprox

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Especimen	CARA A		CARA B	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
	(mm)		(mm)	
P.1	4	5	4	3
P.2	3	4	4	3
P.3	3	3	5	4
P.4	4	4	3	5
P.5	3	2	3	4
P.6	4	5	4	3
P.7	3	4	4	5
P.8	5	3	2	4
P.9	4	5	4	3
P.10	3	4	4	3
Promedio				
Promedio Cóncavo Cara A+B	3.65			
Promedio Convexo Cara A+B	3.80			

NOTAS:

El ensayo se realizó en presencia de los solicitantes
El Laboratorio no ha intervenido en la toma de muestras de Ladrillos de arcilla, ni en la preparación de los mismos, sólo se ha limitado a ensayarlos para el alabeo, por tanto, sólo responde por los resultados obtenidos en dichos ladrillos. Los datos del solicitante fueron declarados como aparecen arriba por quien entregó los especímenes, siendo por ende responsabilidad de este último la veracidad de ellos. Este informe consta de una página en total prohibida su reproducción parcial sin autorización del laboratorio.

MAGMA SAC LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS

JUANITO H. SOBERÓN HERRERA
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA SAC LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS

LUIS G. MELÉNDEZ TUESTA
ING RESPONSABLE CIP 58121

ENSAYOS DE ALABEO EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA
Norma - NTP 399.613.2005

SOLICITA : BACH. ALDO YANINI DIAZ ROMERO
: BACH. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ GONZALES
PROYECTO : INCORPORACIÓN DEL PLÁSTICO PET EN LA FABRICACIÓN DE
LADRILLOS ARTESANALES EN JAÉN
UBICACIÓN : DIST. JAEN , PROV. JAEN, REG. CAJAMARCA
FECHA : 01 DE OCTUBRE DEL 2019
PROCEDENCIA : LADRILLERA SERGIO - FILA ALTA

CARACTERISTICAS GENERALES


DIMENSIONES LARGO EN cm	22.59
DIMENSIONES ANCHO EN cm	12.6
DIMENSIONES ALTO EN cm	7.09
PESO PROMEDIO POR UNIDAD	2437.20 Kg aprox

CARACTERISTICAS FISICAS

Especimen	CARA A		CARA B	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
	(mm)		(mm)	
P.1	4	3	5	4
P.2	3	4	4	3
P.3	5	4	4	5
P.4	4	3	3	4
P.5	4	3	3	4
P.6	5	4	4	3
P.7	4	5	5	4
P.8	6	4	5	5
P.9	5	4	4	5
P.10	4	5	3	5
Promedio				
Promedio Cóncavo Cara A+B	4.20			
Promedio Convexo Cara A+B	4.05			

NOTAS:

El ensayo se realizó en presencia de los solicitantes
El Laboratorio no ha intervenido en la toma de muestras de Ladrillos de arcilla,
ni en la preparación de los mismos, sólo se ha limitado a ensayarlos para el
alabeo, por tanto, sólo responde por los resultados obtenidos en dichos ladrillos.
Los datos del solicitante fueron declarados como aparecen arriba por quien entregó los
epesímenes, siendo por ende responsabilidad de este último la veracidad de ellos.
Este informe consta de una página en total prohibida su reproducción parcial sin
autorización del laboratorio.

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS

JUAN F. SOBERÓN HERRERA
TECNICO LABORATORISTA

MAGMA S.A.C. LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS

Luis G. Méndez Tuesta
ING RESPONSABLE CIP 50121

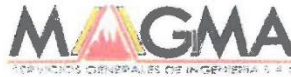
Registro de la Propiedad Industrial

Oficina de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00042358

La Oficina de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 010408-2006/OSD - INDECOPI de fecha 07 de Julio de 2006 ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo



Distingue : Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y concreto para obras y proyectos de irrigación, hidroenergéticas, viales, edificaciones en general; servicios científicos y tecnológicos así como servicios de investigación y diseño relativos a actividades de ingeniería

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0266428-2006

Titular : MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.

País : PERU

Vigencia : 07 de Julio de 2016

Tomo : 212

Folio : 158


MIGUEL ANGEL SANCHEZ
DEL SOLAR QUINONES
Jefe de la Oficina
de Signos Distintivos
INDECOPI

MAGMA SERVICIOS GENERALES
DE INGENIERIA S.A.C.
ING. LUIS G. MELENDEZ TUESTA
SUB GERENTE

EXPEDIENTE N° 054209-010

RESOLUCION N° 010408-2006/OSD-Reg-08600

400

MANA SANTI MAGMA TORRES

400

MANA SANTI MAGMA TORRES

ANEXO N° 3: Proporciones de Dosificación

PROPORCIONES DE DOSIFICACION

Tabla N° 4. Dosificación para 10 unidades de ladrillo.

Porcentaje de vidrio	0%
Arcilla (kg)	30
Agua de diseño (kg/m ³)	6

Fuente: Ruiz (2015). Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la Compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca ,2015.

Tabla N° 5. Dosificación por unidad de ladrillo para cada tratamiento.

Porcentaje de Ichu	0%	5%	10%	15%	20%
Arcilla (kg)	3.0	2.85	2.70	2.55	2.40
Agua (litros)	0.6	0.57	0.54	0.51	0.48
Ichu picado (Gaveras)	0.0	0.05	0.10	0.15	0.20

Fuente: Limay (2018). Dosificación por unidad de ladrillo para cada tratamiento.

Tabla 52. Dosificación por unidad de albañilería para cada tratamiento.

Porcentaje de PET	0%	3%	6%	10%
Arcilla (kg)	3.50	3.40	3.19	2.87
Agua (litros)	0.70	0.68	0.64	0.57
Factor de PET	0.00	0.03	0.06	0.10

Fuente: Elaboración propia,2019

Tabla 53. Dosificación para 30 unidades de albañilería para cada tratamiento.

Total de unidades: 30

Porcentaje de Pet	0%	3%	6%	10%
Arcilla (kg)	105.00	101.85	95.74	86.17
Agua (litros)	21.00	20.37	19.15	17.23
Factor de PET	0.00	0.90	1.80	3.00

Fuente: Elaboración propia,2019

ANEXO N° 4:

Panel Fotográfico

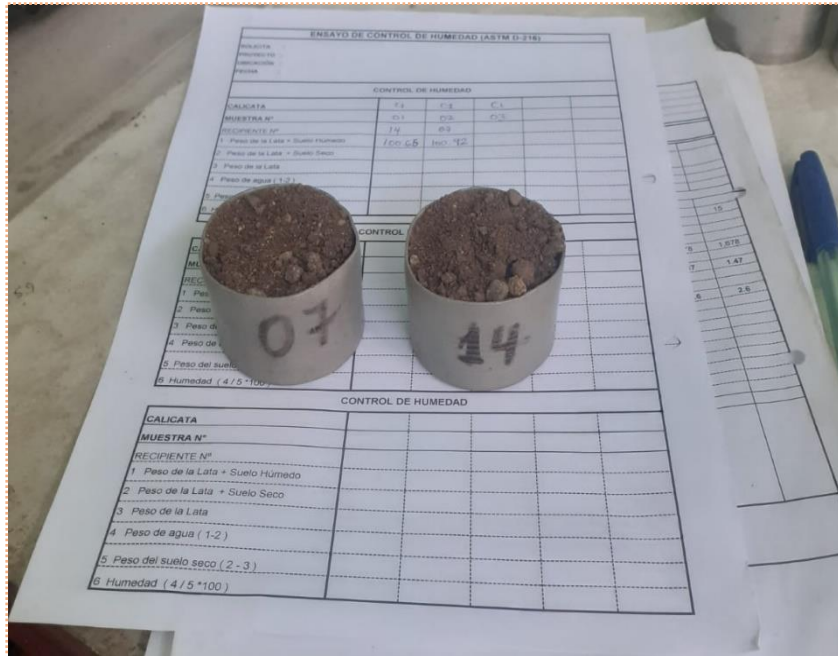


Figura 61. Muestra de suelo para realizar ensayo de Contenido de humedad.



Figura 62. Pesaje de muestra de suelo para realizar ensayo de Contenido de humedad.



Figura 63. Cuarteo y selección de la muestra para el análisis granulométrico.



Figura 64. Determinación de los pesos retenidos en las mallas para el análisis granulométrico.



Figura 65. Lavado de la muestra representativa hasta obtener un material libre de impurezas (limos).



Figura 66. Muestra seleccionada de la malla N° 40 para determinar límites de Atterberg.



Figura 67. Saturación de muestra con agua en un recipiente de porcelana.



Figura 68. Realización del límite líquido en la Copa de Casagrande.

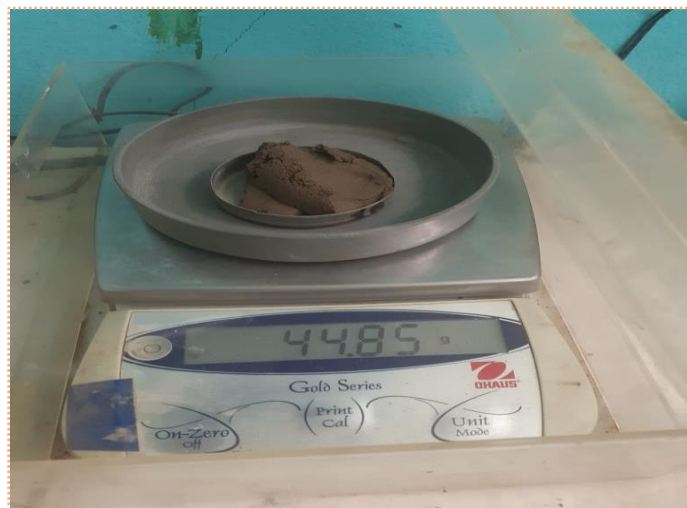


Figura 69. Pesaje de las muestras para determinar el límite líquido.



Figura 70. Proceso para determinar el límite plástico.



Figura 71. Muestras obtenidas después del rolado.

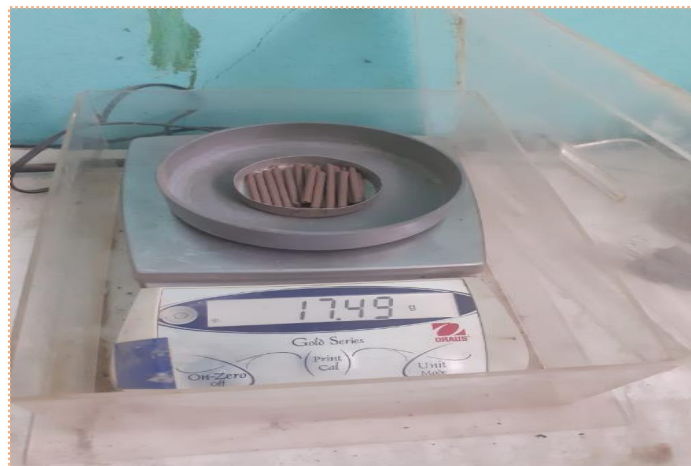


Figura 72. Pesado de las muestras para determinar limite plástico.



Figura 73. Compra de botellas de PET reciclado en chancadora sector Fila Alta.



Figura 74. Molido de botellas de PET reciclado en el sector Fila Alta.



Figura 75. Almacenado de plástico PET seleccionado.



Figura 76. Proceso de tamizaje de suelo a emplearse en la elaboración de ladrillos utilizando zaranda de 3/8”.



Figura 77. Incorporación y mezcla con Plástico PET en proporciones 0,3,6 y 10%.



Figura 78. Gavera para la elaboración de ladrillos artesanales de dimensiones de 7.50Cmx13.00Cmx23.00Cm



Figura 79. Muestras de ladrillos con 3% de Plástico PET.



Figura 80. Culminación de la elaboración de ladrillos de los diferentes porcentajes de PET.



Figura 81. Proceso de cocción de ladrillo artesanal con o sin incorporación de plástico PET.



Figura 82. Traslado del combustible de pajilla de arroz para la cocción del ladrillo.



Figura 83. Para el proceso de cocción de ladrillo artesanal con y sin incorporación de plástico PET se empleó como combustible la pajilla de arroz.



Figura 84. Luego de una semana de cocción efectuada en el horno se realizó su respectiva extracción de las unidades de albañilería para luego realizar los ensayos en el Laboratorio.



Figura 85. Realización de ensayos de compresión en presencia del Asesor Ing. Paco Arturo Cachay Díaz.



Figura 86. Ensayo de resistencia a compresión de los ladrillos artesanales sin incorporación de plástico PET, como se muestra en la fotografía obteniéndose una resistencia máxima para el ladrillo patrón de 225.60 KN.



Figura 87. Ensayo de resistencia a compresión de los ladrillos artesanales con 3 y 6% de incorporación de plástico PET.



Figura 88. Ensayo de resistencia a compresión de los ladrillos artesanales con 10% de incorporación de plástico PET.



Figura 89. Colocado de los ladrillos artesanales sin incorporación de plástico PET al horno para ensayo de absorción.



Figura 90. Secado al horno, ensayo de absorción incorporado con el 3% de plástico PET.



Figura 91. Secado al horno, ensayo de absorción incorporado con el 6% de plástico PET.



Figura 92. Ensayo de absorción incorporado con el 10% de plástico PET.



Figura 93. Peso seco de los ladrillos artesanales sin y con incorporación del 3%,6% y 10% de plástico PET para ensayos de absorción.



Figura 94. Saturación de las unidades de albañilería en agua por 24 horas, ensayo absorción.



Figura 95. Peso saturado de los ladrillos artesanales sin y con incorporación de plástico PET para ensayos absorción.



Figura 96. Medición de unidades de albañilería para ensayo de variación dimensional.



Figura 97. Realización de ensayo de alabeo para ladrillos artesanales con 3% de incorporación de plástico PET.



Figura 98. Ensayo de alabeo para ladrillos artesanales con 6% de incorporación de plástico PET.



Figura 99. Ensayo de alabeo para ladrillos artesanales con 10% de incorporación de plástico PET.