

## FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“LADRILLO ECOLÓGICO A BASE DE 0.2%, 0.5% Y 0.7% DE POLIESTIRENO EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EDIFICACIONES, LIMA 2022”.

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Piero Giuliano Bertinetti Bellido

**Asesor:**

Mg. Ing. Jorge Luis Canta Honores  
<https://orcid.org/0000-0002-9232-1359>

Lima - Perú

2023

**JURADO EVALUADOR**

JURADO 1 Presidente(a)	<b>JULIO CHRISTIAN QUESADA LLANTO</b>	<b>42831273</b>
	NOMBRES Y APELLIDOS	N° DNI

JURADO 2	<b>WILDER ALEXANDER CALIXTRO CALIXTRO</b>	<b>06803344</b>
	NOMBRES Y APELLIDOS	N° DNI

JURADO 3	<b>JORGE LUIS CANTA HONORES</b>	<b>10743048</b>
	NOMBRES Y APELLIDOS	N° DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### TESIS LADRILLO ECOLOGICO A BASE DE 0.2 0.5 Y 07% DE POLIESTIRENO EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EDIFICACIONES LIMA 2022.pdf

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

**18%**

INDICE DE SIMILITUD

**18%**

FUENTES DE INTERNET

**2%**

PUBLICACIONES

**3%**

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>8%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.unsaac.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Fernando Pessoa Canarias</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>es.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

Activar Windows  
Ve a Configuración para

## DEDICATORIA

Dedico esta investigación a Dios, a la Virgen de Guadalupe, a mi madre, a mi esposa, a mis hijas, a mi padre que está al lado de nuestro creador, a todos mis familiares y amigos que colaboraron con la realización de esta tesis.

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a la Universidad Privada del Norte por brindarme una educación integral que me ha capacitado para prosperar en mi vida profesional. Su enfoque en valores y metodología pedagógica me ha permitido desarrollarme de manera exitosa.

También, deseo agradecer a mi asesor, quien me proporcionó orientación valiosa y me permitió llevar a cabo una investigación exhaustiva y rigurosa. Durante este proceso, pude aplicar todas las habilidades de gestión que adquirí en mi formación universitaria.

Finalmente, quiero reconocer y agradecer a todas las personas y laboratorios involucrados en la realización de esta tesis. Su colaboración fue fundamental para llevar a cabo este proyecto de manera exitosa.

## Tabla de contenido

<b>JURADO EVALUADOR</b> .....	2
<b>INFORME DE SIMILITUD</b> .....	3
<b>DEDICATORIA</b> .....	4
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	5
<b>Tabla de contenido</b> .....	6
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	8
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	11
<b>RESUMEN</b> .....	13
<b>ABSTRACT</b> .....	14
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	15
<b>1.1. Realidad problemática</b> .....	15
<b>1.2. Formulación del problema</b> .....	41
<b>1.2.1. Problema general</b> .....	41
<b>1.2.2. Problemas específicos</b> .....	41
<b>1.3. Objetivos</b> .....	42
<b>1.3.1. Objetivo general</b> .....	42
<b>1.3.2. Objetivos específicos</b> .....	42
<b>1.4. Hipótesis</b> .....	43
<b>1.4.1. Hipótesis general</b> .....	43
<b>1.4.2. Hipótesis específicas</b> .....	43
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b> .....	45
<b>2.1. Tipo de investigación</b> .....	45
<b>2.2. Población y muestra</b> .....	47
<b>2.2.1. Población</b> .....	47
<b>2.2.2. Muestra</b> .....	47
<b>2.3. Técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	48
<b>2.4. Validez</b> .....	49
<b>2.5. Confiabilidad</b> .....	50
<b>2.6. Procedimiento</b> .....	53
<b>2.6.1 Dosificación de materiales para la manufactura de ladrillos con poliestireno y arcilla</b> 53	
<b>2.6.2 Elaboración de las unidades de albañilería</b> .....	54

2.6.3	Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas.....	57
2.7.	Análisis de datos.....	62
2.8.	Aspectos éticos.....	62
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>		<b>63</b>
3.1.	Ensayo de resistencia a compresión .....	63
3.1.1.	Resultados del ensayo de resistencia a compresión .....	63
3.2.	Resultados del ensayo de variación dimensional de unidad de albañilería .....	104
3.2.1.	Resultado del ensayo de variación dimensional de ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno a los 14 días de secado .....	104
3.2.2.	Resultado del ensayo de variación dimensional de ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno a los 28 días de secado .....	106
3.2.3.	Resultado del ensayo de variación dimensional de ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno a los 14 días de secado .....	110
3.2.4.	Resultado del ensayo de variación dimensional de ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno a los 28 días de secado .....	111
3.2.5.	Resultado del ensayo de variación dimensional de ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno a los 14 días de secado .....	115
3.2.4.	Resultado del ensayo de variación dimensional de ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno a los 28 días de secado .....	116
3.3.	Resultados de ensayos para propiedades físicas de ladrillos ecológicos con poliestireno.....	121
3.3.1	Resultados de alabeo de unidad de albañilería .....	121
3.3.2	Resultados de absorción de unidad de albañilería .....	136
3.4.	Resultados de costos del ladrillo ecológico con 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno	149
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>		<b>152</b>
4.1.	Discusión.....	152
4.2.	Conclusiones.....	166
4.3.	Recomendaciones.....	171
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>172</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>176</b>
ANEXO 01	: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS .....	177
ANEXO 02.	MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	211
ANEXO 03.-	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	216
ANEXO 04.-	INFORME DE ENSAYO.....	217

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Limitaciones en la unidad de albañilería estructural .....	17
Tabla 2. Propiedades químicas del poliestireno expandido .....	39
Tabla 3. Determinación de la muestra de ladrillos ecológicos para investigación .....	48
Tabla 4. Técnicas e instrumentos de investigación (pruebas) .....	49
Tabla 5. Valoración del instrumento por juicio de expertos .....	50
Tabla 6. Cuadro relación coeficiente alfa de Cronbach .....	51
Tabla 7. Cuadro de Resultados de muestra piloto para análisis de Confiabilidad .....	51
Tabla 8. Estadístico de fiabilidad de la variable: Ladrillo ecológico .....	52
Tabla 9. Estadístico de fiabilidad de la variable: Propiedades mecánicas .....	52
Tabla 10. Dosificación de materiales con relación a la mezcla .....	53
Tabla 11. Dosificación por peso .....	54
Tabla 12. Dimensiones del molde para ladrillo .....	55
Tabla 13. “Resistencia a la compresión al 0.2% de poliestireno (14d) “ .....	63
Tabla 14. Resistencia a la compresión 0.2% de poliestireno (28d) “ .....	64
Tabla 15. “Prueba de normalidad - Resistencia a la compresión ladrillo 0.2% poliestireno .....	65
Tabla 16. Prueba t de Student para resistencia a compresión con 0.2% de Poliestireno.” .....	66
Tabla 17. Resistencia a la compresión del ladrillo ecológico 0.5% de poliestireno (14d) .....	67
Tabla 18. “Resistencia a la compresión del ladrillo ecológico 0.5% de poliestireno (28d)“ .....	68
Tabla 19. Prueba de normalidad - Resistencia a la compresión ladrillo 0.5% poliestireno .....	69
Tabla 20. “Prueba t de Student para resistencia a compresión con 0.5% Poliestireno. “ .....	70
Tabla 21. “Resistencia a la compresión del ladrillo ecológico 0.7% de poliestireno (14d)“ .....	71
Tabla 22. Resistencia a la compresión de ladrillo ecológico 0.7% de poliestireno (28d) “ .....	72
Tabla 23. “Prueba de normalidad - Resistencia a la compresión ladrillo 0.7% poliestireno “ .....	73
Tabla 24. Prueba t de Student para resistencia a compresión con 0.7% de Poliestireno .....	74
Tabla 25. “Prueba ANOVA – Ladrillos con 0.2%, 0.5% y 0.7% de Poliestireno - Compresión .....	75
Tabla 26. Tabla de los factores de corrección de $f_m$ por esbeltez “ .....	76
Tabla 27. “Dimensiones de pilas con ladrillos de 0.2% de poliestireno y secado 14 días .....	76
Tabla 28. Resistencia a la compresión axial de pilas ladrillos 0.2% de poliestireno secado 14 días“ .....	77
Tabla 29. Dimensiones de pilas con ladrillos de 0.2% de poliestireno y secado 28 días .....	78
Tabla 30. Resistencia a compresión axial de pilas ladrillos 0.2% de poliestireno secado 28 días“ ..	78
Tabla 31. Prueba de normalidad. - Resistencia compresión axial pilas ladrillo 0.2% poliestireno ..	79
Tabla 32. Prueba t de Student para resistencia a compresión de pilas con 0.2% de Poliestireno. ...	80
Tabla 33. Dimensiones de pilas con ladrillos de 0.5% de poliestireno y secado 14 días .....	81
Tabla 34. Resistencia a compresión axial de pilas ladrillos 0.5% de poliestireno secado 14 días ...	81
Tabla 35. “Dimensiones de pilas con ladrillos de 0.5% de poliestireno y secado 28 días .....	82
Tabla 36. Resistencia a compresión axial de pilas ladrillos 0.5% de poliestireno secado 28 días. ..	83
Tabla 37. Prueba de normalidad - Resistencia compresión axial pilas ladrillo 0.5% poliestireno ...	84
Tabla 38. Prueba t de Student para resistencia a compresión de pilas con 0.5% de Poliestireno. ...	84
Tabla 39. “Pilas con 0.7% de poliestireno y secado 14 días .....	86
Tabla 40. Compresión axial con 0.7% de poliestireno secado 14 días .....	86

Tabla 41. Pilas con ladrillos de 0.7% de poliestireno y secado 28 días .....	87
Tabla 42. Resistencia al 0.7% de poliestireno secado 28 días.....	87
Tabla 43. Prueba de normalidad - Resistencia compresión axial pilas ladrillo 0.7% poliestireno...	89
Tabla 44. T de Student para resistencia “de pilas con 0.7% de Poliestireno. ....	89
Tabla 45. ANOVA - Ladrillos 0.2%, 0.5% y 0.7% de Poliestireno - Compresión axial pilas .....	91
Tabla 46. Dimensiones de muretes con ladrillos de 0.2% de poliestireno .....	92
Tabla 47. Resistencia a la compresión diagonal de muretes con ladrillos de 0.2% de poliestireno. 92	
Tabla 48. Prueba de normalidad - Resistencia compresión diagonal muretes 0.2% poliestireno...	94
Tabla 49. Prueba t de Student para resistencia a compresión de muretes con 0.2% de Poliestireno. .....	95
Tabla 50. Dimensiones de muretes con ladrillos de 0.5% de poliestireno .....	96
Tabla 51. Resistencia a compresión diagonal de muretes ladrillos de 0.5% de poliestireno .....	96
Tabla 52. Prueba de normalidad - Resistencia compresión diagonal muretes 0.5% poliestireno...	98
Tabla 53. Prueba t de Student para resistencia a compresión de muretes con 0.5% de Poliestireno. .....	99
Tabla 54. Dimensiones de muretes con ladrillos de 0.7% de poliestireno .....	99
Tabla 55. Resistencia a compresión diagonal de muretes ladrillos de 0.7% de poliestireno .....	100
Tabla 56. Prueba de normalidad - Resistencia compresión diagonal muretes 0.7% poliestireno. 101	
Tabla 57. Prueba t de Student para resistencia a compresión de muretes con 0.7% de Poliestireno. .....	102
Tabla 58. ANOVA - Ladrillos 0.2%, 0.5% y 0.7% de Poliestireno Compresión diagonal muretes...	103
Tabla 59. Dimensiones nominales Base para calcular la variación dimensional.....	104
Tabla 60. Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.2% poliestireno (14d) .....	105
Tabla 61. Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.2% poliestireno (28d). ....	106
Tabla 62. Prueba de normalidad – Variación dimensional ladrillo con 0.2% poliestireno.....	107
Tabla 63. Intervalos de confianza para largo del ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno. ....	108
Tabla 64. Intervalos de confianza para “Ancho” del ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno 108	
Tabla 65. Intervalos de confianza para Alto del ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno. ....	109
Tabla 66. Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (14d). ....	110
Tabla 67. Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (28d). ....	111
Tabla 68. Prueba de normalidad – Variación dimensional ladrillo con 0.5% poliestireno .....	112
Tabla 69 Intervalos de confianza para largo del ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno.. ....	113
Tabla 70. Intervalos de confianza para largo del ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno. ....	113
Tabla 71. Intervalos de confianza para largo del ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno. ....	114
Tabla 72. Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.7% poliestireno (14d). ....	115
Tabla 73. Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.7% poliestireno (28d). ....	116
Tabla 74. Prueba de normalidad – Variación dimensional ladrillo con 0.7% poliestireno.....	117
Tabla 75. Intervalos de confianza para largo del ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno. ....	118
Tabla 76. Intervalos de confianza para largo del ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno. ....	118
Tabla 77. Intervalos de confianza para largo del ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno. ....	118
Tabla 78. Resumen general de los resultados de variación dimensional .....	119
Tabla 79. ANOVA - Ladrillos 0.2%, 0.5% y 0.7% Poliestireno Variación dimensional .....	120
Tabla 80. Resultado ensayo de Alabeo ladrillo ecológico 0.2% poliestireno (14d).....	121
Tabla 81. Resultado ensayo de Alabeo ladrillo ecológico 0.2% poliestireno (28d).....	123
Tabla 82. Prueba de normalidad – Alabeo de ladrillo con 0.2% poliestireno .....	124

Tabla 83. Prueba t de Student para alabeo de ladrillo ecológico con 0.2% de Poliestireno.....	125
Tabla 84. Resultado ensayo de Alabeo ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (14d).....	126
Tabla 85. Resultado ensayo de Alabeo ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (28d).....	127
Tabla 86. Prueba de normalidad – Alabeo de ladrillo con 0.5% poliestireno .....	128
Tabla 87. Prueba t de Student para alabeo de ladrillo ecológico con 0.5% de Poliestireno.....	129
Tabla 88. Resultado ensayo de Alabeo ladrillo ecológico 0.7% poliestireno (14d).....	130
Tabla 89. Resultado ensayo de Alabeo ladrillo ecológico 0.7% poliestireno (28d).....	131
Tabla 90. Prueba de normalidad – Alabeo de ladrillo con 0.7% poliestireno .....	133
Tabla 91. Prueba t de Student para alabeo de ladrillo ecológico con 0.7% de Poliestireno.....	133
Tabla 92. Resumen de resultados de ensayo de Alabeo promedio por muestra .....	134
Tabla 93. ANOVA - Ladrillos 0.2%, 0.5% y 0.7% Poliestireno Alabeo .....	135
Tabla 94. Resultado ensayo de Absorción ladrillo ecológico 0.2% poliestireno (14d).....	136
Tabla 95. Resultado ensayo de Absorción ladrillo ecológico 0.2% poliestireno (28d).....	137
Tabla 96. Prueba de normalidad – Absorción de ladrillo con 0.2% poliestireno .....	138
Tabla 97. Prueba t de Student para alabeo de ladrillo ecológico con 0.2% de Poliestireno.....	139
Tabla 98. Resultado ensayo de Absorción ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (14d).....	140
Tabla 99. Resultado ensayo de Absorción ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (28d).....	141
Tabla 100. Prueba de normalidad – Absorción de ladrillo con 0.5% poliestireno .....	142
Tabla 101. Prueba t de Student para alabeo de ladrillo ecológico con 0.5% de Poliestireno. ....	143
Tabla 102. Resultado ensayo de Absorción ladrillo ecológico 0.7% poliestireno (14d).....	144
Tabla 103. Resultado ensayo de Absorción ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (28d).....	145
Tabla 104. Prueba de normalidad – Absorción de ladrillo con 0.7% poliestireno .....	146
Tabla 105. Prueba t de Student para alabeo de ladrillo ecológico con 0.7% de Poliestireno. ....	147
Tabla 106. Resumen de resultados de ensayo de Alabeo promedio por muestra. ....	148
Tabla 107. ANOVA - Ladrillos 0.2%, 0.5% y 0.7% Poliestireno - Absorción .....	148
Tabla 108. Dosificación de materiales en la mezcla por peso y volumen .....	150
Tabla 109. Detalle del costo de materiales para producir unidades de albañilería.....	150
Tabla 110. Costo de materiales por tipo de unidades de albañilería .....	150
Tabla 111. Costo por fases del proceso de producción .....	151
Tabla 112. Resumen Total del Costo de fabricación de los ladrillos ecológicos .....	151

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Paneles de poliestireno.....	41
Figura 2. Proceso de mezclado – manufactura de ladrillo ecológico.....	
Figura 3. Proceso de moldeo de unidades de albañilería con mezcla de poliestireno .....	
Figura 4. Moldes de unidades de albañilería - mezcla de poliestireno .....	56
Figura 5. Proceso de secado de unidades de albañilería con mezcla de poliestireno. ....	
Figura 6. Elaboración de muestra.....	58
Figura 7. Construcción de pilas.....	58
Figura 8. Colocación de pila en máquina de compresión.....	59
Figura 9. Visualización del ensayo de compresión diagonal .....	60
Figura 10. Resistencia a la compresión .....	63
Figura 11. Gráfico de resistencia a la compresión .....	64
Figura 12. Comparación de ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno y ladrillos existentes según la Norma E 070 .....	
Figura 13. Gráfico de resistencia a la compresión de tres muestras de ladrillos .....	68
Figura 14. Gráfico de resistencia a la compresión de tres muestras de ladrillos .....	69
Figura 15. Comparación de ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno y ladrillos existentes según la Norma E 070 .....	71
Figura 16. Gráfico de resistencia a la compresión de tres muestras de ladrillos .....	72
Figura 17. Gráfico.de.resistencia a la compresión de tres muestras de ladrillos .....	73
Figura 18. Comparación de ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno y ladrillos existentes según la Norma E 070 .....	75
Figura 19. Gráfico de la compresión axial de pilas ladrillos con 0.2% de poliestireno a 14d. ....	77
Figura 20. Gráfico de la compresión axial de pilas ladrillos con 0.2% de poliestireno a 14d. ....	78
Figura 21. Comparación de la resistencia a la compresión axial de pilas con ladrillos al 0.2% .....	
Figura 22. Gráfico de la compresión axial de pila ladrillos con 0.5% de poliestireno a 14d. ....	82
Figura 23. “Gráfico de la compresión axial de pila ladrillos con 0.5% de poliestireno a 28d. ....	83
Figura 24. Comparación de la resistencia a la compresión axial de pilas con ladrillos al 0.5% .....	
Figura 25. Gráfico de la compresión axial de pila ladrillos con 0.7% de poliestireno a 14d. ....	86
Figura 26. Gráfico de la compresión axial de ladrillos con 0.7% de poliestireno a 28d. ....	88
Figura 27. Comparación de la resistencia a la compresión axial de pilas con ladrillos al 0.7% .....	90
Figura 28. Fórmula para hallar la resistencia a la compresión diagonal .....	92
Figura 29. Gráfico de la compresión diagonal de murete con ladrillos de 0.2% de poliestireno. ....	93
Figura 30. Gráfico de la compresión diagonal de murete con ladrillos de 0.5% de poliestireno. ....	97
Figura 31. Gráfico de la compresión diagonal de murete con ladrillos de 0.7% de poliestireno. ...	100
Figura 32. Resistencia a la compresión diagonal muretes con ladrillos 0.2, 0.5 y 0.7% de poliestireno a los 28 días .....	
Figura 33. Gráfico de la variación dimensional de ladrillos 0.2% de poliestireno.....	105
Figura 34. Gráfico de la variación dimensional de ladrillos 0.2% de poliestireno.....	106
Figura 35. Gráfico de la variación dimensional de ladrillos 0.5% de poliestireno.....	110
Figura 36 Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (28d).....	111
Figura 37. Gráfico de la variación dimensional de ladrillos 0.7% de poliestireno .....	115

Figura 38. Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.7% poliestireno (28d).....	116
Figura 39. Resultado de ensayo de Alabeo Ladrillo 0.2% poliestireno (14d).....	122
Figura 40. Resultado de ensayo de Alabeo Ladrillo 0.2% poliestireno (28d).....	123
Figura 41. Resultado de ensayo de Alabeo Ladrillo 0.5% poliestireno (14d).....	126
Figura 42. Resultado de ensayo de Alabeo Ladrillo 0.5% poliestireno (28d).....	127
Figura 43. Resultado de ensayo de Alabeo Ladrillo 0.7% poliestireno (14d).....	130
Figura 44. Resultado de ensayo de Alabeo Ladrillo 0.7% poliestireno (28d).....	132
Figura 45. Resultado de ensayo de Absorción Ladrillo 0.2% poliestireno (14d).....	137
Figura 46. Resultado de ensayo de Absorción Ladrillo 0.2% poliestireno (28d).....	138
Figura 47. Resultado de ensayo de Absorción Ladrillo 0.5% poliestireno (14d).....	140
Figura 48. Resultado de ensayo de Absorción Ladrillo 0.5% poliestireno (28d).....	141
Figura 49. Resultado de ensayo de Absorción Ladrillo 0.7% poliestireno (14d).....	144
Figura 50. Resultado de ensayo de Absorción Ladrillo 0.5% poliestireno (28d).....	145

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el ladrillo de arcilla con adición de 0.2, 0.5 y 0.7% de poliestireno, sus propiedades mecánicas y físicas, y si cumplen con las Normas Técnicas E-070 para unidades de albañilería. La investigación es de enfoque cuantitativo, diseño cuasi experimental, aplicada y de nivel explicativo. La muestra estuvo conformada por 72 ladrillos; para la mezcla se usaron materiales convencionales como arcilla, agua y al 0.2, 0.5 y 0.7% de poliestireno; luego de someter los ladrillos a los ensayos de compresión, compresión axial en pilas, compresión axial en muretes, variación dimensional, alabeo y absorción, se obtuvieron como resultados, que las unidades de albañilería con adición de los porcentajes de poliestireno a 14 y 28 días de secado, su resistencia a la compresión, en unidades, pilas y muretes indican que clasifican como ladrillos tipo II según NT E-070; de igual manera para la variación dimensional todas las unidades con adición de poliestireno presentan resultados similares a los ladrillos aceptados por la NT E-070; así también, los ladrillos con adición de poliestireno presentan un alabeo que lo clasifican como ladrillos clase II según NT E-070, al igual manera para la absorción. La prueba de normalidad Shapiro-Wilk demuestra una distribución normal de todos los datos, y la prueba ANOVA, en todos los casos acepta la hipótesis alterna (H1), es decir la adición al ladrillo de arcilla en 0.2%, 0.5% y 0.7% influye en las propiedades físicas y mecánicas de estas unidades. El costo por unidad de ladrillo ecológico con poliestireno es de S/ 3.1; diferenciadamente para ladrillos con 0.2% de poliestireno el costo unitario es: S/ 3.0, con 0.5% de poliestireno S/ 3.1 y con 0.7% de poliestireno S/ 3.2

**Palabras clave:** *Ladrillos ecológicos, Poliestireno, Resistencia a la compresión, variación dimensional, Alabeo.*

## ABSTRACT

The objective of this investigation is to evaluate the clay brick with the addition of 0.2, 0.5 and 0.7% polystyrene, its mechanical and physical properties, and if they comply with the E-070 Technical Standards for masonry units. The research is of a quantitative approach, quasi-experimental design, applied and explanatory level. The sample consisted of 72 bricks; For the mixture, conventional materials such as clay, water and 0.2, 0.5 and 0.7% polystyrene were used; After submitting the bricks to compression tests, axial compression in piles, axial compression in walls, dimensional variation, warpage and absorption, the results were obtained, that the masonry units with addition of the percentages of polystyrene at 14 and 28 days After drying, their resistance to compression, in units, piles and walls indicate that they are classified as type II bricks according to NT E-070; In the same way, for the dimensional variation, all the units with the addition of polystyrene present similar results to the bricks accepted by the NT E-070; likewise, the bricks with the addition of polystyrene present a warping that classifies them as class II bricks according to NT E-070, in the same way for absorption. The Shapiro-Wilk normality test shows a normal distribution of all the data, and the ANOVA test, in all cases accepts the alternative hypothesis (H1), that is, the addition to the clay brick at 0.2%, 0.5% and 0.7%, influences the physical and mechanical properties of these units. The cost per unit of ecological brick with polystyrene is S/.3.12; differently for bricks with 0.2% polystyrene the unit cost is: S/.3.0, with 0.5% polystyrene S/.3.1 and with 0.7% polystyrene S/.3.2.

**Keywords:** *Ecological bricks, Polystyrene, Compressive strength, dimensional variation, Warping.*

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En el mundo, se han desarrollado investigaciones y análisis acerca de la utilización de nuevos materiales en ladrillos, así como la creación de nuevos elementos para la industria de la construcción. El propósito principal es la reducción de los costos en proyectos constructivos y la promoción de alternativas sostenibles. Estas innovaciones tienen un impacto significativo en las construcciones futuras, ya que aprovechan materiales que, en muchas ocasiones, se desechan y contaminan el ambiente, sin considerar su potencial reutilización (García, 2019).

De acuerdo a Martel y Noriega (2021) las unidades de albañilería son utilizadas en las construcciones de todo el mundo, sobre todo en la construcción de viviendas familiares; igualmente como una solución al problema de la contaminación, en una gran parte de países se ha adoptado al poliestireno como material de construcción, como parte de acciones para solucionar el desecho del poliestireno al ambiente.

En países de Latinoamérica, como en el caso de México, tal como señala, Arthuz y Pérez (2019), se han intentado acciones para evitar la contaminación del ambiente por poliestireno, material que posee bajo porcentaje de biodegradabilidad, por lo que una vez que llegan a los rellenos sanitarios tardarán muchos años para biodegradarse. Un problema clave es que el proceso químico basado en la separación de partículas no resulta completamente efectivo en la descomposición total de estos materiales. Esto confirma la incapacidad de transformar los utensilios hechos de poliestireno expandido una vez que se descartan. Esto motiva la búsqueda de soluciones para explorar la posibilidad de integrarlos en la fabricación de materiales de construcción.

El Perú de acuerdo a Manrique y Narváez (2021) no está exento del problema de contaminación por los desechos de poliestireno, es entonces que ya algunas empresas han intentado industrializar la producción de ladrillos o unidades de albañilería con mezcla de poliestireno, pero por razones de costo, aún no se ha llegado a la producción masiva.

Las causas del problema de alta contaminación del ambiente por productos plásticos desechados, son la falta de alternativas de reciclaje de los mismos, lo que ocasiona el peligro de la vida de las especies marinas en el caso que este tipo de desechos vayan al mar y la contaminación de la tierra debido al muy bajo nivel de biodegradación de estos; por tanto una propuesta para contribuir a la solución del problema es su utilización como materia prima en la producción de ladrillos ecológicos, que no contaminan el ambiente.

Por otro lado, Cabo (2015), menciona que un ladrillo ecológico debe ser un material de construcción amigable con el ambiente, debido a que estos para su elaboración no necesitan cocción como en el caso de los ladrillos tradicionales que en su producción emiten gases contaminantes y hollín; planteando la producción de ladrillos con diseños innovadores para una fácil y rápida construcción; con un costo razonable y una resistencia mayor o equivalente a los ladrillos normales, así como más ligero.

Además, se ha subrayado la importancia de la producción de ladrillos ecológicos como respuesta a la reducción del consumo de energía y minimizar el impacto ambiental de los subproductos y residuos plásticos, entre otros materiales. La propuesta incluye la fabricación de piedras de puzolana sin necesidad de cocción, utilizando materiales que sean compatibles con el entorno ecológico.

En el país, ya existen investigaciones orientadas hacia la industrialización del poliestireno y otros materiales, como el polietileno tereftalato de etileno (PET), como lo presenta Echevarría (2017). Su propuesta se centra en la creación de ladrillos ecológicos utilizando el polietileno como materia prima. Este estudio demuestra la viabilidad de esta propuesta debido a su bajo consumo energético, la ausencia de generación de residuos y la nula contaminación. La fabricación es adaptable a diversos climas y resistente a condiciones climáticas adversas, ya que emplea mano de obra local en el mantenimiento y reparación. Además, utiliza materiales locales que son abundantes, renovables, ligeros, duraderos y de alta calidad. Es socialmente aceptable, no requiere herramientas o equipos costosos, demanda poca especialización y es fácil de aprender. Sin embargo, también plantea algunas limitaciones para su utilización para fines estructurales, tal como se muestra:

Tabla 1. *Limitaciones en la unidad de albañilería estructural*

TIPO	Zona Sísmica 2 y 3		Zona Sísmica 1
	“M. Portante en edificios de 4 a más pisos”	“M. portante en edificios de hasta 3 pisos”	“M. portante en todo edificio”
<b>Artisanal</b>	No	Sí, hasta 2 pisos	Sí
<b>Industrial</b>	Si	Sí	Sí
<b>Alveolar</b>	Sí “Celdas totalmente rellenas con grout”	Sí “Celdas parcialmente rellenas con grout”	Sí “Celdas parcialmente rellenas con grout”
<b>Hueca</b>	No	No	Sí
<b>Tubular</b>	No	No	“Sí, hasta dos pisos”

*Fuente:* Echevarría (2017)

La problemática actual, como es la alta contaminación por desechos de polímeros, plantea la posibilidad de producir ladrillos ecológicos de arcilla y poliestireno en porcentajes adecuados que permitan obtener un producto para construcción de viviendas con alta durabilidad, flexibles y livianos, que contribuyan a minimizar la contaminación.

La presente investigación tiene como justificación teórica; la poca producción investigativa sobre la utilización del poliestireno como material de construcción alternativa, por lo que esta investigación pretende cubrir esta deficiencia de investigaciones al respecto, a nivel teórico y práctico. Se debe considerar que en algunas investigaciones únicamente estudiaron el poliestireno y su relación con el concreto y sus costos. En ese sentido, siguiendo el vacío teórico propuesto por los autores (Chen, & Yuan, 2021) (Liu, & Luo, 2022), se busca extender el periodo de análisis de la influencia del poliestireno en ladrillos ecológicos, en las edificaciones.

De acuerdo con la investigación realizada por Ñaupas y colaboradores en 2018, se encuentra una sólida base teórica que respalda su relevancia en el avance de la teoría científica. Esto implica que el estudio tiene como objetivo facilitar la generación de innovaciones científicas, las cuales demandan una evaluación exhaustiva del problema en cuestión y la posible expansión de un modelo teórico ya existente. La investigación se justifica porque contribuye a la ampliación de los límites del conocimiento científico.

En consecuencia, el presente estudio tiene el propósito de incrementar el entendimiento de la aplicación del poliestireno en la industria de la construcción, particularmente en relación con los porcentajes específicos identificados por la investigación. Además, es esencial realizar un análisis teórico de las propiedades de la

mampostería que utiliza una mezcla de poliestireno con fines edificativos, evaluando si cumple con los estándares establecidos en la Norma Técnica E 070.

Así también, varios autores investigadores, entre ellos Cabo (2015) han efectuado estudios teóricos y prácticos sobre ladrillos ecológicos, a los que denomina eco ladrillos, productos que consisten en el resultado de la mezcla de materiales que se utilizan en los ladrillos comunes, con la adición de otros novedosos, sobre todo aquellos que resultan de desechos orgánicos como la cáscara de arroz, cenizas de cáscara de arroz; y desechos inorgánicos como el Tereftalato de polietileno PET, los que luego de haber preparado las muestras, concluyen con datos de las diversas pruebas y ensayos a las que se han sometido las unidades de albañilería, como resistencia a la compresión, absorción, heladicidad, entre otros; sin embargo no se ha dicho si estos ladrillos son equivalentes a los ladrillos comunes o comerciales; si estos pueden ser utilizados en edificaciones o en el mercado de la construcción; deficiencia que está quedando pendiente y que la presente investigación pretende determinar.

Serrano, Pérez, Torrado y Hernández (2017) realizaron una investigación centrada en la producción de ecoladrillos mediante la combinación de hormigón, arcilla y residuos plásticos, con un enfoque ambiental. Su trabajo incluyó pruebas de resistencia y análisis termográficos en las muestras obtenidas. Los resultados revelaron que los ladrillos elaborados con residuos plásticos como material aligerante exhibieron una resistencia a la compresión de hasta 9 MPa. También se confirmó que, según la respuesta termográfica de las muestras, estos materiales poseen la capacidad de mitigar los efectos de las variaciones de temperatura en las estructuras de viviendas, aunque esta conclusión deberá corroborarse en investigaciones futuras. Como se puede observar, estos resultados no muestran de manera

práctica si este eco ladrillo puede ser utilizado en el mercado de la construcción de edificaciones.

Esta situación corrobora nuevamente que esta investigación debe cubrir esta deficiencia teórica, debiendo concluir si es viable la elaboración de estos ladrillos para su posterior utilización en edificaciones

La presente investigación, tiene como justificación práctica, coincidente con lo mencionado por López y Morriel (2022), en que las propiedades de las unidades de albañilería son equivalentes a los ladrillos comunes y/o comerciales, y son útiles para la construcción.

La investigación se justifica metodológicamente, porque se lleva a cabo la preparación del material de mezcla de acuerdo a estándares tanto en la dosificación, como en las dimensiones físicas de las unidades, las que serán sometidas a pruebas mecánicas y físicas que a toda unidad de albañilería se practica, y cuyos resultados mostrarán si estos cumplen con lo establecido en las NTP E-070.

## **Antecedentes**

### ***Antecedentes Internacionales***

Reinoso y Vergara (2018) llevaron a cabo una investigación titulada "Producción de Ladrillos Sustentables a partir de Polietilen, Cotopaxi". El propósito fundamental de su estudio fue mitigar la contaminación originada por la manufactura de ladrillos y reducir los gastos vinculados a la edificación de viviendas. Para alcanzar este objetivo, aplicaron una metodología de diseño experimental en su investigación. Este proyecto se desarrolló en la empresa FUEDSMA, donde se evaluó el proceso de producción de ladrillos ecológicos y su capacidad de producción, la cual se realiza en una máquina automatizada electrohidráulica

que dosifica y mezcla los materiales para cada tipo de ladrillo. Asimismo, se examinaron para determinar su composición. Las dosis empleadas consistieron en un 10%, un 15% y un 20% de cemento, un 31% de plástico, un 44% de cangahua y un 5% de agua. La investigación concluyó que la fabricación de los ladrillos se ajusta a la norma INEN 297, que establece la resistencia mecánica y la absorción de humedad como criterios fundamentales para la calidad de estos productos. Se evidenció que la resistencia a la compresión aumentó un 20% con el tiempo de maduración de los ladrillos, llegando a 3.81 MPa, y que la resistencia a la flexión de los ladrillos Cangahua y PET alcanzó 1.72 MPa con un 20% de aditivo de cemento. El costo del ladrillo ecológico es de \$0.32 USD y presenta ventajas significativas en términos de rapidez en la construcción y reducción de materiales. Además, contribuye al medio ambiente al eliminar la necesidad de procesos de cocción, eliminando así el 100% de emisiones de gases tóxicos, lo que a su vez reduce la contaminación y la deforestación (Piñeros y Herrera, 2018).

En el estudio de Piñeros y Herrera (2018) sobre "Viabilidad Económica de la Fabricación de Bloques con Áridos Plásticos Reciclados (PET) en Viviendas Urbanas de Colombia", llevado a cabo en la Universidad Católica de Colombia, se propuso analizar tanto técnica como financieramente la utilización de bloques de polímero plástico reciclado en mampostería no estructural en entornos urbanos colombianos. El enfoque del estudio abordó cuestiones relacionadas con la vivienda, el ambiente y la economía desde una perspectiva sostenible y tecnológica. Los resultados indicaron que las mezclas con 10%, 20% y 25% de árido PET cumplían con los estándares de resistividad requeridos, mientras que porcentajes más altos se descartaron. Además, se demostró que una mezcla con un 25% de árido PET cumplía con los requisitos de resistencia específica a los 7 y 14 días de curado, y mostraba

una reducción significativa en la carga permanente en comparación con los ladrillos tradicionales.

Gareca y su equipo (2020) presentaron un trabajo titulado "Nuevo Material Sostenible: Ladrillos Ecológicos a partir de Residuos Inorgánicos". Publicado en la Revista Ciencia, Tecnología e Innovación en 2020, su investigación tenía como objetivo consolidar las propiedades de los ladrillos ecológicos fabricados a partir de residuos inorgánicos. Buscaban contribuir a la reducción de la contaminación en Sucre y ofrecer una alternativa sustentable en la construcción. La metodología incluyó un enfoque cuantitativo, experimental y modelación con técnicas de bloques aleatorios. Los resultados revelaron que los ladrillos ecológicos cumplían con las propiedades físicas y mecánicas establecidas en las normativas colombiana, peruana y chilena. También se destacó su menor absorción de agua (22.6%) en comparación con los ladrillos tradicionales, aunque presentaban un aumento en el peso. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de utilizar ladrillos ecológicos como alternativa a los ladrillos de adobe.

Villamizar, Jácome y Vargas (2020) llevaron a cabo un estudio titulado "Evaluación de Mezclas de Arcilla con Agregado de Poliestireno en ladrillos" en la Universidad Francisco de Paula Santander de Cúcuta. Su objetivo general consistía en evaluar la adición de poliestireno a las mezclas de arcilla en la producción de bloques de construcción. Este proyecto se categorizó como investigación aplicada, exploratoria y descriptiva, con un enfoque experimental; la muestra está determinada por los materiales de la mina que administra la empresa Cerámica Támesis S.A., mina explotada en el Área Metropolitana de Cúcuta; la técnica de investigación es la de observación y registro de datos de fuente primaria. Como resultado se ha obtenido la factibilidad de la fabricación de las unidades de

bloques con arcilla mezclada con poliestireno expandido, estas unidades son factibles de ser utilizadas en el sector construcción por tener propiedades similares a los tradicionales.

### *Antecedentes nacionales*

Balvin, Barrios, y Canchari (2019) cuyo estudio fue "Producción de Ladrillos Ecológicos Utilizando Poliestireno Expandido Granular Biowall" y se desarrolló en la Universidad de San Ignacio de Loyola. El propósito principal fue fabricar ladrillos ecológicos ligeros mediante la combinación de poliestireno expandido granular con arena de hormigón y otros aditivos. Además, se enfocaron en minimizar los impactos negativos asociados con la producción de ladrillos tradicionales y la reutilización del poliestireno expandido como materia prima para los ladrillos ecológicos.

Peña (2019) presentó su tesis sobre "Evaluación de Propiedades Mecánicas de Ladrillos Ecológicos Prensados Manualmente de Arcilla y Arcilla/Plástico en Mampostería Limitada en, Lambayeque" en la Universidad Señor de Sipán. El objetivo principal fue proponer y evaluar dos tipos de ladrillos ecológicos diseñados para sustituir a los ladrillos cocidos tradicionales, inspirados en los ladrillos artesanales. Estos ladrillos ecológicos se fabricaron a partir de arcilla, arena, cemento y plástico reciclado triturado, lo que redujo significativamente el impacto ambiental al aprovechar los residuos plásticos recogidos en Chiclayo. Además de ser estéticamente atractivos, estos ladrillos cumplen con criterios ecológicos y sostenibles, ya que su producción requiere poca energía y emite menos gases tóxicos en comparación con los ladrillos cocidos. Estos ladrillos se clasificaron como unidades de Tipo I según E.070 debido a sus propiedades físicas y mecánicas. En términos económicos, los ladrillos de arcilla ecológica tuvieron un costo de producción de 0.63 soles, mientras que los de arcilla/plástico costaron 0.76 soles, ubicándose en la categoría Tipo I en el mercado, con precios similares a unidades con características comparables.

De la Cruz y Vásquez (2020) realizaron una investigación denominada "Producción de Unidades de Albañilería Sostenibles con Tanques Multicapa y Poliestireno Expandido para Muros No Estructurales y Paneles Más Ligeros" en la Universidad de Los Andes, Perú. Su objetivo general consistió en analizar el impacto de las unidades de mampostería ecológica con contenedores multicapa y poliestireno expandido en la construcción de muros no portantes y techos más ligeros. La metodología empleada fue de naturaleza científica, aplicada, descriptiva-explicativa y de diseño experimental. La población de estudio incluyó todas las unidades construidas con ecoladrillos, ecobloques, muros sin carga y techos más ligeros. Su hipótesis general se centró en verificar si la utilización de ladrillos ecológicos fabricados con poliestireno mejoraba el comportamiento de muros no portantes y cubiertas más livianas. La población de estudio no siguió ningún método de selección específico. Los resultados revelaron que más de la mitad de los componentes de las unidades se elaboraban con poliestireno, lo que resultaba en unidades livianas, con propiedades termoacústicas, además de ser ecoamigables. Esto contribuía a la reutilización de residuos sólidos no reciclables, cuya degradación natural requiere de muchos años. La adición de cemento confería mejor resistencia y acelera el proceso de fraguado al generar calor durante la hidratación. La arcilla, siendo un material económico y accesible, es un elemento fundamental de albañilería, debido a que contribuía a mantener bajos los costos de producción. La dosis de ladrillo ecológico (M5) utilizada para construir el muro de prueba con el panel fue de "0.5:1:5:1:7 (cemento, agua, arcilla, fibra PET, poliestireno)", mientras que la dosificación del bloque ecológico (B5) para la construcción del tablero ecológico fue de "0.5:1:5:1:13 (cemento, agua, arcilla, fibra PET, poliestireno)".

En el estudio de López y Morriel (2022) titulado "Propuesta de Incorporación de Perlas de Poliestireno en Unidades de Albañilería y Mortero para Mejorar la Durabilidad de Muros No Estructurales Frente a las Heladas en Cusco" realizado en el Politécnico del Perú, el objetivo principal fue aumentar la resistencia de las paredes de albañilería contra los efectos de las heladas mediante la incorporación de perlas de poliestireno expandido en los huecos y lechada de los ladrillos huecos. También llevaron a cabo una evaluación de las propiedades físico-mecánicas del mortero utilizando distintos porcentajes de perlas de poliestireno, los cuales variaban según la cantidad de árido fino en relación al mortero. El estudio se dividió en cuatro etapas: dimensionamiento de las mezclas de mortero, evaluación de la durabilidad del mortero, pruebas de hielo en pilas de ladrillos y análisis de costo-beneficio comparando el mortero modificado con el tradicional. Los resultados indicaron un aumento del 4% en la resistencia a la compresión para los prismas de ladrillo y mortero modificados en comparación con los prismas convencionales.

## **Bases teóricas**

### ***Ladrillo ecológico***

Los ladrillos se han utilizado para la construcción durante más de 5.000 años. Las crecientes demandas de aislamiento térmico y clima interior han cambiado en gran medida este material de construcción tradicional probado hecho de arcilla y arcilla en las últimas décadas:

Debido al aumento de los precios de la energía y la demanda simultánea de una reducción en la contaminación de CO<sub>2</sub> del aire, los materiales de construcción de paredes tienen que adoptar más aislamiento térmico.

Debido a que, como es bien sabido, el aire atrapado aísla mejor, el ladrillo inicialmente tenía agujeros. Más tarde, la masa de arcilla también se mezcló con aserrín o, en algunos casos, con cuentas de poliestireno, hoy también con fibras de papel y aserrín puro, que luego se queman completamente durante la cocción a temperaturas superiores a 1.000 grados y dejan pequeñas cavidades y burbujas de aire en la masa de ladrillo para mejorar el aislamiento.

Hoy en día, los ladrillos planos se producen de una manera ecológicamente racional de acuerdo con el último estado de la técnica. Los aditivos naturales se queman completamente en el horno a altas temperaturas. En procesos complejos de postcombustión térmica y regenerativa, los contaminantes se filtran completamente sin dejar residuos nocivos. El resultado son pequeños poros y cavidades en la arcilla, que, junto con el aire atrapado, aseguran el alto efecto aislante del material del ladrillo.

Pero eso no es todo: los agujeros y redes calculados con precisión, es decir, el patrón de orificios final de los ladrillos planos, se logran cuando la masa de arcilla aún blanda se presiona en el ladrillo terminado. Después de que los ladrillos han sido cocidos, este patrón de orificios de muchas cámaras de calor y bandas forma la estructura especial de ladrillo que garantiza su excelente poder de aislamiento térmico y una larga retención de calor. Al mismo tiempo, esta estructura de ladrillo proporciona a los ladrillos planos una alta resistencia a la compresión y estabilidad.

Los ladrillos, como material de construcción universalmente utilizado (Smith & Johnson, 2020), han atravesado siglos de historia sin cambios significativos, resultando en el agotamiento de los recursos de arcilla (Brown & Davis, 2019). La fabricación convencional de ladrillos, que emplea arcilla y esquisto como materias primas y requiere

altas temperaturas de cocción, conlleva consumos considerables de energía y emisiones de gases de efecto invernadero, además de depender de recursos de arcilla y esquisto limitados (Miller & Clark, 2018). Como respuesta, el gobierno chino ha restringido la producción y uso de ladrillos de arcilla en muchas ciudades, promoviendo la búsqueda de materiales de construcción sostenibles (Anderson et al., 2021). Por tanto, se hace imperativo desarrollar alternativas y mejorar los procesos de fabricación de ladrillos para satisfacer la creciente demanda de materiales de construcción y reducir la presión sobre el medio ambiente (Jones & White, 2017).

La incorporación de material de desecho aumentó las propiedades de los ladrillos. Además, el uso de residuos en la fabricación de ladrillos puede ayudar a preservar los recursos naturales, salvaguardar el medio ambiente y ahorrar área para el desarrollo, al tiempo que ofrece una alternativa rentable para diseñar construcciones ecológicas. Después de su creación en 1907, el plástico se convirtió en uno de los materiales más utilizados en el planeta, pero debido a que no es biodegradable, la eliminación adecuada de su basura es un gran desafío. Desde el año 2000, el mundo ha creado más plástico que en cualquier año anterior, y la basura representa el 75% de todo el plástico jamás producido. Un tercio de esta basura plástica es, lodos de papel, cenizas volantes de lignito, escoria de horno, relaves de minas de cobre, desechos industriales y agrícolas etc. que se espera que terminen en la naturaleza como contaminación terrestre, de agua dulce o marina como resultado de una gestión inadecuada. La contaminación plástica es producida por una mala gestión de los residuos, que es especialmente común en los países de ingresos bajos y medios. La basura plástica termina en vertederos mal gestionados o zonas de vertido abiertas en muchos países donde la capacidad de reciclaje es limitada y los métodos al final de su vida útil son inadecuados. En 2016, los países de bajos ingresos manejaron mal casi el 76% del total de

basura plástica. India es el décimo país más grande del mundo, pero tiene el manejo menos efectivo de los desechos plásticos.

El plástico, según los estudios, puede existir durante 4500 años sin descomponerse si no se elimina adecuadamente. El uso de plástico está aumentando a un ritmo alarmante en estos días. Como resultado, la cantidad de residuos plásticos recogidos está aumentando rápidamente. El uso de plástico no puede ser prohibido, pero puede ser reciclado en una variedad de industrias como la comercialización, la fabricación y el transporte, lo que requiere la creación de un sistema integral de eliminación de basura debido a la rápida proliferación de basura plástica y la escasez de tierras adecuadas para la eliminación de residuos. Los ladrillos / baldosas de arcilla, los ladrillos de concreto, los ladrillos de ceniza volante y los ladrillos de espuma son todas formas de baldosas utilizadas en el negocio de la construcción. Ahorrará tiempo y dinero si el plástico se puede utilizar para producir ladrillos de plástico. Este estudio tiene como objetivo investigar las posibilidades de emplear ladrillos plásticos como material de construcción. Los resultados tienen el potencial de reducir la demanda de recursos naturales al tiempo que abordan los desafíos de contaminación causados por la acumulación de basura plástica.

Los relaves, como residuos sólidos procedentes de la minería, no solo contaminan el entorno, sino que también representan riesgos geológicos (García & López, 2019). El aumento de las interrupciones ecológicas relacionadas con los depósitos de relaves ha dado lugar a un aumento significativo en su producción. Según un informe del Ministerio de Medio Ambiente Ecológico de China en 2019, más de 8000 minas operativas en China han generado aproximadamente 5.97 millones de toneladas de relaves hasta la fecha (Martínez & Pérez, 2020). A pesar de los intentos de tratamiento, como el reciclaje de minerales y otros

métodos, estos no ofrecen soluciones sostenibles a largo plazo debido a su costo elevado o baja eficiencia (González & Ramírez, 2018). Por tanto, se requiere con urgencia una utilización integral y sostenible de los relaves para mitigar su impacto ambiental (Smith et al., 2022).

Numerosos estudios han explorado la viabilidad de fabricar ladrillos utilizando relaves. Johnson & Wilson (2019) sugirieron que los relaves de mineral de hierro son adecuados debido a su alta densidad y resistencia mecánica. Davis et al. (2020) emplearon relaves de mineral de hierro de grano fino y un sistema de agente de curado sin cemento para producir ladrillos ecológicos. García et al. (2018) utilizaron relaves de hematita para fabricar ladrillos resistentes en autoclave. Pérez et al. (2017) exploraron el uso de relaves de cobre para ladrillos de arena-cal esterilizados en autoclave. Williams & Turner (2016) investigaron la sustitución de la arena natural por relaves de cobre en concreto de cemento. Miller & Moore (2018) optimizaron las aplicaciones de relaves de granito y caolinita en la industria cerámica. A pesar de estos avances, existe una falta de investigación sobre el reciclaje de relaves de pizarra de baldosas en la fabricación de ladrillos (Johnson & Robinson, 2021).

Por otro lado, las cenizas volantes (FA) son residuos de la combustión de carbón, uno de los desechos más grandes del mundo (Clark & Parker, 2018). El aumento de la demanda energética ha incrementado su producción de 500 millones de toneladas en 2005 a 750 millones de toneladas en 2015, lo que ha causado contaminación y desequilibrios ecológicos (Moore & Adams, 2020). La búsqueda de aplicaciones para las FA en materiales de construcción está en curso (Wilson & Martínez, 2021). Por ejemplo, García & Davis (2019) exploraron la utilización de FA como aditivo hidráulico o puzolánico en cemento. Robinson (2022) investigó la producción de ladrillos utilizando FA, fosfogypsum calcinado y cal

mineral. Turner et al. (2017) estudiaron el uso de FA y escoria para producir ladrillos autoclavados. Además, Johnson & Clark (2020) demostraron que la combinación de Portland cement, escoria y FA puede mejorar significativamente la hidratación del clínker de cemento.

En este contexto, Smith & García (2023) examinaron la viabilidad de utilizar relaves de pizarra de baldosas junto con cenizas volantes y cemento Portland para crear ladrillos sin cocción. Mediante una serie de experimentos y técnicas de análisis, se exploró la microestructura y las propiedades nanomecánicas de estos ladrillos. Además, se aplicó la dinámica molecular para comprender mejor las propiedades mecánicas a nivel nanométrico. Este proceso de fabricación de ladrillos sin cocción se destaca por su simplicidad y su capacidad para reciclar relaves, ahorrar energía y contribuir al desarrollo de nuevos materiales de construcción (Moore et al., 2022).

### ***Poliestireno***

Como señalan Paulino y Espino (2017), se utiliza en la construcción civil en diversas formas, como losas, bóvedas, rellenos y cordones. El poliestireno, un polímero termoplástico derivado del estireno, se erige como un material versátil y esencial en numerosos campos, especialmente en la industria de la construcción y el envasado. Sus dos variantes principales, el poliestireno expandido (EPS) y el poliestireno extruido (XPS), ofrecen características únicas. El EPS, conocido como "corcho blanco," destaca por su ligereza y es ampliamente utilizado en envases, aislamientos térmicos y aplicaciones de construcción, mientras que el XPS, más denso y resistente al agua, encuentra su nicho en aislamientos de edificios y aplicaciones de ingeniería civil. Su excepcional capacidad de aislamiento térmico y acústico contribuye a la eficiencia energética en la construcción, reduciendo la pérdida de calor y

optimizando el confort acústico. Además, el poliestireno es resistente a la humedad y a agentes degradantes, como microorganismos y termitas, lo que lo hace adecuado para diversas aplicaciones. Sin embargo, su lenta degradación en el medio ambiente ha suscitado preocupaciones ambientales, aunque el desarrollo del reciclaje del poliestireno busca mitigar su impacto negativo. En resumen, el poliestireno es un material polimérico de múltiples facetas, fundamental en la construcción y el envasado, gracias a sus propiedades únicas, aunque su gestión ambiental plantea desafíos para la sostenibilidad.

### ***Poliestireno expandido***

El poliestireno expandido (EPS) como menciona ANAPE (2020), El Poliéstireno Expandido (EPS), comúnmente conocido como "corcho blanco" o "espuma de poliestireno", es una variante del poliestireno ampliamente reconocida por sus propiedades únicas y su versatilidad en aplicaciones diversas. Este material se obtiene mediante la expansión de gránulos de poliestireno con vapor de agua, creando una estructura celular cerrada y uniforme que le confiere propiedades excepcionales. El EPS se caracteriza por su ligereza, lo que lo convierte en un material de elección para aplicaciones que requieren reducción de peso, como envases, embalajes y productos de consumo. Su estructura de celdas cerradas proporciona un excelente aislamiento térmico, lo que lo hace valioso en la construcción para la fabricación de paneles aislantes y sistemas de aislamiento exterior. Esta capacidad de aislamiento térmico contribuye significativamente a la eficiencia energética de los edificios, reduciendo la pérdida de calor en invierno y la ganancia de calor en verano.

Además de su función como aislante térmico, el EPS ofrece un destacado aislamiento acústico, lo que mejora el confort acústico en espacios interiores. Su resistencia a la humedad lo hace adecuado para aplicaciones en condiciones húmedas, como techos y sistemas de

aislamiento subterráneo. La durabilidad del EPS es notoria, ya que es resistente a la degradación causada por microorganismos, hongos y termitas. Este aspecto garantiza una vida útil prolongada en diversas aplicaciones. A pesar de sus numerosas ventajas, el EPS también enfrenta críticas relacionadas con su impacto ambiental, principalmente debido a su lenta degradación en el medio ambiente. Sin embargo, la industria ha trabajado en el desarrollo de sistemas de reciclaje y la promoción de prácticas sostenibles en la gestión de este material.

### ***Propiedades Físicas***

#### **Aislamiento térmico**

El EPS exhibe propiedades excepcionales de aislamiento térmico frente al calor y el frío debido a su estructura celular, que consiste principalmente en aire atrapado en poliestireno. De hecho, aproximadamente el 98% del material es aire, mientras que solo el 2% son componentes sólidos.

El aislamiento térmico con ladrillos ecológicos representa una innovación significativa en la construcción sostenible y eficiente desde el punto de vista energético. Estos ladrillos se han diseñado específicamente para proporcionar un alto grado de aislamiento térmico en comparación con los ladrillos tradicionales, lo que contribuye a la mejora de la eficiencia energética de los edificios.

En primer lugar, los ladrillos ecológicos suelen estar fabricados con materiales sostenibles y renovables, como arcilla cocida o materiales reciclados. Esto reduce el impacto ambiental de la construcción y ayuda a conservar los recursos naturales.

La característica más destacada de los ladrillos ecológicos es su capacidad de aislamiento térmico superior. Estos ladrillos tienen una estructura que incorpora cámaras de aire o espacios huecos en su diseño, lo que reduce la transferencia de calor a través de las paredes. Esto significa que, en invierno, mantienen el calor dentro del edificio y en verano, evitan que el calor exterior penetre en el interior, lo que crea un ambiente interior más cómodo durante todo el año.

Además, el uso de ladrillos ecológicos en la construcción puede ayudar a reducir significativamente el consumo de energía necesario para climatizar un edificio. Esto se traduce en ahorros de costos a largo plazo y una menor huella de carbono, lo que es beneficioso tanto para los propietarios de viviendas como para el medio ambiente.

Los ladrillos ecológicos también pueden cumplir con los estándares y requisitos de construcción sostenible y eficiencia energética, como los certificados LEED o BREEAM, lo que agrega un valor adicional a los proyectos de construcción.

### **Comportamiento en el agua y vapor de agua**

En lo que respecta a su reacción ante la presencia de agua y vapor, el EPS exhibe niveles de absorción que oscilan entre el 1 y el 3% en volumen después de 28 días de inmersión. Es fundamental destacar que, a diferencia del agua en su estado líquido, "el vapor de agua tiene la capacidad de atravesar" la estructura celular del EPS cuando se produce un desequilibrio de presión y temperatura entre sus dos lados. La facilidad con la que el vapor de agua se difunde se mide utilizando el factor  $\mu$ , el cual varía en un rango de  $\mu = 20$  a  $\mu = 100$ .

El comportamiento en agua y vapor de agua al utilizar ladrillos ecológicos con poliestireno, como parte de sistemas de aislamiento, es un aspecto fundamental a considerar en la construcción sostenible y eficiente. Estos ladrillos, que incorporan poliestireno expandido (EPS) en su diseño, ofrecen un alto rendimiento en términos de aislamiento térmico y, al mismo tiempo, deben mantener su integridad y propiedades incluso cuando están expuestos a la humedad y al vapor de agua.

En términos de comportamiento en agua, los ladrillos ecológicos con poliestireno suelen tener una buena resistencia a la absorción de agua. El poliestireno expandido utilizado en su construcción es inherentemente resistente a la humedad debido a su estructura de celdas cerradas, que evita que el agua penetre en el material. Sin embargo, es importante asegurarse de que los ladrillos estén correctamente instalados y sellados para evitar cualquier posible infiltración de agua en las juntas o grietas.

El comportamiento frente al vapor de agua es igualmente relevante, especialmente en climas donde las fluctuaciones de temperatura y humedad son significativas. Los ladrillos ecológicos con poliestireno tienden a tener una buena barrera contra la difusión del vapor de agua, lo que ayuda a prevenir la condensación y la acumulación de humedad en las paredes. Esto es esencial para mantener la eficiencia energética del sistema de aislamiento y prevenir problemas de moho o deterioro a largo plazo.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la correcta instalación y el sellado adecuado de las juntas son cruciales para garantizar el rendimiento óptimo en cuanto al comportamiento en agua y vapor de agua de estos ladrillos. Cualquier brecha o imperfección en la instalación podría comprometer la resistencia al agua y al vapor de agua.

## **Estabilidad dimensional**

La estabilidad dimensional del EPS está sujeta a fluctuaciones debido a cambios de temperatura, lo que se mide mediante el coeficiente de expansión térmica. Este coeficiente varía entre 0.05 y 0.07 mm por metro de longitud. Por ejemplo, un panel aislante térmico de EPS de 2 metros de largo puede experimentar un cambio de longitud de 2 a 2.8 mm cuando se somete a un cambio de temperatura de 20°C.

La estabilidad dimensional es un factor crítico en la construcción, y al utilizar ladrillos ecológicos con poliestireno (EPS) como parte de sistemas de aislamiento, esta propiedad adquiere una relevancia especial. Los ladrillos ecológicos con EPS están diseñados para ofrecer un alto rendimiento en términos de aislamiento térmico y, al mismo tiempo, deben mantener su forma y dimensiones incluso en condiciones cambiantes de temperatura y humedad.

Una de las ventajas clave de los ladrillos ecológicos con EPS es su capacidad para mantener una estabilidad dimensional excepcional. El poliestireno expandido utilizado en estos ladrillos tiene una baja expansión y contracción térmica, lo que significa que las dimensiones del ladrillo se mantienen relativamente constantes a medida que las temperaturas fluctúan. Esto es crucial para garantizar que las paredes y la estructura del edificio no sufran deformaciones o grietas debido a cambios térmicos.

Además de su resistencia a las variaciones de temperatura, los ladrillos con EPS también exhiben una buena estabilidad dimensional en presencia de humedad. El EPS es inherentemente resistente a la absorción de agua debido a su estructura de celdas cerradas, lo que evita que la humedad penetre en el material y cause expansiones no deseadas. Esto es

especialmente importante en climas con alta humedad relativa o en aplicaciones donde los ladrillos están expuestos a la intemperie.

La estabilidad dimensional de los ladrillos ecológicos con EPS contribuye a la integridad estructural del edificio a lo largo del tiempo y a la eficiencia del sistema de aislamiento. La capacidad de mantener sus dimensiones originales garantiza que las juntas y conexiones sigan siendo efectivas en la prevención de infiltraciones de aire no deseado, lo que, a su vez, conserva la eficiencia energética y el confort interior.

### **Estabilidad frente a la temperatura**

En cuanto a su estabilidad a temperaturas extremas, el EPS puede resistir temperaturas en un rango variable. Puede soportar temperaturas de hasta 100°C durante exposiciones breves y aproximadamente 80°C en exposiciones continuas.

La estabilidad frente a la temperatura es un aspecto crítico cuando se utilizan ladrillos ecológicos con poliestireno (EPS) en la construcción. Estos ladrillos están diseñados para proporcionar aislamiento térmico, y su capacidad para mantener su forma y propiedades bajo una amplia gama de temperaturas es fundamental para garantizar el rendimiento del sistema de aislamiento.

Los ladrillos ecológicos con EPS tienen la ventaja de ser resistentes a las variaciones de temperatura. El poliestireno expandido utilizado en su construcción tiene una baja expansión y contracción térmica, lo que significa que las dimensiones del ladrillo se mantienen relativamente constantes a medida que la temperatura fluctúa. Esto es crucial para prevenir la deformación de las paredes y la estructura del edificio debido a cambios térmicos estacionales.

Además de su resistencia a las temperaturas extremas, los ladrillos con EPS también ofrecen un alto grado de aislamiento térmico. Esto significa que mantienen eficazmente la temperatura interior del edificio durante todo el año, reduciendo la pérdida de calor en invierno y la ganancia de calor en verano. Esto se traduce en un ambiente interior más cómodo y en ahorros significativos en costos de calefacción y refrigeración.

La estabilidad frente a la temperatura también es esencial para garantizar la longevidad del sistema de aislamiento y evitar problemas como la formación de grietas o fisuras en las paredes debido a cambios térmicos. Los ladrillos ecológicos con EPS son capaces de resistir estas tensiones térmicas sin comprometer su integridad.

### **Comportamiento frente a factores atmosféricos**

En relación con los factores atmosféricos, la principal preocupación para el EPS es la radiación ultravioleta. Una exposición prolongada a la luz ultravioleta puede causar que la superficie del EPS se vuelva amarillenta y quebradiza, lo que lo hace vulnerable al deterioro causado por la lluvia y el viento. Sin embargo, se pueden tomar medidas sencillas, como el uso de pinturas y recubrimientos, para protegerlo de estos efectos en aplicaciones constructivas.

El comportamiento frente a factores atmosféricos al utilizar ladrillos ecológicos con poliestireno (EPS) es un aspecto crítico en la construcción, ya que estos materiales deben resistir la exposición a diversas condiciones climáticas y ambientales a lo largo del tiempo. Los ladrillos ecológicos con EPS ofrecen ciertas ventajas en términos de durabilidad y resistencia a los elementos atmosféricos.

En cuanto a la resistencia a la humedad, el EPS tiene una estructura de celdas cerradas que lo hace inherentemente resistente a la absorción de agua. Esto significa que los ladrillos ecológicos con EPS pueden resistir la lluvia y la humedad sin que el material se vea afectado de manera significativa. Esta propiedad es esencial para prevenir problemas de degradación, como la formación de moho o la pérdida de propiedades aislantes, que pueden ocurrir en materiales más susceptibles a la humedad.

Además de la resistencia a la humedad, los ladrillos ecológicos con EPS también son resistentes a otros factores atmosféricos, como los rayos UV del sol. El EPS es generalmente resistente a la radiación UV, lo que significa que los ladrillos mantendrán su integridad y propiedades incluso cuando estén expuestos a la luz solar directa durante largos períodos.

Sin embargo, es importante destacar que la resistencia a factores atmosféricos puede variar según la formulación específica de los ladrillos y la calidad de los materiales utilizados en su fabricación. Además, la instalación adecuada y el sellado de juntas son esenciales para garantizar un comportamiento óptimo frente a condiciones atmosféricas adversas.

### ***Propiedades Químicas***

El EPS, según Paulino y Espino (2017), muestra estabilidad frente a una variedad de productos químicos, incluyendo colas, tintas solventes y vapores concentrados de estos productos. Para obtener información detallada sobre su estabilidad química, se puede consultar la Tabla 2.

Tabla 2. *Propiedades químicas del poliestireno expandido*

Sustancia Activa	Estabilidad
“Solución salina”	
“Jabones y soluciones de tensioactivos”	
“Ácidos diluidos”	
“Ácido clorhídrico 35%, ácido nítrico 50%”	“Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada”
“Soluciones alcalinas”	
“Aceites de parafina, vaselina”	
“Alcoholes (metanol, etanol)”	

*Fuente: ABAP (2020).*

### ***Poliestireno extruido***

El poliestireno extruido (XPS) se presenta como una espuma termoplástica rígida de células cerradas, lo que le confiere características técnicas valiosas en la construcción. Su propiedad de resistencia a la absorción de agua es especialmente relevante en aplicaciones como el aislamiento térmico exterior, donde contribuye significativamente a la durabilidad de las construcciones. Además, su rigidez proporciona una resistencia mecánica superior en comparación con otros materiales aislantes.

Conforme a la información proporcionada por la Asociación Ibérica de Poliéstireno Extruido (AIPEX) en 2020, el poliestireno expandido exhibe las siguientes propiedades:

**Aislamiento térmico:** La capacidad de conducir el calor del EPS varía según el tipo de gas para la espuma, y sus valores son de 0,029 a 0,036 W/mK.

**Absorción de agua:** Gracias a su estructura celular cerrada, el EPS presenta una absorción de agua a largo plazo que se mantiene por debajo del 0,7%.

Resistencia a la compresión: Este aspecto es un indicador crucial de la capacidad del material para recuperarse de deformaciones bajo la influencia de fuerzas. Los productos convencionales suelen tener resistencias de 300 kPa, aunque también existen variantes con resistencias de 500 y 700 kPa.

Ciclos de congelación-descongelación: El EPS demuestra su durabilidad en condiciones extremas, ya que, tras someterlo a 300 ciclos de congelación-descongelación, su resistencia a la compresión disminuye en menos del 10%, y la absorción de agua aumenta en menos del 1%.

Respecto a la gestión de residuos de poliestireno expandido, Carbajal (2017) menciona que se generan principalmente tres tipos de residuos: industriales (producidos durante el transporte de componentes en envases de EPS), comerciales (como envases de alimentos) y domésticos (procedentes de envases y embalajes diversos). El reciclaje mecánico del EPS se lleva a cabo mediante la trituración del material, sin necesidad de productos químicos. El proceso incluye la recolección, selección, trituración y almacenamiento del EPS triturado para diversos usos.

Ciclo de congelación-descongelación: En la construcción, el poliestireno expandido encuentra aplicaciones en diferentes campos de la ingeniería civil, incluyendo la construcción de tabiques. Estos tabiques se fabrican a partir de concreto liviano con poliestireno expandido y se utilizan como muros y divisiones en proyectos de vivienda, como se ilustra en la Figura 1 (Carbajal, 2017).

Figura 1. *Paneles de poliestireno*



Fuente: Carbajal (2017)

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, en las propiedades mecánicas y físicas para edificaciones en Lima 2021?

### 1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia de la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla con la resistencia a la compresión para edificaciones en Lima 2021?
- ¿Cuál es la influencia de la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla con la variación dimensional para edificaciones en Lima 2021?

- ¿Cuál es la influencia de la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla con la propiedad de alabeo para edificaciones en Lima 2021?
- ¿Cuál es la influencia de la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla con la propiedad de absorción para edificaciones en Lima 2021?
- ¿Cuáles son los costos para elaboración de ladrillos ecológicos a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno reciclado y arcilla en Lima 2021?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de la elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, en las propiedades mecánicas y físicas para ser utilizados en las edificaciones Lima 2021 .

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la influencia de la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla en la resistencia a la compresión para edificaciones en Lima 2021 .
- Determinar la influencia de la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, influye en la variación dimensional para edificaciones en Lima 2021 .

- Determinar la influencia de la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, en la propiedad de alabeo para edificaciones en Lima 2021.
- Determinar la influencia de la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, en la propiedad de absorción para edificaciones en Lima 2021.
- Determinar los costos para la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla para edificaciones en Lima 2021.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2 %, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, si influye en las propiedades mecánicas y físicas para ser utilizados en edificaciones en Lima 2021.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- La elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, si influye en la resistencia a la compresión, para ser utilizado en edificaciones en Lima 2021.
- La elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, si influye en la variación dimensional para ser utilizado en edificaciones en Lima 2021.

- La elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, si influye en la propiedad de alabeo para ser utilizado en edificaciones en Lima 2021.
- La elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, si influye en la propiedad de absorción para ser utilizado en edificaciones en Lima 2021.
- Los costos de elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla si influye en las edificaciones en Lima 2021.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

#### **2.1.1. Enfoque**

La investigación analiza aspectos numéricos y medibles. En ese sentido se desarrollará el enfoque cuantitativo. Al respecto (Niño R, 2011) menciona que “este tipo de investigación tiene que ver con la cantidad y, por la tanto, su medio principal es la medición y el cálculo. En general, busca medir variables con referencia a magnitudes” (p.25). Así mismo (Torracchi C, Caparó E, & Pariona M, 2019) señalan que: El enfoque cuantitativo se fundamenta en un esquema deductivo y lógico, busca formular preguntas de investigación e hipótesis para posteriormente probarlas, utiliza el análisis estadístico, es reduccionista y pretende generalizar los resultados.

#### **2.1.2. Alcance**

La presente investigación es causal explicativa, para (Arias O, 2012) en la investigación explicativa se busca demostrar que los cambios efectuados en la variable independiente, tienen incidencia en la variable dependiente, estableciéndose así una relación de causa y efecto.

#### **2.1.3. Diseño**

El diseño es experimental. Para (Martínez R & Benítez O, 2016) en este proceso se utiliza la inducción y la deducción. Prima la observación del objeto de estudio y manipulación de variables para comprobar o demostrar hechos y con base a los resultados obtenidos, formular hipótesis que permitan establecer generalizaciones, los cuales se puedan verificar.

En consecuencia, se trata de una investigación aplicada que busca abordar un problema específico relacionado con la elaboración de ladrillos ecológicos utilizando poliestireno y arcilla en proyectos de construcción. Este enfoque se alinea con la definición de Bernal (2010) sobre investigaciones aplicadas, que buscan resolver problemas y aplicar los conocimientos adquiridos.

En términos de profundidad, este estudio es de naturaleza explicativa, siguiendo la descripción de Baena (2017) sobre investigaciones que buscan identificar relaciones causales. No se limita a describir el problema, sino que también busca comprender sus causas. El objetivo principal de esta investigación es evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos ecológicos que contienen diferentes porcentajes de poliestireno y arcilla (0,2%, 0,5% y 0,7%) para su uso en proyectos de construcción.

En cuanto a la naturaleza de los datos, se trata de un enfoque cuantitativo que se enfoca en la identificación de propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos ecológicos, como la resistencia, las dimensiones, la deformación y el costo, utilizando datos numéricos. Este enfoque se ajusta a la definición de Hernández et al. (2014) sobre investigaciones cuantitativas, que se basan en la recopilación de datos numéricos y estadísticos para probar hipótesis y descubrir patrones de comportamiento.

Según el manejo de la variable es pre experimental. Baena (2017) menciona que este tipo de investigación es aquella en la que el investigador se aproxima a una investigación experimental pero no tiene el control suficiente que permita manipular la variable.

## 2.2. Población y muestra

### 2.2.1. Población

La población de estudio es el conjunto de casos que comparten ciertas características y son objeto de investigación (Hernández et al., 2014). En este estudio, la población La población está formada por los m<sup>3</sup> de mezcla de poliestireno. (0,2%, 0,5% y 0,7%), como se detalla en una tabla proporcionada.

#### POBLACION OBJETIVO

M	PATRON
M1	0.2% POLIESTIRENO
M2	0.5% POLIESTIRENO
M3	0.7% POLIESTIRENO

Diseño	Diseño de mezcla	Volumen
C-1	Referencia	1m <sup>3</sup>
C-2	0.2 % Poliestireno	1m <sup>3</sup>
C-3	0.5 % Poliestireno	1m <sup>3</sup>
C-4	0.7 % Poliestireno	1m <sup>3</sup>
TOTAL		4m <sup>3</sup>

Con los 4m<sup>3</sup>, se elaboraron 150 probetas

### 2.2.2. Muestra

La muestra es un subgrupo de la población a estudiar de cual se recolectan datos, donde a la vez tienen que ser bien definidos y delimitados con precisión y tiene que representar a la población. Por lo tanto, las muestras tienen que ser representativos estadísticamente (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.173)

Tabla 3. *Determinación de la muestra de ladrillos ecológicos para investigación*

Diseño	Diseño de mezcla	Volumen
C-1	Referencia	0.4m <sup>3</sup>
C-2	0.2 % Poliestireno	0.4 m <sup>3</sup>
C-3	0.5 % Poliestireno	0.4 m <sup>3</sup>
C-4	0.7 % Poliestireno	0.4 m <sup>3</sup>
TOTAL		1.6 m <sup>3</sup>

Con 1.6 m<sup>3</sup>, se elaboraron 120 probetas, con un desperdicio de material de 0.4 m<sup>3</sup>.

### 2.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Se emplea la técnica de observación para analizar detenidamente la producción de ladrillos ecológicos que contienen distintos porcentajes de poliestireno y arcilla (0,2%, 0,5% y 0,7%), para posteriormente aplicar las pruebas de resistencia, dimensionales, alabeo y otros, los resultados de estas pruebas deberán registrarse en formatos que deben permitir su evaluación y posterior formulación de las conclusiones correspondientes.

De acuerdo a Baena (2017) toda técnica de observación y registro de datos debe seguir el método científico con el objetivo de observar y estudiar las variaciones de la variable en un contexto natural, donde el fenómeno evaluado se comporta de manera espontánea, y el evaluador no interviene en los hechos. Es importante destacar que las herramientas de investigación desempeñan un papel fundamental al respaldar las técnicas utilizadas para alcanzar los objetivos de la investigación. En este estudio, las herramientas de investigación se materializan en las pruebas de laboratorio correspondientes y los registros asociados a dichas pruebas.

Tabla 4. *Técnicas e instrumentos de investigación (pruebas)*

“NORMA”	“TÉCNICA”	“INSTRUMENTO”
“E070; NTP 399.613”	“Resistencia a la compresión de unidad de ladrillo ecológico”	“Máquina de compresión”
“E070; NTP 399.613 y 399.604”	“Variación dimensional de unidad de ladrillo ecológico”	“Regla graduada de acero”
“E070; NTP 399.604 y 399.613”	“Ensayo de Alabeo y Absorción a unidad de ladrillo ecológico”	“Regla metálica de 30cm”. “Regla graduada de acero”.
“Normas financieras”	“Análisis financiero e indicadores de costos”	“Fórmulas de costos”.

*Nota:* Elaboración propia.

## 2.4. Validez

Mediante el juicio de expertos se ha validado el instrumento de investigación, cuatro expertos evaluaron los instrumentos, estos son expertos en el tema, poseedores de solvencia profesional y moral para esta verificación.

Sobre el particular Hernández (2019) infiere que la validez de un instrumento de investigación puede ser evidenciado mediante el juicio del conocimiento y experiencia de expertos.

La validez de un instrumento de investigación generalmente estará dada en función que sirva para medir la variable que se desea medir. (Hernández, R., y otros, 2019)

Existen diversas formas de validar un instrumento, para efectos de la investigación realizada, primero el instrumento se sometió a validez de contenido porque responde a los objetivos que se han formulado, para ello se determinaron las dimensiones y los indicadores para luego formular los ítems respectivos.

Se solicitó la colaboración y conocimientos de especialistas en el área de metodología del estudio, quienes determinaron la validez de construcción y contenido del cuestionario.

Tabla 5. Valoración del instrumento por juicio de expertos

Grado	Metodólogo	Juicio
Magister	Hugo Isaac Meléndez Sánchez	Si hay suficiencia
Magister	Clever Fustavamante Fuentes	Si hay suficiencia
Magister	German Andrés López Velásquez	Si hay suficiencia
Magister	Dante Jesús Castro Arballo	Si hay suficiencia

*Nota.* Elaboración propia

Una vez consolidado el juicio de los expertos el resultado es que el instrumento de investigación es aplicable al estudio.

## 2.5. Confiabilidad

Para evaluar la confiabilidad, se aplicó un piloto a 4 especialistas de ingeniería civil (muestra representativa del 40% de la población censal), formulando una base de datos, a las que se aplicó el coeficiente Alfa de Cronbach con el SPSS.

Así también, la confiabilidad de un instrumento de investigación se mide verificando que su aplicación repetida genera resultados similares. (Hernández, R., y otros, 2019).

El coeficiente Alfa de Cronbach para escalas múltiples es el siguiente:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left( 1 - \frac{\sum S^2}{St^2} \right)$$

Donde:

$\alpha$  = Coeficiente de confiabilidad

K = número de Ítems

$\sum S^2$  = Sumatoria de la varianza por ítems

St<sup>2</sup> = varianza total del instrumento.

Los resultados se interpretaron de acuerdo con el siguiente cuadro de relación:

Tabla 6. Cuadro relación coeficiente alfa de Cronbach

ESCALA	CATEGORÍA
0 – 0,20	Muy baja
0,21 – 0,40	Baja
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Alta
0,81 – 1	Muy alta

Nota: Elaboración propia

Los resultados del piloto son:

Tabla 7. Cuadro de Resultados de muestra piloto para análisis de Confiabilidad

N	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 12	P 13	SUMA
1	1	3	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	17
2	2	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1	1	21
3	1	2	1	4	1	1	2	1	2	1	1	1	1	19
4	1	2	1	2	2	1	4	1	1	2	3	1	2	23
5	2	2	3	2	1	2	4	1	1	1	4	2	1	26
6	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	17
7	2	3	3	1	3	1	4	4	2	2	3	2	1	31
8	2	3	3	2	3	2	4	4	2	2	4	1	2	34
9	2	1	1	1	1	2	1	3	2	1	2	1	1	19
10	2	1	2	1	3	1	1	4	2	2	3	1	2	25
11	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	4	2	1	20
12	2	3	3	3	3	2	4	4	2	2	4	1	2	35
13	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	15
14	2	1	3	2	1	2	4	2	1	2	4	1	1	26
15	2	3	1	3	3	1	4	3	2	2	2	2	2	30
16	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	3	1	1	18
17	1	3	2	1	3	1	1	3	1	2	1	1	2	22
18	2	2	3	3	3	1	4	2	2	1	4	1	1	29
19	2	3	2	3	3	2	4	4	2	2	3	2	2	34
20	2	3	3	3	3	2	4	3	1	2	3	1	2	32
<b>VAR</b>	0.221	0.842	0.787	0.695	0.997	0.261	2.092	1.411	0.261	0.197	1.397	0.197	0.261	9.618

Nota: Elaboración propia

Aplicando la fórmula:

$$\alpha = \frac{13}{13 - 1} \left( 1 - \frac{9.618}{41.608} \right)$$

$$\alpha = 1.093(1 - 0.231)$$

$$\alpha = 0.833$$

El valor obtenido 0.833 significa una confiabilidad “Muy Alta”, confirmando el resultado.

El resultado de la prueba de confiabilidad según el estadista utilizado son los siguientes:

Tabla 8. *Estadístico de fiabilidad de la variable: Ladrillo ecológico*

Alfa de Cronbach	N° de elementos
<b>0,833</b>	20

*Nota:* Elaboración propia

Los resultados de Alfa de Cronbach es 0.833, estableciéndose una alta confiabilidad del instrumento, por ser mayor de 0.60, según el baremo de estimación, lo que acepta aplicar el instrumento.

Tabla 9. *Estadístico de fiabilidad de la variable: Propiedades mecánicas*

Alfa de Cronbach	N° de elementos
<b>0,833</b>	20

*Nota:* Elaboración propia

En función de los resultados de alfa de Cronbach cuyo valor es 0.833, se estableció que el instrumento tenía una alta confiabilidad, puesto que es mayor que 0.60, según el baremo de estimación, razón por la cual se aceptó la aplicación de dicho instrumento.

## 2.6. Procedimiento

Los ladrillos de mampostería ecológicos están compuestos por poliestireno (0,2%, 0,5% y 0,7%) y arcilla. Para determinar sus propiedades físicas y recopilar datos, se sigue la dosificación según las pautas de ACI 211. Esto implica calcular la cantidad de agua necesaria y fracciones de volumen para la mezcla.

- Cálculo del volumen y peso de arcilla.
- Cálculo del volumen y peso de poliestireno.
- “Aporte de agua libre de los agregados”
- “Cantidad de agua efectiva para diseño”
- “Cálculo de las proporciones en volumen”

### 2.6.1 Dosificación de materiales para la manufactura de ladrillos con poliestireno y arcilla

Se emplea como materia prima el poliestireno que se encuentra como material reciclable, material que se empleará mezclado con arcilla.

Tabla 10. *Dosificación de materiales con relación a la mezcla*

Tipo	Arcilla (%)	Poliestireno (%)	Agua (%)
1	74.8	0.2	25
2	74.5	0.5	25
3	74.3	0.7	25

*Nota:* Elaboración propia.

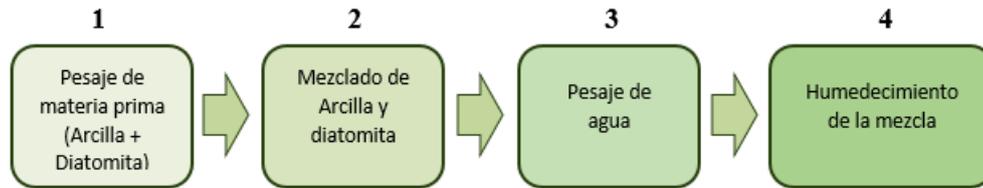
La proporción de agua utilizada en la mezcla (25%) es estándar para la fabricación de elementos de albañilería y se basa en el peso total de la mezcla de arcilla y poliestireno. El contenido de poliestireno se define como la cantidad de arcilla que se sustituye por poliestireno para reducir la proporción de arcilla en la mezcla.

## 2.6.2 Elaboración de las unidades de albañilería

### Mezclado de materias primas

La preparación de los materiales y la mezcla se realiza de manera manual utilizando herramientas manuales siguiendo un procedimiento establecido.:

Figura 2. *Proceso de mezclado – manufactura de ladrillo ecológico*



*Nota:* Elaboración propia

La materia prima se pesa y se mezcla como se muestra en la tabla 7:

Tabla 11. *Dosificación por peso*

Tipo	Arcilla (Kg)	Poliestireno (Kg)	Agua (Lt.)
1	60.36 Kg	0.12 Kg	15 Lt
2	60.18 Kg	0.30 Kg	15 Lt
3	60.06 Kg	0.42 Kg	15 Lt

*Nota:* Elaboración propia.

El cálculo del peso se ha efectuado sobre la base de 181.44 Kg., debiendo añadir a la mezcla el 25% de agua, el volumen de agua es de 15 litros (Lt), en peso es igual a 15 kg. El peso total de la mezcla es 226.44 kg.

Después de determinar el peso de cada componente, se procedió a colocar la materia prima en los contenedores (bins) y luego se realizó la mezcla de manera manual. El resultado de este proceso fue un total de 72 unidades de albañilería, divididas en 24 unidades de tipo 1 (con un 0,2% de poliestireno), 24 unidades de tipo 2 (con un 0,5% de poliestireno) y 24 unidades de tipo 3 (con un 0,7% de poliestireno).

- "Muestra 1 (0.2% de poliestireno), se preparó 60.48 Kg de materia prima, de las cuales 0.12 Kg es poliestireno y 60.36 Kg es arcilla".
- "Muestra 2 (0.5% de poliestireno), se preparó 60.48 Kg de materia prima, de las cuales 0.30 Kg es poliestireno y 60.18 Kg es arcilla".
- "Muestra 3 (0.7% de poliestireno), se preparó 60.48 Kg de materia prima, de las cuales 0.42 Kg es poliestireno y 60.06 Kg es arcilla".

"El agua se agrega en función al peso total de la materia prima mezclada, y en todos los casos (muestras tipo 1, 2 y 3)", se añadió 15 litros de agua por tipo, es decir 15 kg de agua; cada tipo de mezcla pesa 75.48 kg., haciendo un total de 226.44 kg. Para el moldeado, dimensionaron tablas de maderas con las siguientes medidas:

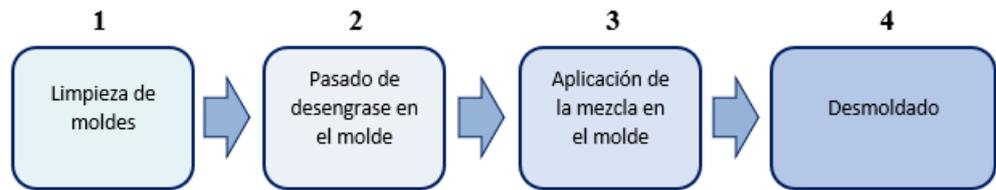
Tabla 12. *Dimensiones del molde para ladrillo*

<b>"Dimensiones"</b>	<b>"Longitud (cm)"</b>
"Largo"	"23 cm".
"Ancho"	"12 cm".
"Espesor (Altura)"	"9 cm".

*Nota:* Elaboración propia.

El proceso se ha realizado:

Figura 3. *Proceso de moldeo de unidades de albañilería con mezcla de poliestireno*



*Nota:* Elaboración propia

Figura 4. *Moldes de unidades de albañilería - mezcla de poliestireno*



*Nota:* Elaboración propia

### **Secado de las unidades de albañilería**

En cuanto al secado de los ladrillos con poliestireno, es importante destacar que estos no pueden estar expuestos a condiciones de lluvia, humedad o frío durante este proceso. Para prevenir la aparición de grietas o desgarros durante el secado, se utilizan mantas plásticas para proteger los ladrillos de condiciones climáticas adversas, como el frío intenso y la humedad. Estas mantas se aplican durante la noche y se retiran durante el día para permitir que los ladrillos se sequen de forma natural bajo la exposición al sol.

El proceso se ha realizado:

Figura 5. Proceso de secado de unidades de albañilería con mezcla de poliestireno.



*Nota:* Elaboración propia

El período de secado requerido es de 2 semanas antes de avanzar a la fase de curado, con el objetivo de lograr un secado óptimo de los ladrillos. Durante este proceso, es esencial mantener una ventilación moderada en la habitación para garantizar un secado uniforme.

El apilamiento de los ladrillos debe realizarse de manera adecuada, ya que la mayor parte de la superficie de los ladrillos se expone al calor generado durante la cocción en el horno. Las caras laterales de los ladrillos no deben estar en contacto entre sí para evitar problemas durante la cocción.

### 2.6.3 Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas

#### Resistencia a la compresión

Se evalúa la resistencia a la compresión de paños de pared compuestos por 4 ladrillos unidos con mortero en proporciones 1:4 con 1 cm de espesor. Estos pilotes de pared son curados durante un período de 14 días según las normativas vigentes.

Figura 6. *Elaboración de muestra*



*Nota:* Elaboración propia (2021)

Se colocó una capa de mortero en la base, y luego se fueron apilando uno tras otro :

Figura 7. *Construcción de pilas*



*Nota:* Elaboración propia (2021)

Después del período de curado, se realizaron pruebas de compresión en tres pilotes de pared con el propósito de establecer una muestra estándar o línea de base, mientras que el resto de los pilotes se sometió a exposición al agua en grupos de quince unidades durante períodos de cinco, diez y quince días, respectivamente. Estas pruebas se llevaron a cabo siguiendo un protocolo específico y considerando las siguientes consideraciones.

### **Antes del ensayo:**

Antes de iniciar la prueba, se llevaron a cabo acciones para garantizar la precisión de los resultados. Esto incluyó la determinación de las dimensiones promedio de los insertos (a, b y h) mediante la lectura de al menos tres valores para cada dimensión, lo que permitió establecer el área resistiva más probable y la dimensión que fuese más susceptible a algún tipo de deformación. Se verificó el paralelismo de las caras a comprimir, lo que resultaba fundamental para evitar discrepancias en la medición de la carga. Si la máquina de ensayo no registraba la carga cuando las caras comprimidas no eran paralelas, se consideraba una posible anomalía, como una deformación inicial sin nivel de tensión.

Figura 8. *Colocación de pila en máquina de compresión*



*Nota:* Elaboración propia (2021)

### **Acciones durante del ensayo:**

Durante la realización de la prueba, se tomaron medidas adicionales para garantizar su precisión y confiabilidad. Esto incluyó el etiquetado y la codificación de cada muestra, así como la medición del área de resistencia. Se aseguró de que las

caras estuvieran paralelas y uniformes, lo que garantizaba una distribución adecuada de la carga. Además, se colocó papel en la parte inferior y superior de la muestra antes de transferirla a la prensa hidráulica. Se midió tanto la carga aplicada como el alargamiento del material durante la compresión, y se mantuvo un monitoreo constante del elemento de carga.

Figura 9. *Visualización del ensayo de compresión diagonal*



*Nota:* Elaboración propia (2021)

Durante el proceso, cualquier deformación causada por el aumento de la carga se registró en incrementos de 500 kg. Una vez que un pilote experimentó un fallo, se registraron tanto la carga final aplicada como el alargamiento máximo alcanzado. Finalmente, se retiró el pilote de la pared y se preparó la máquina para llevar a cabo la siguiente prueba.

### **Ensayos de propiedades físicas**

Para Ccoscco y De la Cruz (2020) las propiedades físicas de la unidad de albañilería, son las características que describen un objeto o sustancia, estas propiedades suelen presentarse de manera objetiva y se percibe a través de la observación o a través de pruebas

o ensayos que permiten establecer las variables de dichas propiedades, estas propiedades físicas son:

- **Variación dimensional**

En relación a esta dimensión, según la tesis de Huamaní y Solís (2020), se hace hincapié en una propiedad física de gran relevancia que se refiere a la capacidad de determinar el espesor de la junta horizontal al colocar los ladrillos en la construcción de muros de mampostería. Esta propiedad desempeña un papel crucial en la evaluación del comportamiento estructural del muro. En otras palabras, cuando la desviación dimensional de los ladrillos es mayor, se traduce en un aumento del espesor de la junta, lo que a su vez conlleva una reducción en la resistencia de los muros de mampostería. Para medir la variación dimensional de los ladrillos, se realiza una cuidadosa medición en el centro de los bordes que limitan cada lado.

- **Alabeo**

De acuerdo a Núñez (2019) el alabeo y su efecto son similares a la variación dimensional, pues permite el incremento o reducción del espesor de las juntas de mortero. Es decir, es una propiedad que determina la existencia de deformación curvilínea que puede presentar el ladrillo, si presenta mayor alabeo requiere mayores juntas.

- **Absorción**

En concordancia con Huamaní y Solís (2020), la absorción se define como un indicador de la impermeabilidad de la mampostería, y es esencial que este valor no supere el 22%. Superar este porcentaje implica que la mampostería se considera porosa, lo que a su vez resulta en una resistencia deficiente a las condiciones climáticas adversas. Esta porosidad puede afectar negativamente la adherencia entre los materiales, ya que el ladrillo tiende a

absorber el agua del mortero utilizado durante la construcción del muro. Es importante destacar que la normativa peruana establece límites específicos para el porcentaje de absorción, ya que esta característica está directamente relacionada con la durabilidad de la mampostería en entornos climáticos extremos, debido a que los ladrillos porosos presentan menor resistencia a la intemperie; este aspecto deja de tener importancia cuando los muros son recubiertos con aditivos especiales.

## **2.7. Análisis de datos**

En el proceso de laboratorio, se realizan pruebas que involucran tres muestras compuestas por ladrillos ecológicos. Estas muestras se someten a análisis en un laboratorio, donde se llevan a cabo las pruebas pertinentes, como las relacionadas con los ladrillos ecológicos. Todos los datos obtenidos se registran en tablas de recopilación de datos y posteriormente se analizan utilizando el software Microsoft Excel. Además, para realizar un análisis estadístico riguroso, se recurre al uso del software SPSS 25, con confianza del 95% y significancia del 5%.

En lo que respecta a la fabricación de los ladrillos de mampostería o ladrillos ecológicos, estos se elaboran a partir de una combinación de poliestireno y arcilla, lo que les confiere sus características específicas.

## **2.8. Aspectos éticos**

Para la presente investigación se ha tenido en cuenta la autoría de la información y los conceptos mencionados, citando y referenciando la bibliografía correspondiente.

Así también, los resultados de las pruebas técnicas y estadísticas se han considerado tal cual se obtuvieron los resultados sin alteraciones de ningún tipo, cuidando la veracidad de la información y consistencia de la investigación.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Ensayo de resistencia a compresión

Luego de un periodo de 14 y 28 días de secado en el laboratorio, se llevaron a cabo las evaluaciones de resistencia a la compresión de ladrillos, siguiendo el protocolo NTP 399.613. Se emplearon tres ejemplares de ladrillos con adiciones de 0,2%, 0,5% y 0,7% de poliestireno.

#### 3.1.1. Resultados del ensayo de resistencia a compresión

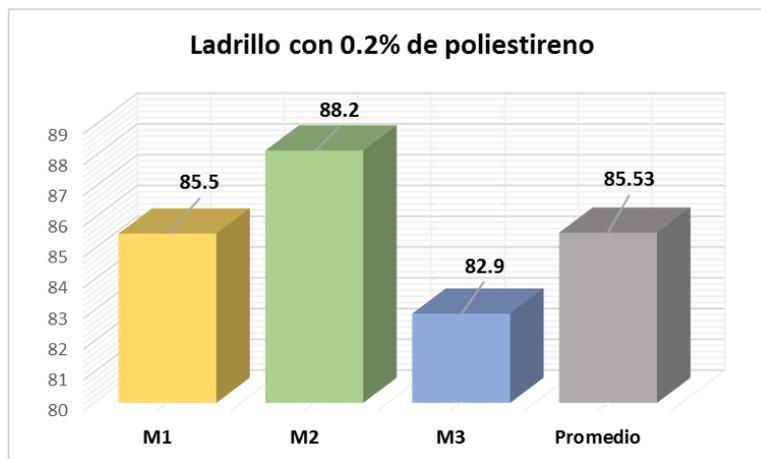
##### a. Ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno a los 14 días de secado

Tabla 13. Resistencia a la compresión al 0.2% de poliestireno (14d)

“Indicadores”		“Largo” (cm)	“Ancho” (cm)	“Área” (cm <sup>2</sup> )	“Carga” (kg)	“F <sub>b</sub> ” (kg/cm <sup>2</sup> )
0.2% de Poliestireno	M1	22.80	11.80	269.04	23002.92	85.50
	M2	22.90	11.90	272.51	24035.38	88.20
	M3	23.00	12.00	276.00	22880.40	82.90
Resistencia a la compresión promedio						85.53

Nota: Elaboración propia.

Figura 10. Resistencia a la compresión



Nota: Elaboración propia (2021)

Los resultados de la resistencia a la compresión de ladrillos, tras la inclusión de un 0,2% de poliestireno y un período de secado de 14 días, se presentan en la Tabla 14 y la Figura 10. Los valores obtenidos son los siguientes: para la muestra 1 se registró 85,50 kg/cm<sup>2</sup>, para la muestra 2 se obtuvo 88,20 kg/cm<sup>2</sup>, y para la muestra 3 se alcanzó 82,90 kg/cm<sup>2</sup>, con una media de 85,53 kg/cm<sup>2</sup>.

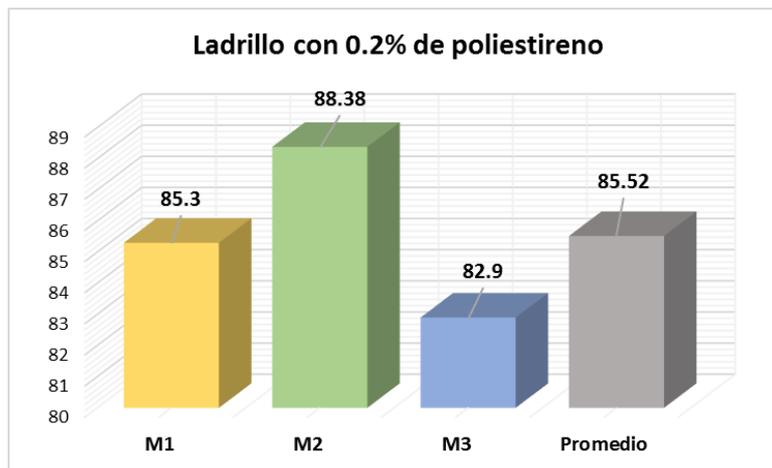
**b. Ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno (28 días)**

Tabla 14. Resistencia a la compresión 0.2% de poliestireno (28d)

“Indicadores”		Largo (cm)	“Ancho” (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	“Carga” (kg)	“F <sup>b</sup> ” (kg/cm <sup>2</sup> )
0.2% de Poliestireno	M1	22.80	11.80	269.04	22949.12	85.30
	M2	22.90	11.90	272.51	24084.44	88.38
	M3	23.00	12.00	276.00	22880.40	82.90
Resistencia a la compresión promedio						85.52

Nota: Elaboración propia.

Figura 11. Gráfico de resistencia a la compresión



Nota: Elaboración propia (2021)

Por otro lado, la Tabla 15 y la Figura 11 exhiben los resultados de la prueba de compresión para ladrillos con la adición de 0,2% de poliestireno después de 28 días de secado, donde los valores son los siguientes: para la muestra 1 se obtuvo 85,30 kg/cm<sup>2</sup>, para la muestra 2 se alcanzó 88,38 kg/cm<sup>2</sup>, y la muestra 3 registró 82,90 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 85,52 kg/cm<sup>2</sup>.

## **Análisis estadístico**

### **Prueba de normalidad**

Para llevar a cabo el análisis de normalidad, se utilizó el software SPSS 25 y se consideró la variable de resistencia a la compresión de los ladrillos de poliestireno al 0,2% después de 28 días.

Tabla 15. *Prueba de normalidad - Resistencia a la compresión ladrillo 0.2% poliestireno*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Resistencia ladrillo con 0.2% poliestireno	,992	3	,826

*Nota:* Elaboración propia.

Los resultados de tres muestras, todas con menos de 30 elementos, están expuestos en la Tabla 16. Para evaluar su normalidad, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, cuyo valor de p es 0,826. Este valor supera el nivel de significancia ( $\alpha$ ) establecido en 0,05. En consecuencia, se puede inferir que los resultados de la resistividad del ladrillo con un 0,2% de poliestireno poseen una distribución que se ajusta a la normalidad.

## Prueba T Student

En este contexto, se aplicó la prueba t de Student a una muestra específica, en la que se comparó la media de un grupo con un valor de referencia establecido en la norma NTP E070. Esta prueba paramétrica se empleó en relación a los "resultados de resistencia a la compresión del ladrillo" con un 0,2% de poliestireno después de 28 días de secado. Se comprobó que se cumplía el supuesto de normalidad, y se presentó una prueba específica de normalidad en el Anexo 5. El análisis se centró en ladrillos ecológicos, considerando los requisitos de la norma E-070 para ladrillos de construcción tipo II con una resistencia de 130 kg/cm<sup>2</sup> como referencia. El procedimiento estadístico se replicó para todos los resultados, presentándose uno de ellos como ejemplo en la Tabla 17.

### Prueba t de Student:

Tabla 16. *Prueba t de Student para resistencia a compresión con 0.2% de Poliestireno.*

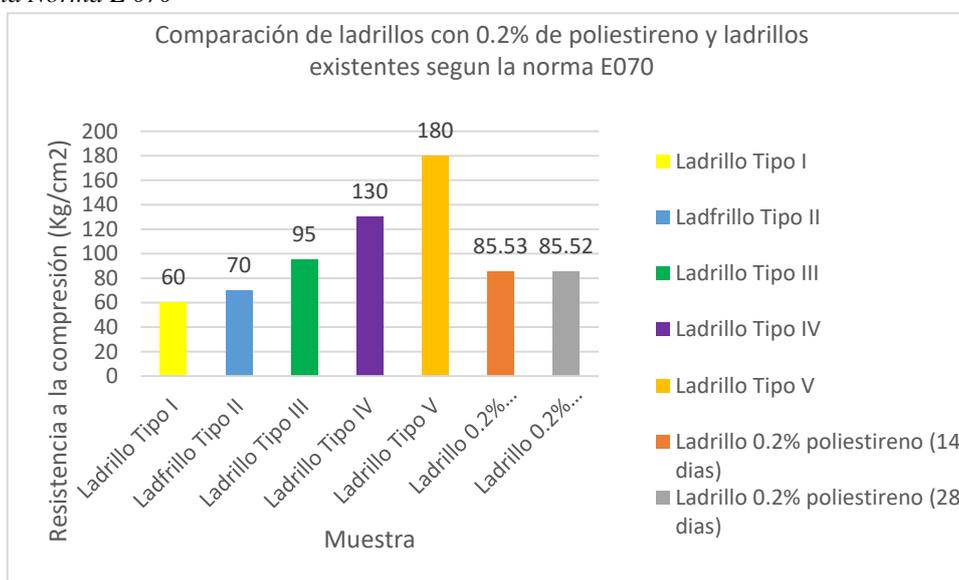
	Valor de prueba = 130				
	T	Gl	Sig. (bilateral)	95% de confianza	
				Inferior	Superior
Resistencia ladrillo con 0.2% de poliestireno	9,598	2	0,011	2,9056	7,6277

*Nota.* Elaboración propia.

La prueba arroja un valor T de 9.598 con 2 grados de libertad y un nivel de significancia (Sig.) de 0.011 en un enfoque bilateral. Esto significa que la diferencia entre la resistencia real medida en los ladrillos con un 0.2% de poliestireno y el valor de prueba de 130 es estadísticamente significativa.

Se puede deducir que la incorporación del 0,2% de poliestireno en los ladrillos ecológicos resulta en una mejora significativa de sus propiedades mecánicas, especialmente en el contexto del diseño de edificaciones en Lima durante el año 2021, donde se establece un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0,05. Estos ladrillos ecológicos se clasifican como Tipo II y cumplen con los requisitos establecidos en la norma NTP E-070.

Figura 12. Comparación de ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno y ladrillos existentes según la Norma E 070



Nota: Elaboración propia.

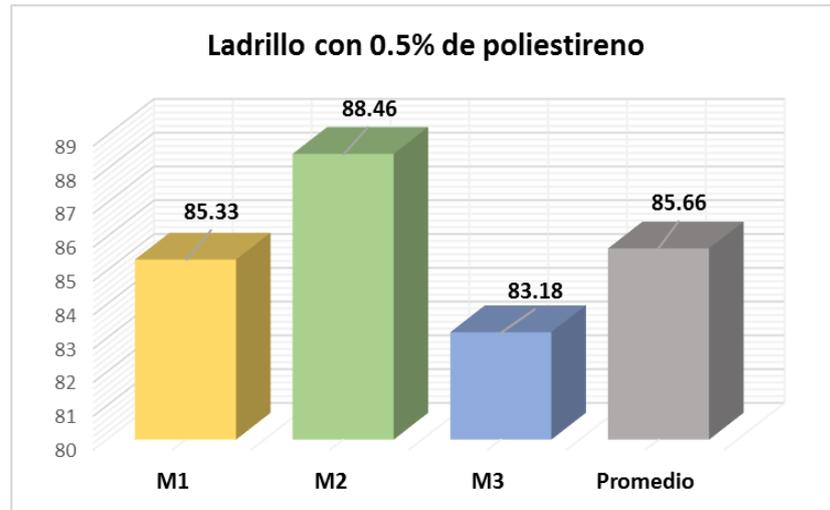
### c. Ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno a los 14 días de secado

Tabla 17. Resistencia a la compresión del ladrillo ecológico 0.5% de poliestireno (14d)

“Indicadores”		“Largo” (cm)	“Ancho” (cm)	“Área” (cm <sup>2</sup> )	“Carga” (kg)	“F <sup>b</sup> ” (kg/cm <sup>2</sup> )
0.5% de Poliestireno	M1	22.80	11.80	269.04	24755.90	85.33
	M2	22.90	11.90	272.51	25547.80	88.46
	M3	23.00	12.00	276.00	24320.60	83.18
Resistencia a la compresión promedio						85.66

Nota: Elaboración propia.

Figura 13. Gráfico de resistencia a la compresión de tres muestras de ladrillos



Nota: Elaboración propia (2021)

Los resultados de la prueba de compresión para ladrillos con un 0,5% de poliestireno después de un período de secado de 14 días se exponen en la Tabla 18 y la Figura 13, con valores que son los siguientes: muestra 1 = 85,33 kg/cm<sup>2</sup>, muestra 2 = 88,46 kg/cm<sup>2</sup>, muestra 3 = 83,18 kg/cm<sup>2</sup>, y una media de 85,66 kg/cm<sup>2</sup>.

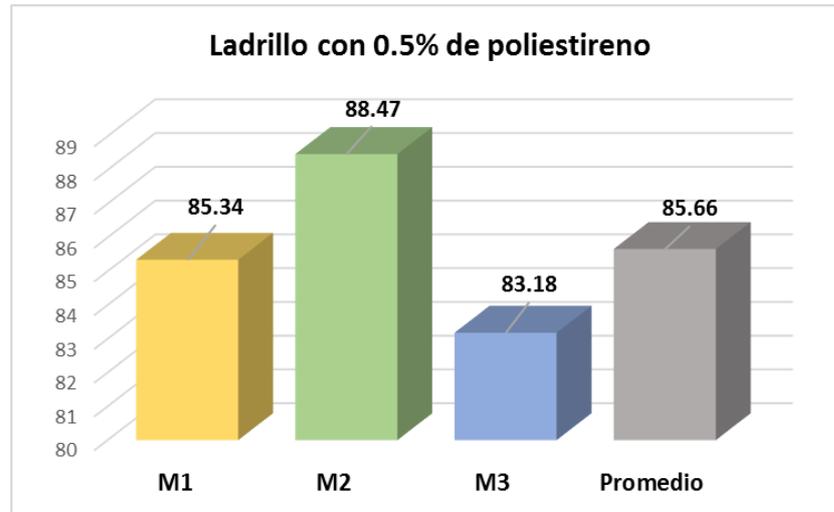
#### d. Ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno a los 28 días de secado

Tabla 18. Resistencia a la compresión del ladrillo ecológico 0.5% de poliestireno (28d)

“Indicadores”		“Largo” (cm)	“Ancho” (cm)	“Área” (cm <sup>2</sup> )	“Carga” (kg)	“F’b” (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>0.5% de Poliestireno</b>	<b>M1</b>	22.80	11.80	269.04	24756.90	85.34
	<b>M2</b>	22.90	11.90	272.51	25548.80	88.47
	<b>M3</b>	23.00	12.00	276.00	24320.90	83.18
<b>Resistencia a la compresión promedio</b>						<b>85.66</b>

Nota: Elaboración propia.

Figura 14. Gráfico de resistencia a la compresión de tres muestras de ladrillos



Nota: Elaboración propia (2021)

Asimismo, en la Tabla 19 y la Figura 14 se presentan los resultados de la prueba de compresión para ladrillos con un 0,5% de poliestireno después de 28 días de secado, con los valores siguientes: muestra 1 = 85,34 kg/cm<sup>2</sup>, muestra 2 = 88,47 kg/cm<sup>2</sup>, muestra 3 = 83,18 kg/cm<sup>2</sup>, y una media de 85,66 kg/cm<sup>2</sup>.

### Análisis estadístico

#### Prueba de normalidad

Para llevar a cabo el análisis de normalidad, se empleó el programa SPSS 25, enfocándose en la variable de resistencia a la compresión de los ladrillos con una adición del 0,5% de poliestireno después de 28 días.

Tabla 19. Prueba de normalidad - Resistencia a la compresión ladrillo 0.5% poliestireno

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Resistencia ladrillo con 0.5% poliestireno	,992	3	,824

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 20 presenta los resultados de tres muestras, cada una con un número de elementos inferior a 30, utilizando la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Esto arroja un valor p de 0,824, que se sitúa por encima del nivel de significancia predefinido ( $\alpha$ ) de 0,05. En consecuencia, se puede concluir que los resultados relativos a la resistencia de los ladrillos con una adición del 0,5% de poliestireno siguen una distribución que se ajusta a la normalidad.

El análisis estadístico se enfoca en la resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos con un 0,5% de poliestireno después de un período de secado de 28 días. De acuerdo con la norma E-070, en el diseño de edificaciones se emplean ladrillos tipo II, los cuales deben presentar una resistencia de 130 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, estos ladrillos se consideran como una muestra o punto de referencia en el análisis.

### Prueba t de Student:

Tabla 20. Prueba t de Student para resistencia a compresión con 0.5% Poliestireno.

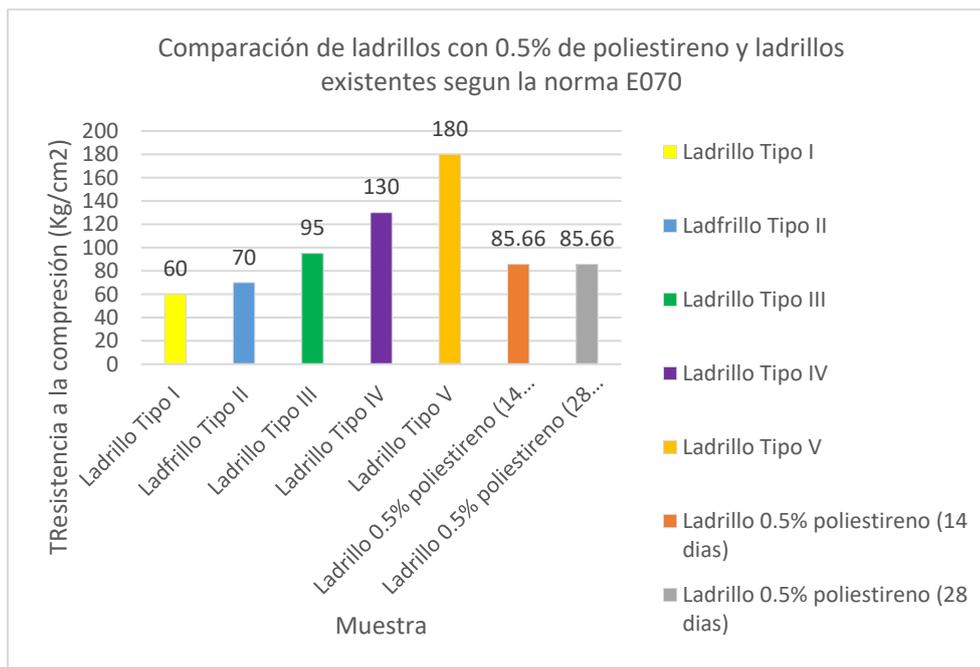
	Valor de prueba = 130				
	T	Gl	Sig. (bilateral)	95% de confianza	
				Inferior	Superior
Resistencia ladrillo con 0.5% de poliestireno	-1,362	2	0,306	-6,2394	3,2394

Nota: Elaboración propia.

El valor T obtenido es de -1,362, con 2 grados de libertad y un nivel de significancia (Sig.) de 0,306 en un enfoque bilateral. Esto indica que la diferencia entre la resistencia real medida en los ladrillos con un 0,5% de poliestireno y el valor de prueba de 130 no es estadísticamente significativa. Se concluye que la adición del 0,5% de poliestireno no conlleva un aumento significativo en las

propiedades mecánicas de los ladrillos ecológicos destinados al diseño de edificaciones en Lima durante el año 2021. Cabe señalar que estos ladrillos ecológicos se categorizan como tipo II.

Figura 15. Comparación de ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno y ladrillos existentes según la Norma E 070



Nota: Elaboración propia.

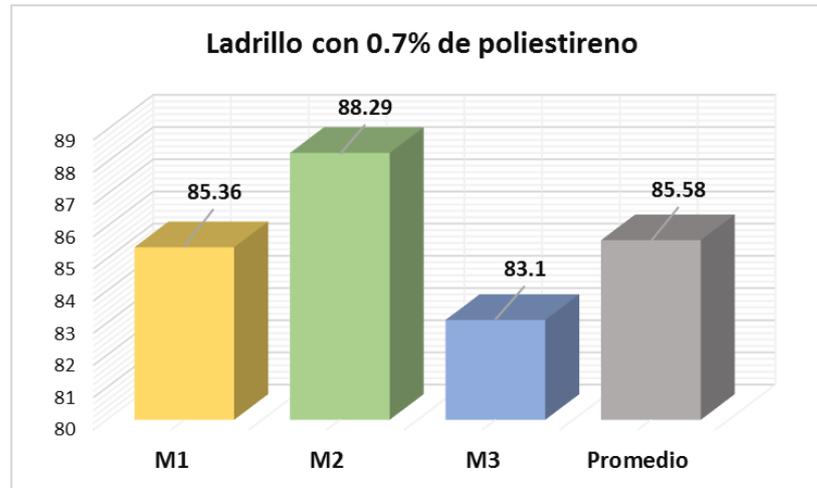
### e. Ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno (14 días)

Tabla 21. Resistencia a la compresión del ladrillo ecológico 0.7% de poliestireno (14d)

“Indicadores”		“Largo” (cm)	“Ancho” (cm)	“Área” (cm <sup>2</sup> )	“Carga” (kg)	“F’b” (kg/cm <sup>2</sup> )
0.7% de Poliestireno	M1	22.79	11.80	268.92	22955.01	85.36
	M2	22.92	11.90	272.75	24081.10	88.29
	M3	22.98	11.95	274.61	22820.10	83.10
Resistencia a la compresión promedio						85.58

Nota: Elaboración propia.

Figura 16. Gráfico de resistencia a la compresión de tres muestras de ladrillos



Nota: Elaboración propia (2021)

En la Tabla 22 y la Figura 16 la resistencia a la compresión en ladrillos que incorporan un 0,7% de poliestireno después de 14 días de secado. Los valores registrados son los siguientes: muestra 1 = 85,36 kg/cm<sup>2</sup>, muestra 2 = 88,29 kg/cm<sup>2</sup>, muestra 3 = 83,10 kg/cm<sup>2</sup>, y una media de 85,58 kg/cm<sup>2</sup>.

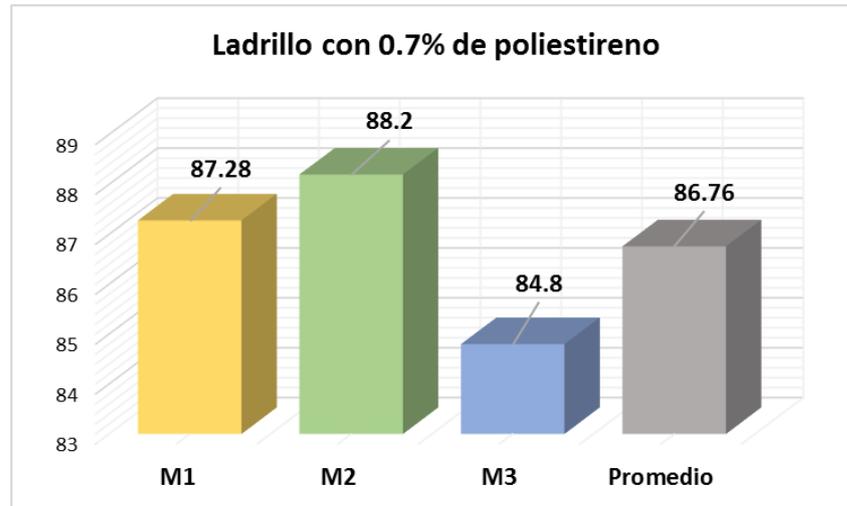
**f. Ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno a los 28 días de secado**

Tabla 22. Resistencia a la compresión de ladrillo ecológico 0.7% de poliestireno (28d)

“Indicadores”		“Largo” (cm)	“Ancho” (cm)	“Área” (cm <sup>2</sup> )	“Carga” (kg)	“F <sup>1</sup> b” (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>0.7% de Poliestireno</b>	<b>M1</b>	22.98	11.92	273.92	23907.74	87.28
	<b>M2</b>	22.96	11.98	275.06	24260.29	88.20
	<b>M3</b>	23.00	11.98	275.54	23365.79	84.80
<b>Resistencia a la compresión promedio</b>						<b>86.76</b>

Nota: Elaboración propia.

Figura 17. Gráfico de resistencia a la compresión de tres muestras de ladrillos



Nota: Elaboración propia (2021)

En cuanto a la Tabla 23 y la Figura 17, se exhiben los resultados de la prueba de compresión en ladrillos con una adición del 0,7% de poliestireno después de 28 días de secado. Los valores obtenidos son: muestra 1 = 87,28 kg/cm<sup>2</sup>, muestra 2 = 88,20 kg/cm<sup>2</sup>, muestra 3 = 84,80 kg/cm<sup>2</sup>, y una media de 86,76 kg/cm<sup>2</sup>.

### Análisis estadístico

#### Prueba de normalidad

Para realizar la prueba de normalidad, se empleó el software SPSS 25, centrandó el análisis de resistencia a la compresión con una incorporación del 0,7% de poliestireno después de 28 días.

Tabla 23. Prueba de normalidad - Resistencia a la compresión ladrillo 0.7% poliestireno

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia ladrillo con 0.7% poliestireno	,990	3	,826

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 24 muestra los resultados de tres muestras, cada una con un número de elementos inferior a 30, sometidos Shapiro-Wilk, que arroja un valor p de 0,826, superando el nivel de significancia ( $\alpha$ ) previamente establecido en 0,05. Por lo tanto, se concluye que la distribución de resistencias en los ladrillos con un 0,7% de poliestireno es normal. El enfoque del análisis estadístico recae en la resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos que incorporan un 0,7% de poliestireno tras un período de secado de 28 días. Conforme a la norma E-070, en la planificación de estructuras edificatorias se utilizan ladrillos catalogados como tipo II, los cuales deben exhibir una resistencia de 130 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, estos ladrillos se emplean como punto de referencia o control en el análisis.

### Prueba t de Student:

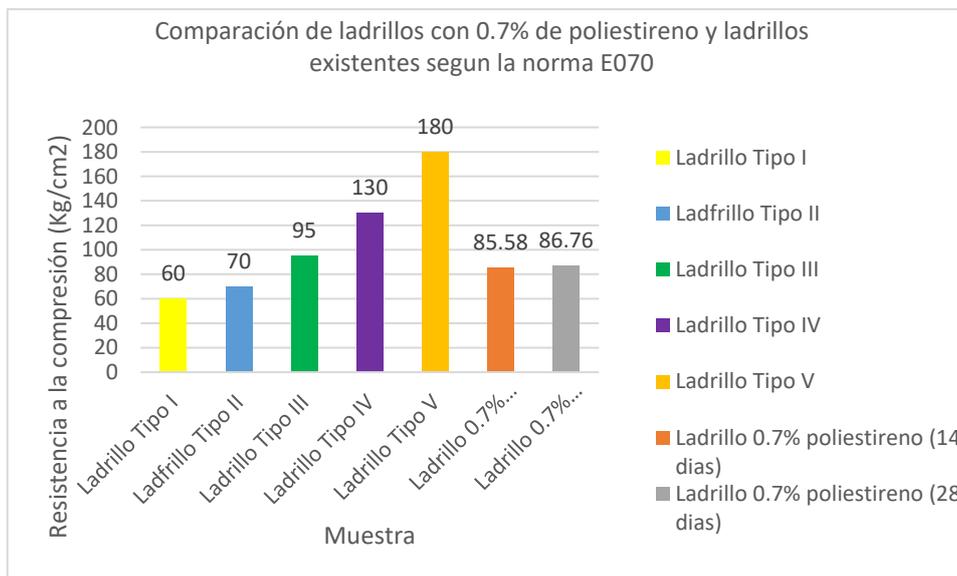
Tabla 24. Prueba t de Student para resistencia a compresión con 0.7% de Poliestireno

	Valor de prueba = 130					
	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de confianza	
					Inferior	Superior
Resistencia ladrillo con 0.7% de poliestireno	-2,626	2	0,120	-5,53333	-14,6007	3,5341

*Nota:* Elaboración propia.

Por otro lado, en la Tabla 25 se presenta un valor p, que en este caso es 0,120, lo que lo sitúa por encima del nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0,05. Se concluye que la inclusión del 0,7% de poliestireno no produce una mejora significativa en las propiedades de los ladrillos ecológicos destinados al diseño de edificaciones en Lima en el año 2021. Es importante destacar que estos ladrillos ecológicos se clasifican como tipo II y cumplen con los requisitos estipulados por la norma NTP E-070.

Figura 18. Comparación de ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno y ladrillos existentes según la Norma E 070



Nota: Elaboración propia.

### Prueba paramétrica (ANOVA)

En el análisis ANOVA, se considera que si el valor de P es  $< 0,05$ , se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

Tabla 25. Prueba ANOVA – Ladrillos con 0.2%, 0.5% y 0.7% de Poliestireno - Compresión

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ladrillos con 0.2% poliestireno	Entre grupos	1,832	3	0,53203	0,93662	,001
	Total	1,832	3			
Ladrillos con 0.5% poliestireno	Entre grupos	1,830	3	0,21336	0,92336	,000
	Total	1,830	3			
Ladrillos con 0.7% poliestireno	Entre grupos	1,822	3	0,48232	0,83633	,001
	Total	1,822	3			

Nota: Elaboración propia SPSS Statistics 25.

La Tabla 26 el análisis de varianza para los ladrillos con un 0,2%, 0,5% y 0,7% de poliestireno, revelando un valor  $p < 0,05$ . En otras palabras, la incorporación de 0,2%, 0,5% y 0,7% de poliestireno y arcilla afecta la resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos destinados a su uso en edificaciones en Lima en el año 2021.

### 3.1.2. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas

Es importante mencionar que este experimento se llevó a cabo en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). El resultado del análisis se obtuvo dividiendo la carga de falla entre el área de contacto del prisma y aplicando una corrección mediante el factor de esbeltez, como se detalla en una tabla específica. De esta manera, se determinó la resistencia a la compresión de los ladrillos restando el promedio de las muestras a la desviación estándar.

Tabla 26. *Tabla de los factores de corrección de  $f'm$  por esbeltez*

Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

*Nota:* Elaboración propia.

#### a. Pila ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno a los 14 días de secado

Tabla 27. *Dimensiones de pilas con ladrillos de 0.2% de poliestireno y secado 14 días*

“Indicadores”		H	L	T	Esbeltez	Factor de corrección
		(cm)	(cm)	(cm)	(h/t)	
Pila	M1	32,5	23,0	13,0	2,5	0,80
	M2	32,8	23,2	13,1	2,5	0,80
	M3	32	23,1	13	2,46	0,79

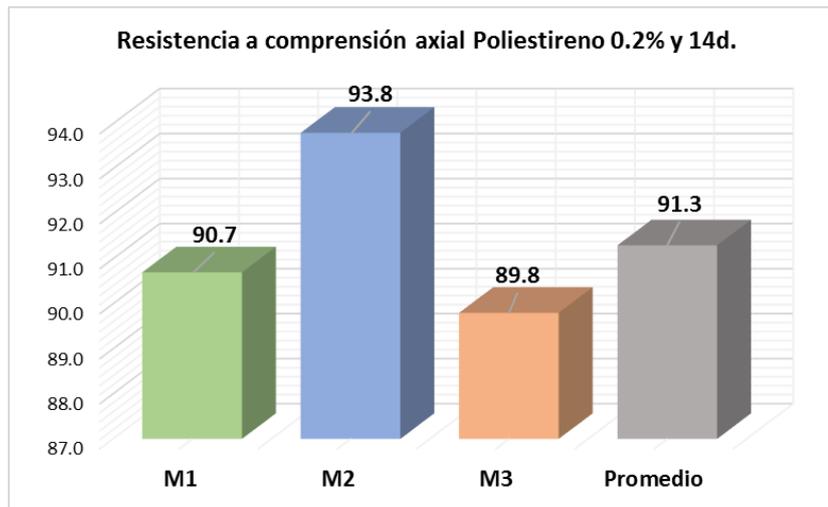
*Nota:* Elaboración propia.

Tabla 28. Resistencia a la compresión axial de pilas ladrillos 0.2% de poliestireno secado 14 días

"Indicadores"		"Área"	"Carga"	"Carga"	Factor de orrección	f'm
		(cm <sup>2</sup> )	(KN)	(Kg)		(Kg/cm <sup>2</sup> )
Pila	M1	299,0	332,3	33885,3	0,80	90,7
	M2	308,0	354,07	36104,8	0,80	93,8
	M3	306,0	340,16	34686,2	0,79	89,8
Promedio						91,3

Nota: Elaboración propia.

Figura 19. Gráfico de la compresión axial de pilas ladrillos con 0.2% de poliestireno a 14d.



Nota: Elaboración propia (2021)

Los resultados de resistencia a la compresión axial de pilotes con elementos de mampostería que contienen un 0,2% de poliestireno y se sometieron a un periodo de secado de 14 días se presentan en las Tablas 27, 28, 29, y se ilustran en el gráfico de la Figura 19. Los valores obtenidos son los siguientes: en la muestra 1 se registró una resistencia de 90,7 kg/cm<sup>2</sup>, en la muestra 2 una resistencia de 93,8 kg/cm<sup>2</sup>, y en la muestra 3 se logró una resistencia de 89,8 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 91,3 kg/cm<sup>2</sup>.

**b. Pila ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno a los 28 días de secado**

Tabla 29. Dimensiones de pilas con ladrillos de 0.2% de poliestireno y secado 28 días

“Indicadores”		H	L	T	Esbeltez	Factor de corrección
		(cm)	(cm)	(cm)	(h/t)	
Pila	M1	31,5	23,0	12,8	2,46	0,79
	M2	32,5	23,5	13,0	2,50	0,80
	M3	32,0	23,5	13,0	2,46	0,79

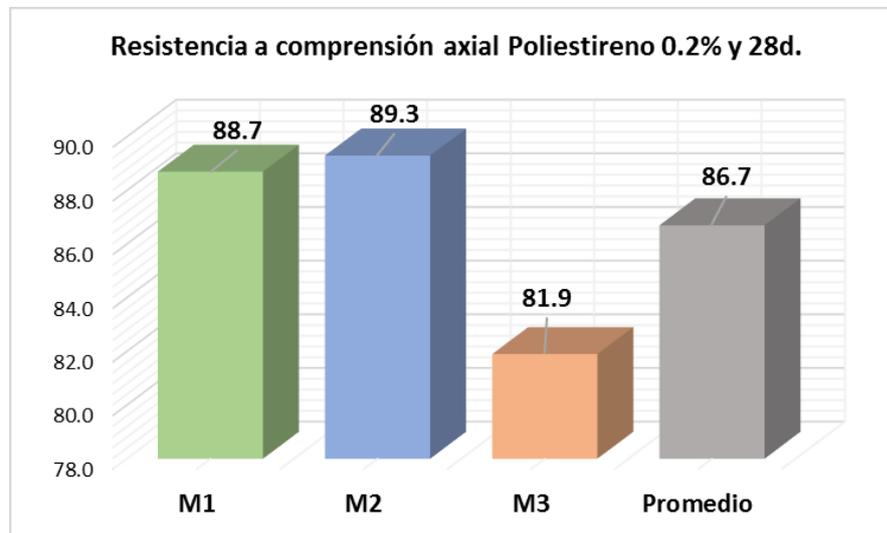
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Resistencia a compresión axial de pilas ladrillos 0.2% de poliestireno secado 28 días

“Indicadores”		“Área”	“Carga”	“Carga”	Factor de corrección	f <sub>m</sub>
		(cm <sup>2</sup> )	(KN)	(Kg)		(Kg/cm <sup>2</sup> )
Pila	M1	294,0	322,49	32885,3	0,79	88,7
	M2	306,0	334,45	34104,8	0,80	89,3
	M3	306,0	310,74	31686,2	0,79	81,9
Promedio						86,7

Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Gráfico de la compresión axial de pilas ladrillos con 0.2% de poliestireno a 14d.



Nota: Elaboración propia (2021)

En las Tablas 30 y 31 y en la Figura 20 se muestran la resistencia a la compresión axial de pilotes con elementos de mampostería que contienen un 0,2% de poliestireno y se sometieron a un periodo de secado de 28 días. En este caso, los valores obtenidos son los siguientes: la muestra 1 presentó una resistencia de 88,7 kg/cm<sup>2</sup>, la muestra 2 mostró una resistencia de 89,3 kg/cm<sup>2</sup>, y la muestra 3 tuvo una resistencia de 81,9 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 86,7 kg/cm<sup>2</sup>.

### Análisis estadístico

#### Prueba de normalidad

Se utilizó el software SPSS 25 para llevar a cabo la prueba de normalidad para los pilotes de ladrillo con un 0,2% de poliestireno después de 28 días de secado.

Parámetros:

Tabla 31. Prueba de normalidad - Resistencia compresión axial pilas ladrillo 0.2% poliestireno

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia compresión axial ladrillo con 0.2% poliestireno	0,992	3,0	0,824

*Nota:* Elaboración propia.

En la Tabla 32, se obtuvo un valor p de 0,824, que supera el nivel de significancia ( $\alpha$ ) establecido en 0,05. Por lo tanto, se concluye que la compresión axial de los pilotes con poliestireno al 0,2% presentan una distribución que se ajusta a la normalidad.

El análisis estadístico se enfoca en la resistencia a la compresión de los pilotes con un 0,2% de poliestireno después de un período de secado de 28 días, en relación con las normas E-070. Estas normas establecen que la resistencia a la compresión necesaria para el diseño de estructuras con muros de carga varía: 65 kg/cm<sup>2</sup> para

los ladrillos industriales King Kong y 35 kg/cm<sup>2</sup> para los ladrillos King Kong. En este contexto, se utiliza la resistencia de los ladrillos King Kong como grupo de referencia o control, con el objetivo de superar estos valores.

### Prueba t de Student:

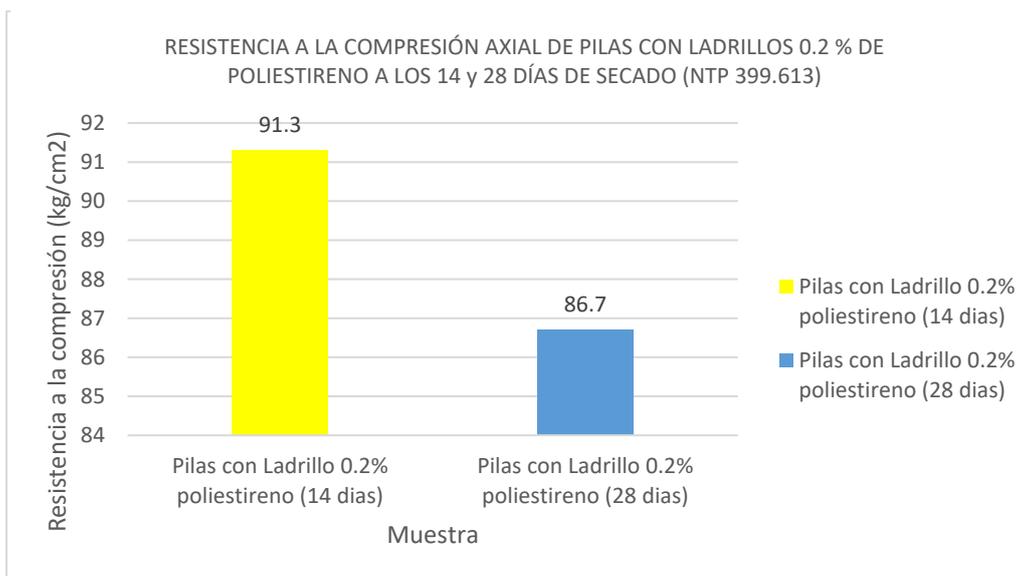
Tabla 32. Prueba t de Student para resistencia a compresión de pilas con 0.2% de Poliestireno.

	Valor de prueba = 65					
	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de confianza	
					Inferior	Superior
Resistencia de pila con 0.2% de poliestireno	21,390	2	0,002	26,40000	21,0895	31,7105

*Nota:* Elaboración propia.

El valor T obtenido es de 21,390, con 2 grados de libertad, y el nivel de significancia (Sig.) es de 0,002 en un enfoque bilateral. Esto indica que la diferencia entre la resistencia real medida en los pilotes con un 0,2% de poliestireno y el valor de prueba de 65 es altamente significativa desde una perspectiva estadística. En conclusión, la inclusión del 0,2% de poliestireno en los ladrillos ecológicos resulta en una mejora significativa en sus propiedades mecánicas para su aplicación en el diseño de edificaciones en Lima durante el año 2021, considerando un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0,05. Los pilotes que incorporan este porcentaje de poliestireno cumplen con la resistencia característica requerida para la mampostería, que es de 65 kg/cm<sup>2</sup>. En otras palabras, se logró superar la resistencia mínima requerida en los pilotes, alcanzando una media de 86,7 kg/cm<sup>2</sup>.

Figura 21. Comparación de la resistencia a la compresión axial de pilas con ladrillos al 0.2%



Fuente: Elaboración propia.

**c. Pila ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno a los 14 días de secado**

Tabla 33. Dimensiones de pilas con ladrillos de 0.5% de poliestireno y secado 14 días

"Indicadores"		h	L	T	Esbeltez	Factor de corrección
		(cm)	(cm)	(cm)	(h/t)	
Pila	M1	32,5	23,0	12,8	2,50	0,80
	M2	34,7	23,5	13,0	2,80	0,87
	M3	32,0	23,5	13,0	2,46	0,79

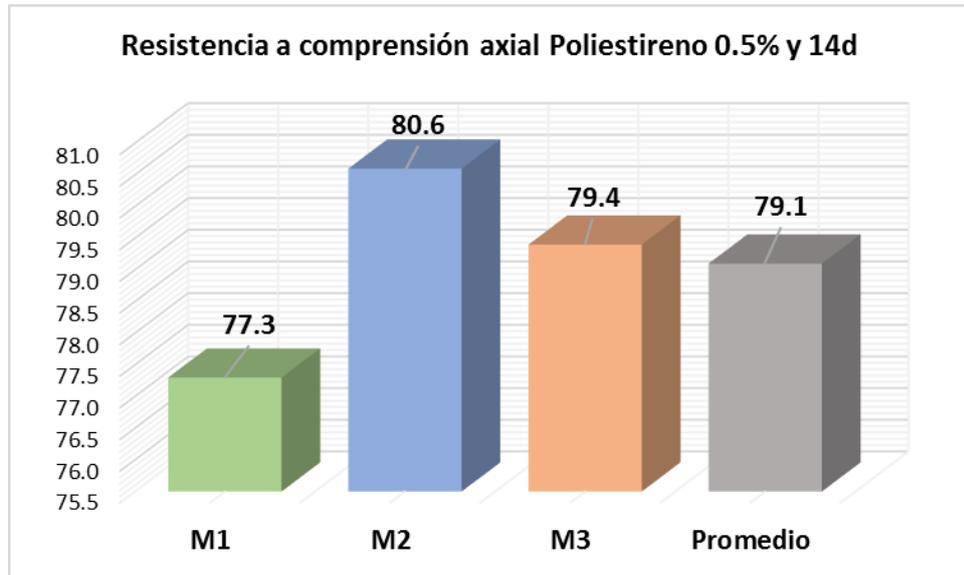
Nota: Elaboración propia.

Tabla 34. Resistencia a compresión axial de pilas ladrillos 0.5% de poliestireno secado 14 días

"Indicadores"		"Área"	"Carga"	"Carga"	Factor de corrección	f'm
		(cm <sup>2</sup> )	(KN)	(Kg)		(Kg/cm <sup>2</sup> )
Pila	M1	299,0	283,27	28885,3	0,80	77,3
	M2	291,0	265,81	27104,8	0,87	80,6
	M3	306,0	300,93	30686,2	0,79	79,4
Promedio						79,1

Nota: Elaboración propia.

Figura 22. Gráfico de la compresión axial de pila ladrillos con 0.5% de poliestireno a 14d.



Nota: Elaboración propia (2021)

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión axial de pilotes con elementos de mampostería que contienen un 0,5% de poliestireno y se sometieron a un periodo de secado de 14 días se presentan en las Tablas 33, 34, 35, y se ilustran en el gráfico de la Figura 22. Los valores obtenidos son los siguientes: en la muestra 1 se registró una resistencia de 77,3 kg/cm<sup>2</sup>, en la muestra 2 se obtuvo una resistencia de 80,6 kg/cm<sup>2</sup>, y en la muestra 3 se logró una resistencia de 79,4 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio de 79,1 kg/cm<sup>2</sup>.

#### d. Pila ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno a los 28 días de secado

Tabla 35. Dimensiones de pilas con ladrillos de 0.5% de poliestireno y secado 28 días

“Indicadores”		H	L	T	Esbeltez	Factor de corrección
		(cm)	(cm)	(cm)	(h/t)	
Pila	M1	32,5	23,0	12,8	2,50	0,80
	M2	34,5	23,5	12,4	2,80	0,86
	M3	32,0	23,5	12,9	2,60	0,80

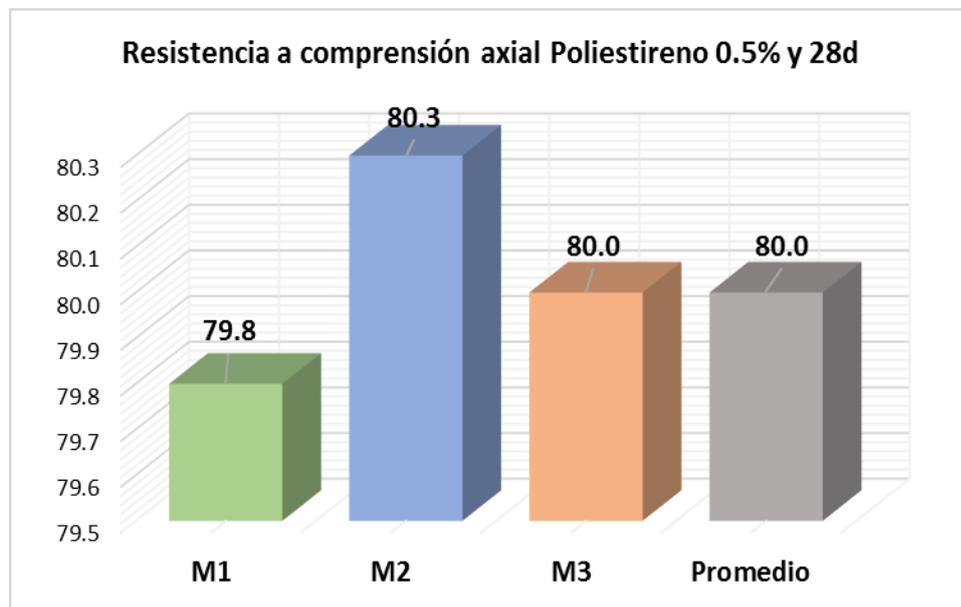
Nota: Elaboración propia.

Tabla 36. Resistencia a compresión axial de pilas ladrillos 0.5% de poliestireno secado 28 días

"Indicadores"		"Área"	"Carga"	"Carga"	Factor de orrección	f'm
		(cm <sup>2</sup> )	(KN)	(Kg)		(Kg/cm <sup>2</sup> )
Pila	M1	292,0	282,27	26885,3	0,80	79,8
	M2	293,0	262,80	28104,2	0,87	80,3
	M3	298,0	299,93	30262,3	0,79	80,0
Promedio						80,0

Nota: Elaboración propia.

Figura 23. Gráfico de la compresión axial de pila ladrillos con 0.5% de poliestireno a 28d



Nota: Elaboración propia (2021)

Las Tablas 36 y 37 junto con la Figura 23 se muestran la compresión axial sobre pilotes que contienen un 0,5% de poliestireno y fueron sometidos a un proceso de secado durante 28 días. Los valores registrados son los siguientes: la muestra 1 presentó una resistencia de 79,8 kg/cm<sup>2</sup>, la muestra 2 mostró una resistencia de 80,3 kg/cm<sup>2</sup>, y la muestra 3 tuvo una resistencia de 80,0 kg/cm<sup>2</sup>, con una media de 80,0 kg/cm<sup>2</sup>.

## Análisis estadístico

### Prueba de normalidad

La prueba de normalidad se llevó a cabo utilizando el software SPSS 25, y se analizaron los datos correspondientes a la resistencia a la compresión axial en pilotes de ladrillo con un 0,5% de poliestireno (28d).

Tabla 37. Prueba de normalidad - Resistencia compresión axial pilas ladrillo 0.5% poliestireno

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Resistencia compresión axial ladrillo con 0.5% poliestireno	0,992	3,0	0,826

Nota: Elaboración propia.

La prueba de normalidad en la Tabla 38, donde se muestran los datos de tres muestras, cada una con menos de 30 elementos, y se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk. El valor obtenido para la prueba de p es 0.826, el cual es mayor que el nivel de significancia ( $\alpha$ ) establecido en 0.05. Por lo tanto, se concluye que los resultados de la compresión axial en pilotes de ladrillo con un 0.5% de poliestireno siguen una distribución normal.

### Prueba t de Student:

Tabla 38. Prueba t de Student para resistencia a compresión de pilas con 0.5% de Poliestireno.

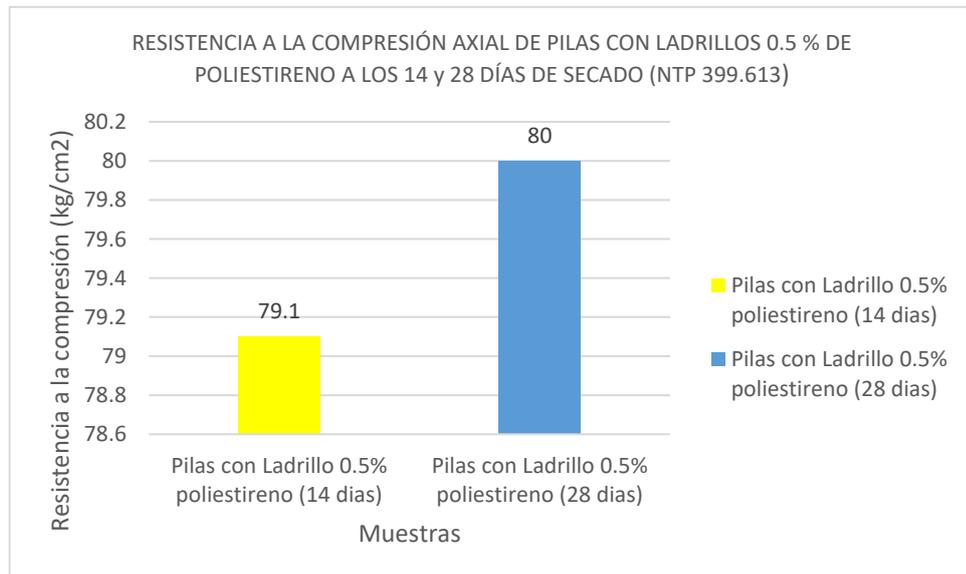
	Valor de prueba = 65					
	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de confianza	
					Inferior	Superior
Resistencia de pila con 0.5% de poliestireno	9,116	2	0,012	21,63333	11,4232	31,8435

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 39 presenta la prueba t de Student para evaluar la resistencia a compresión de pilas que contienen un 0.5% de poliestireno. El valor de la prueba t es 9.116 y tiene 2 grados de libertad. La significancia (Sig.) es 0.012, lo que indica que hay diferencias significativas en la resistencia de estas pilas en comparación con algún valor de referencia o entre sí.

La diferencia de medias es de 21.63333 kg/cm<sup>2</sup>, y el intervalo de confianza del 95% para esta diferencia va desde 11.4232 kg/cm<sup>2</sup> hasta 31.8435 kg/cm<sup>2</sup>. Esto sugiere que las pilas con 0.5% de poliestireno tienen una resistencia significativamente diferente en comparación con otras pilas o con respecto a algún estándar de referencia.

Figura 24. Comparación de la resistencia a la compresión axial de pilas con ladrillos al 0.5%



Nota: Elaboración propia.

e. Pila ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno a los 14 días de secado

Tabla 39. Pilas con 0.7% de poliestireno y secado 14 días

"Indicadores"		H	L	T	Esbeltez	Factor de corrección
		(cm)	(cm)	(cm)	(h/t)	
Pila	M1	32,5	23,0	13,0	2,50	0,80
	M2	34,7	23,5	12,4	2,80	0,87
	M3	32.0	23.5	13.0	2.46	0.79

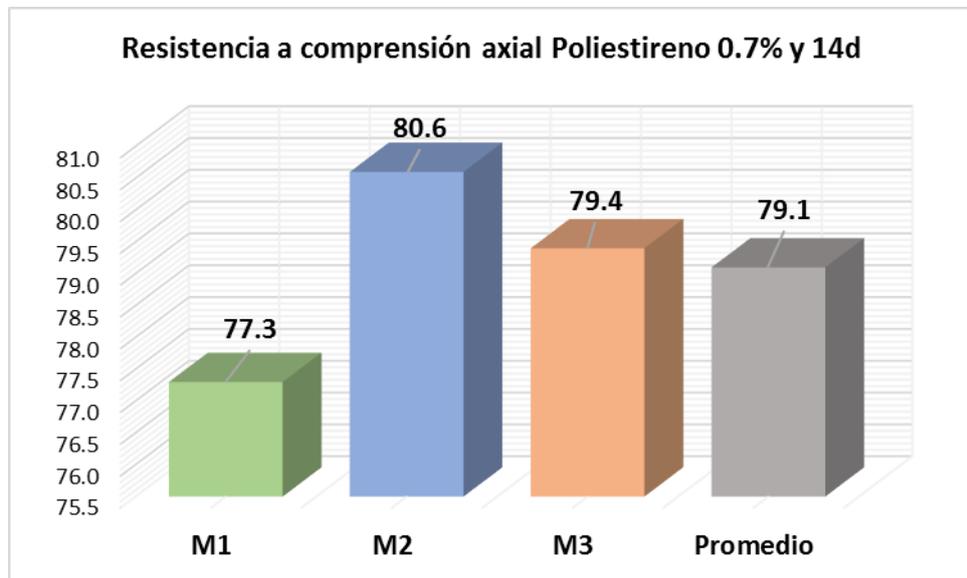
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40. Compresión axial con 0.7% de poliestireno secado 14 días

"Indicadores"		"Área"	"Carga"	"Carga"	Factor de corrección	f'm
		(cm <sup>2</sup> )	(KN)	(Kg)		(Kg/cm <sup>2</sup> )
Pila	M1	299	283,27	28885,3	0,80	77,3
	M2	291	265,81	27104,8	0,87	80,6
	M3	306	300,93	30686,2	0,79	79,4
Promedio						79,1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Gráfico de la compresión axial de pila ladrillos con 0.7% de poliestireno a 14d.



Nota: Elaboración propia (2021)

Las tablas presentan datos relacionados con pilas de albañilería que contienen un 0.7% de poliestireno y han sido sometidas a un período de secado de 14 días. En la Tabla 40, se detallan las dimensiones de las pilas (altura, longitud, espesor) y se calcula la relación de esbeltez (h/t) y el factor de corrección. En la Tabla 41, se muestran los resultados de las pruebas de compresión axial, incluyendo el área de las pilas, la carga en kilonewtons (KN) y la carga en kilogramos (Kg), así como el factor de corrección y la resistencia a la compresión promedio ( $f'm$ ) en (Kg/cm<sup>2</sup>). Estos datos proporcionan información sobre la carga y resistencia de las pilas de albañilería con poliestireno después del proceso de secado de 14 días, donde se observa que la resistencia promedio es de 79.1 Kg/cm<sup>2</sup>.

**f. Pila Ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno a los 28 días de secado**

Tabla 41. Pilas con ladrillos de 0.7% de poliestireno y secado 28 días

"Indicadores"		H	L	T	Esbeltez	Factor de corrección
		(cm)	(cm)	(cm)	(h/t)	
Pila	M1	32,0	23,0	12,8	2,50	0,80
	M2	33,5	23,5	12,6	2,80	0,86
	M3	32,6	23,2	12,9	2,60	0,80

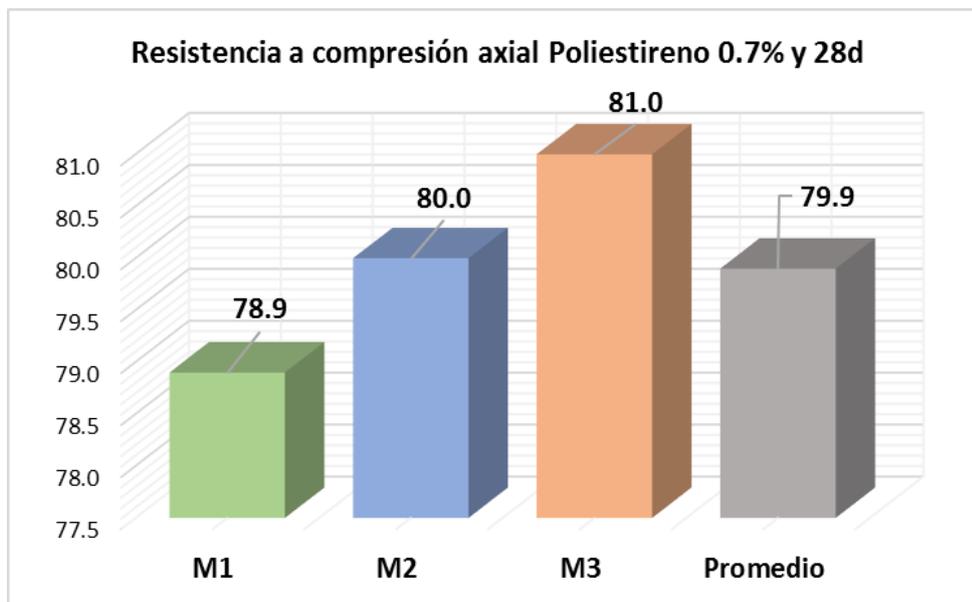
Nota: Elaboración propia.

Tabla 42. Resistencia al 0.7% de poliestireno secado 28 días

"Indicadores"		"Área"	"Carga"	"Carga"	Factor de corrección	$f'm$
		(cm <sup>2</sup> )	(KN)	(Kg)		(Kg/cm <sup>2</sup> )
Pila	M1	294,0	283,20	28880,2	0,80	78,9
	M2	290,0	262,80	28104,2	0,86	80,0
	M3	299,0	299,93	30262,3	0,80	81,0
Promedio						79,9

Nota: Elaboración propia.

Figura 26. Gráfico de la compresión axial de ladrillos con 0.7% de poliestireno a 28d.



Nota: Elaboración propia (2021)

En la Tablas se presentan los datos relacionados con las pilas de concreto con un contenido de poliestireno del 0.7%, que fueron secadas durante 28 días. Estos datos incluyen las dimensiones de las pilas (altura, longitud, y grosor), la relación de esbeltez (calculada como la altura dividida por el grosor), y un factor de corrección asociado. En la Tabla 43, se detallan los resultados de la resistencia de estas pilas al mismo porcentaje de poliestireno después del período de secado de 28 días. Los indicadores incluyen el área de la pila, la carga en kilonewtons (KN) y kilogramos (Kg), el factor de corrección, y la resistencia en Kg/cm<sup>2</sup> (f´m). El promedio de la resistencia de las tres pilas es de aproximadamente 79.9 Kg/cm<sup>2</sup>. Estos datos son el resultado de un estudio propio y proporcionan información valiosa sobre las propiedades mecánicas de estas pilas de ladrillo con poliestireno.

## Análisis estadístico

### Prueba de normalidad

Para la prueba de normalidad se utilizó el SPSS 25, la variable a analizar fueron datos de resistencia a compresión axial de pilas de ladrillo con 0.7% de poliestireno (28d).

Tabla 43. Prueba de normalidad - Resistencia compresión axial pilas ladrillo 0.7% poliestireno

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Resistencia compresión axial ladrillo con 0.7% poliestireno	0,992	3	0,824

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 44 exhibe los resultados de tres conjuntos de datos, todos con un tamaño inferior a 30, y se emplea Shapiro-Wilk. En este análisis, el valor obtenido para el estadístico p asciende a 0,824, superando el nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0,05. En consecuencia, se puede deducir que los datos relativos a la resistencia a la compresión axial de los pilotes de ladrillo con un 0,7% de poliestireno siguen una distribución que se asemeja a la normal.

### Prueba t de Student:

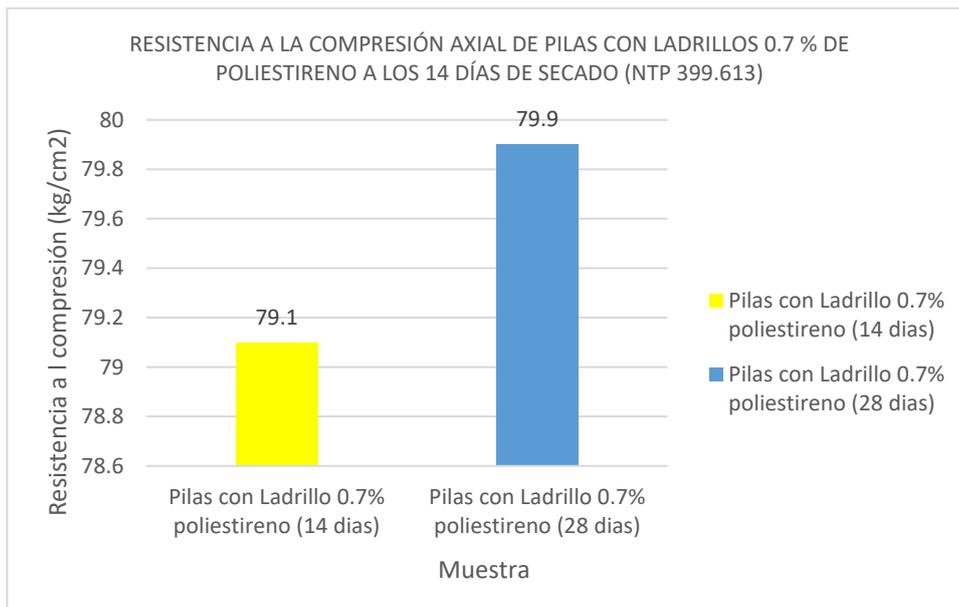
Tabla 44. T de Student para resistencia de pilas con 0.7% de Poliestireno.

	Valor de prueba = 65					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de confianza	
					Inferior	Superior
Resistencia de pila con 0.7% de poliestireno	14,621	2	0,005	14,10000	9,9507	18,2493

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 45 muestra los resultados de t de Student realizada en el contexto de la resistencia de pilas de concreto con un contenido del 0.7% de poliestireno. El valor de prueba es 65 y se calcula con 2 grados de libertad. La significancia bilateral de la prueba es 0.005, lo que indica una diferencia significativa en la resistencia de las pilas con poliestireno. La diferencia de medias entre las muestras es de 14.1, con un intervalo de confianza del 95% que va desde 9.9507 hasta 18.2493. Estos resultados sugieren que las pilas con poliestireno tienen una resistencia significativamente diferente en comparación con otro grupo o condiciones de referencia, con una confianza del 95% en la precisión de esta diferencia.

Figura 27. Comparación de la resistencia a la compresión axial de pilas con ladrillos al 0.7%



*Nota:* Elaboración propia.

### Prueba paramétrica (ANOVA)

Tabla 45. ANOVA - Ladrillos 0.2%, 0.5% y 0.7% de Poliestireno - Compresión axial pilas

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ladrillos con 0.2% poliestireno	Entre grupos	1,822	3	0,56223	0,96922	,000
	Total	1,822	3			
Ladrillos con 0.5% poliestireno	Entre grupos	1,863	3	0,33628	0,92336	,000
	Total	1,863	3			
Ladrillos con 0.7% poliestireno	Entre grupos	1,826	3	0,35239	0,83633	,002
	Total	1,826	3			

*Nota:* Elaboración propia SPSS Statistics 25.

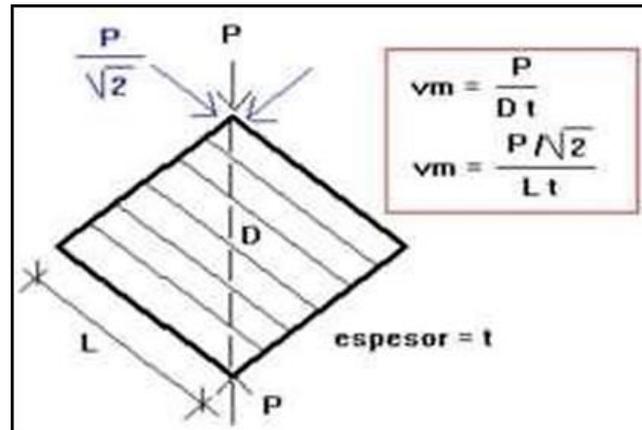
La Tabla 46 presenta los resultados de un análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar las diferencias en la compresión axial de pilas de concreto con diferentes porcentajes de poliestireno (0.2%, 0.5%, y 0.7%). Se analizaron tres grupos distintos de ladrillos con estos porcentajes de poliestireno. Hay diferencias significativas entre los grupos en términos de compresión axial. Los valores F calculados son mayores que 0.92336 y las p-values (Sig.) son extremadamente pequeñas (menores que 0.002), lo que sugiere que al menos un grupo es significativamente diferente de los demás en términos de resistencia a la compresión axial. En resumen, el ANOVA indica que el contenido de poliestireno tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión axial de las pilas de concreto, y las diferencias entre los grupos son significativas.

#### 3.1.3. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes

La ejecución de esta prueba tuvo lugar en las instalaciones del laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería UNI. Para llevar a cabo el análisis, se tomaron dos (2) muestras de cada conjunto de estudio, las cuales consistían en unidades de mampostería. La primera muestra contenía un 0.2% de poliestireno, la segunda un 0.5%, y la tercera un 0.7% de

poliestireno. Estos muros, que tenían dimensiones de 0.60 metros por 0.60 metros y presentaban una junta de 1.5 centímetros, cumplían con los estándares establecidos por la norma E.070 para mampostería. La resistencia a la compresión diagonal se determinó dividiendo la carga de rotura aplicada por el área bruta de la diagonal.

Figura 28. Fórmula para hallar la resistencia a la compresión diagonal



Nota: Ccoscco y De la Cruz (2020)

**a. Muretes con ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno**

Tabla 46. Dimensiones de muretes con ladrillos de 0.2% de poliestireno

“Indicadores”		H	L	T	Diagonal
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
Murete	M1	62.0	61.0	12.5	86.97
	M2	63.0	61.3	12.5	87.90

Nota: Elaboración propia.

Tabla 47. Resistencia a la compresión diagonal de muretes con ladrillos de 0.2% de poliestireno

“Indicadores”		“Área diagonal”	“Carga”	“Carga”	V'm
		(cm <sup>2</sup> )	(KN)	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )
Murete	M1	1087.12	56613.8	5773	5.3
	M2	1098.75	55407.6	5990	5.5
<b>Promedio</b>					5.4

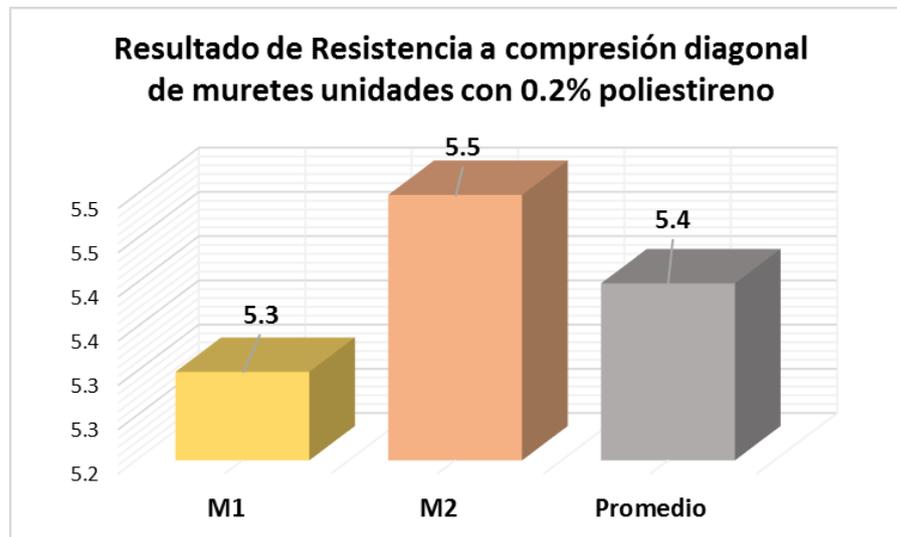
Nota: Elaboración propia.

En la Tabla 47, se presentan las dimensiones de muretes construidos con ladrillos que contienen un 0.2% de poliestireno. Se registran las siguientes dimensiones para dos muretes (M1 y M2): altura (H), longitud (L), espesor (T) y la medida de la diagonal.

En la Tabla 48, se proporciona información sobre la resistencia a la compresión diagonal de estos mismos muretes. Se incluye el área diagonal, la carga aplicada en kilonewtons (KN), la carga en kilogramos (kg) y la resistencia promedio en  $\text{kg/cm}^2$  (V'm). En este caso, se observa que los muretes tienen un promedio de resistencia de  $5.4 \text{ kg/cm}^2$ .

Estos datos se utilizan para evaluar la resistencia a la compresión diagonal de los muretes construidos con ladrillos que contienen un 0.2% de poliestireno en función de sus dimensiones y carga aplicada.

Figura 29. Gráfico de la compresión diagonal de murete con ladrillos de 0.2% de poliestireno.



Nota: Elaboración propia (2021)

En la Tablas se presentan las dimensiones de muretes construidos con ladrillos que contienen un 0.2% de poliestireno. Los indicadores incluyen la altura (H), la longitud (L), el grosor (T) y la longitud de la diagonal de estos muretes. Por otro lado, la Tabla 43 muestra los resultados de la resistencia a la compresión diagonal de los mismos muretes, expresados en términos de área diagonal, carga en kilonewtons (KN) y kilogramos (Kg), así como la carga máxima soportada por unidad de área (Kg/cm<sup>2</sup> o V'm). El promedio de la resistencia a la compresión diagonal para estos muretes es de aproximadamente 5.4 Kg/cm<sup>2</sup>. Estos datos son el resultado de un estudio propio y proporcionan información sobre las dimensiones y la resistencia de los muretes construidos con ladrillos de 0.2% de poliestireno.

### **Análisis estadístico**

#### **Prueba de normalidad**

Para la prueba de normalidad se utilizó el SPSS 25, la variable a analizar fueron datos de resistencia a compresión diagonal en muretes de ladrillo con 0.2% de poliestireno (28d).

Tabla 48. *Prueba de normalidad - Resistencia compresión diagonal muretes 0.2% poliestireno*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia compresión diagonal muretes ladrillo 0.2% poliestireno	,992	3	,826

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 49 proporciona los resultados de tres conjuntos de datos, cada uno con menos de 30 observaciones, y se ha aplicado la prueba de Shapiro-Wilk. El valor resultante para el estadístico P es de 0.826, lo cual excede el nivel de significancia ( $\alpha$ ) fijado en 0.05. En consecuencia, se puede concluir que los datos

relacionados con la resistencia a la compresión diagonal en muros de ladrillo que incorporan un 0.2% de poliestireno se distribuyen de manera que se asemejan a una distribución normal.

En el análisis estadístico se pone atención en la evaluación de la resistencia a la compresión de paredes que incluyen un 0.2% de poliestireno, después de un período de secado de 28 días. De acuerdo con las especificaciones de la norma E-070, la resistencia a la compresión recomendada para los muros de carga en el diseño de edificios es de 8.1 kg/cm<sup>2</sup> para los ladrillos industriales King Kong y 5.1 kg/cm<sup>2</sup> para los ladrillos artesanales King Kong. En esta instancia, se utiliza la resistencia de los ladrillos industriales como muestra de referencia o grupo de control, con el propósito de superar estos valores establecidos.

### Prueba t de Student:

Tabla 49. Prueba t de Student para resistencia a compresión de muretes con 0.2% de Poliestireno.

	Valor de prueba = 8.10					
	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de confianza	
					Inferior	Superior
Resistencia de murete con 0.2% de poliestireno	27,000	1	0,988	-2,70000	-3,9706	-1,4294

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 50 muestra la prueba t de Student para la resistencia a la compresión de muretes con un 0.2% de poliestireno. El valor de prueba es 27.000 y tiene 1 grado de libertad. La significancia (Sig. bilateral) es 0.988.

La diferencia de medias entre los grupos es -2.70000, lo que significa que la resistencia a la compresión de los muretes con 0.2% de poliestireno es menor en promedio en comparación con el grupo de referencia. El intervalo de confianza del 95% para esta diferencia de medias va desde -3.9706 hasta -1.4294.

En resumen, la prueba t no encontró una diferencia significativa en la resistencia a la compresión de los muretes con 0.2% de poliestireno en comparación con el grupo de referencia, ya que el valor de significancia es alto (0.988). Sin embargo, la diferencia promedio en la resistencia es negativa, lo que indica que los muretes con 0.2% de poliestireno tienden a tener una resistencia menor en promedio en comparación con el grupo de referencia.

#### b. Muretes de ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno

Tabla 50. Dimensiones de muretes con ladrillos de 0.5% de poliestireno

“Indicadores”		H	L	T	Diagonal
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
Murete	M1	62.0	61.0	12.5	86.97
	M2	62.6	61.2	12.5	86.90

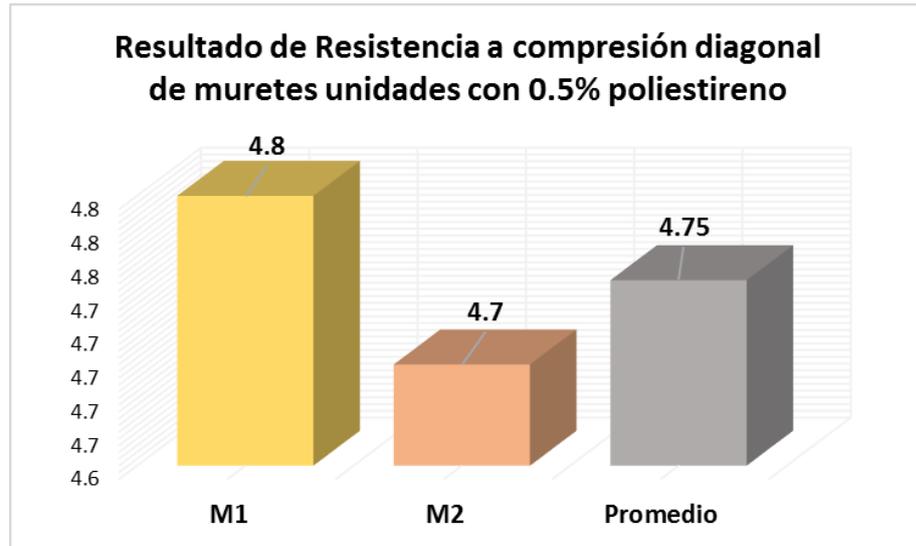
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51. Resistencia a compresión diagonal de muretes ladrillos de 0.5% de poliestireno

“Indicadores”		“Área diagonal”	“Carga”	“Carga”	V'm
		(cm <sup>2</sup> )	(KN)	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )
Murete	M1	1087.12	50720.0	5172	4.8
	M2	1086.25	50131.6	5112	4.7
<b>Promedio</b>					4.75

Nota: Elaboración propia.

Figura 30. Gráfico de la compresión diagonal de murete con ladrillos de 0.5% de poliestireno.



Nota: Elaboración propia (2021)

En la Tablas se presentan las dimensiones de muretes construidos con ladrillos que contienen un 0.5% de poliestireno. Los indicadores incluyen la altura (H), la longitud (L), el grosor (T) y la longitud de la diagonal de estos muretes. Por otro lado, la Tabla 47 muestra los resultados de la resistencia a la compresión diagonal de los mismos muretes, expresados en términos de área diagonal, carga en kilonewtons (KN) y kilogramos (Kg), así como la carga máxima soportada por unidad de área (Kg/cm<sup>2</sup> o V'm). El promedio de la resistencia a la compresión diagonal para estos muretes es de aproximadamente 4.75 Kg/cm<sup>2</sup>. Estos datos son el resultado de un estudio propio y proporcionan información sobre las dimensiones y la resistencia de los muretes construidos con ladrillos de 0.5% de poliestireno.

## Análisis estadístico

### Prueba de normalidad

Para la prueba de normalidad se utilizó el SPSS 25, la variable a analizar fueron datos de resistencia a compresión diagonal en muretes de ladrillo con 0.5% de poliestireno (28d).

Tabla 52. *Prueba de normalidad - Resistencia compresión diagonal muretes 0.5% poliestireno*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia compresión diagonal muretes ladrillo 0.5% poliestireno	,992	3	,820

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 53 muestra los resultados de una prueba de normalidad realizada en la resistencia a la compresión diagonal de muretes construidos con ladrillos que contienen un 0.5% de poliestireno. La prueba utilizada es el test de Shapiro-Wilk. El estadístico de prueba obtenido es de 0.992, y se calcula con 3 grados de libertad. El valor de significancia (Sig.) es 0.820. En este caso, dado que el valor de Sig. es mayor que el nivel de significancia típicamente utilizado (por ejemplo, 0.05), no se rechaza la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal. Esto sugiere que la resistencia a la compresión diagonal de estos muretes con un 0.5% de poliestireno puede aproximarse a una distribución normal.

El análisis estadístico se concentra en la evaluación de la resistencia a la compresión de paredes que contienen un 0.5% de poliestireno, después de un período de secado de 28 días. Siguiendo la norma E-070, la resistencia a la compresión recomendada para los muros de carga en el diseño de edificios es de 8.1 kg/cm<sup>2</sup> para los ladrillos industriales King Kong y 5.1 kg/cm<sup>2</sup> para los ladrillos artesanales King Kong. Una vez más, se

utiliza la resistencia de los ladrillos industriales como muestra de referencia o grupo de control, con el objetivo de superar estos valores establecidos.

### Prueba t de Student:

Tabla 53. Prueba t de Student para resistencia a compresión de muretes con 0.5% de Poliestireno.

	Valor de prueba = 8.10					
	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de confianza	
					Inferior	Superior
Resistencia de murete con 0.5% de poliestireno	67,000	1	0,995	-3,35000	-3,9853	-2,7147

Nota: Elaboración propia.

En la Tabla 54, el valor del estadístico P es de 0.995, lo que se encuentra por encima del nivel de significancia ( $\alpha$ ) previamente establecido en 0.05. En resumen, bajo un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0.05, se concluye que la inclusión de un 0.5% de poliestireno no conduce a mejoras sustanciales en las propiedades mecánicas de los ladrillos ecológicos destinados a las construcciones en Lima en el año 2021. El murete con 0.5% de poliestireno no cumple con la resistencia de albañilería: 8.1 kg/cm<sup>2</sup> de acuerdo a la NTP E-070. Es decir, no supera la resistencia mínima en muretes, al obtener un promedio de 4.75 kg/cm<sup>2</sup>.

### c. Muretes de ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno

Tabla 54. Dimensiones de muretes con ladrillos de 0.7% de poliestireno

“Indicadores”		H	L	T	Diagonal
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
Murete	M1	62.0	61.0	12.5	86.97
	M2	61.0	62.0	12.5	86.97

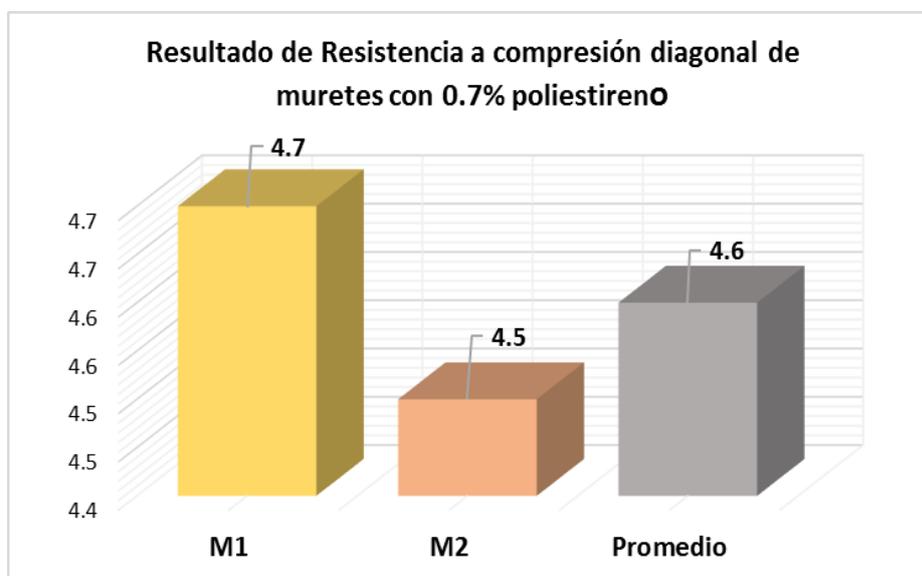
Nota: Elaboración propia.

Tabla 55. Resistencia a compresión diagonal de muretes ladrillos de 0.7% de poliestireno

“Indicadores”		“Área diagonal”	Carga	Carga	V'm
		(cm <sup>2</sup> )	(KN)	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )
Murete	M1	1086.50	50710.0	5170	4.7
	M2	1083.20	50630.5	5126	4.5
<b>Promedio</b>					4.6

Nota: Elaboración propia.

Figura 31. Gráfico de la compresión diagonal de murete con ladrillos de 0.7% de poliestireno.



Nota: Elaboración propia (2021)

En la Tabla 55 se presentan las dimensiones de muretes construidos con ladrillos que contienen un 0.7% de poliestireno. Los indicadores incluyen la altura (h), la longitud (L), el grosor (T) y la longitud de la diagonal de estos muretes. Por otro lado, la Tabla 56 muestra los resultados de la resistencia a la compresión diagonal de los mismos muretes, expresados en términos de área diagonal, carga en kilonewtons (KN) y kilogramos (Kg), así como la carga máxima soportada por unidad de área (Kg/cm<sup>2</sup> o V'm). El promedio de la resistencia a la compresión diagonal para estos muretes es de aproximadamente 4.6 Kg/cm<sup>2</sup>. Estos datos son el resultado de un

estudio propio y proporcionan información sobre las dimensiones y la resistencia de los muretes construidos con ladrillos de 0.7% de poliestireno.

## **Análisis estadístico**

### **Prueba de normalidad**

Para la prueba de normalidad se utilizó el SPSS 25, la variable a analizar fueron datos de resistencia a compresión diagonal en muretes de ladrillo con 0.7% de poliestireno (28d).

Parámetros:

Tabla 56. *Prueba de normalidad - Resistencia compresión diagonal muretes 0.7% poliestireno*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia compresión diagonal muretes ladrillo 0.5% poliestireno	,992	3	,820

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 57 muestra los resultados de tres conjuntos de datos, cada uno con un tamaño de muestra inferior a 30, y se ha utilizado la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. El valor de p obtenido es de 0.820, lo que supera el nivel de significancia ( $\alpha$ ) establecido en 0.05. Por lo tanto, se puede inferir que los datos relativos a la resistencia a la compresión diagonal en muros de ladrillo que incorporan un 0.7% de poliestireno siguen una distribución que se asemeja a la normal.

El análisis estadístico se concentra en la evaluación de la resistencia a la compresión de las paredes que contienen un 0.7% de poliestireno, después de un período de secado de 28 días. Según la norma E-070, la resistencia a la compresión recomendada para los muros de carga en el diseño de edificios es de 8.1 kg/cm<sup>2</sup>

para los ladrillos industriales King Kong y 5.1 kg/cm<sup>2</sup> para los ladrillos artesanales King Kong. En este contexto, se utiliza la resistencia del ladrillo industrial como muestra de referencia o grupo de control, con el objetivo de superar estos valores establecidos.

### Prueba t de Student:

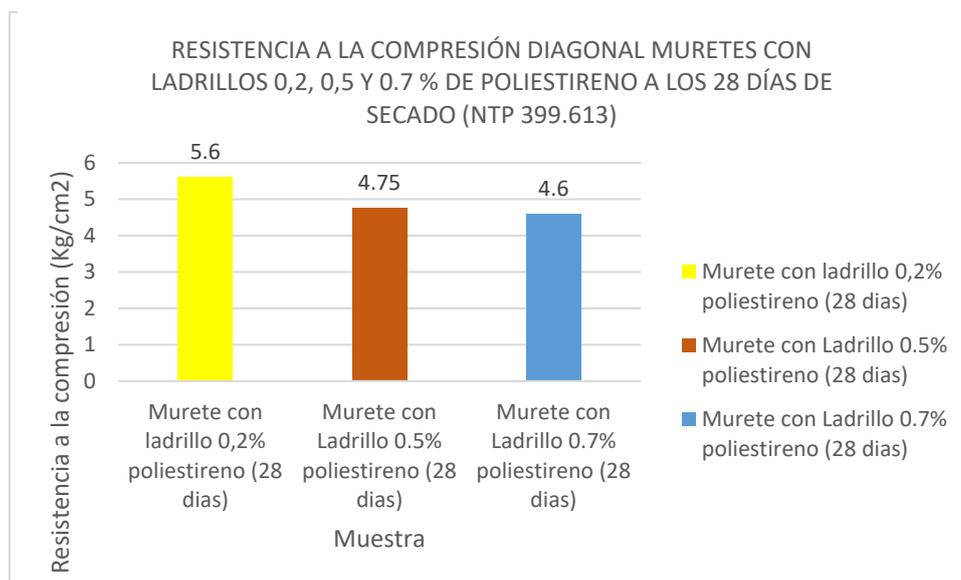
Tabla 57. Prueba t de Student para resistencia a compresión de muretes con 0.7% de Poliestireno.

	Valor de prueba = 8.10					
	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de confianza	
					Inferior	Superior
Resistencia de murete con 0.7% de poliestireno	35,000	1	0,090	-3,50000	-4,7706	-2,2294

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 58 presenta los resultados de una prueba t de Student realizada en la resistencia a la compresión de muretes construidos con un 0.7% de poliestireno. El valor de prueba es 8.10 y se calcula con 1 grado de libertad. La significancia bilateral de la prueba es 0.090, lo que indica que hay una diferencia potencialmente significativa en la resistencia a la compresión entre los muretes con un 0.7% de poliestireno. La diferencia de medias entre los grupos es de -3.5, con un intervalo de confianza del 95% que va desde -4.7706 hasta -2.2294. Aunque la diferencia no alcanza el nivel de significancia típico de 0.05, se sugiere que podría haber una tendencia a la diferencia en la resistencia. Sin embargo, se necesita más información o un tamaño de muestra más grande para confirmar si esta diferencia es estadísticamente significativa.

Figura 32. Resistencia a la compresión diagonal muretes con ladrillos 0,2, 0,5 y 0,7% de poliestireno a los 28 días



Nota: Elaboración propia.

### Prueba paramétrica (ANOVA)

Tabla 58. ANOVA - Ladrillos 0.2%, 0.5% y 0.7% de Poliestireno Compresión diagonal muretes

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ladrillos con 0.2% poliestireno	Entre grupos	1,953	3	0,65833	0,96392	,001
	Total	1,953	3			
Ladrillos con 0.5% poliestireno	Entre grupos	1,892	3	0,69926	0,98836	,000
	Total	1,892	3			
Ladrillos con 0.7% poliestireno	Entre grupos	1,993	3	0,88068	0,98993	,001
	Total	1,993	3			

Nota: Elaboración propia SPSS Statistics 25.

La Tabla 59 presenta los resultados de un análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar las diferencias en la compresión diagonal de muretes construidos con diferentes porcentajes de poliestireno (0.2%, 0.5%, y 0.7%). En este análisis, se han evaluado tres grupos distintos de ladrillos con estos porcentajes de poliestireno. Hay diferencias significativas entre los grupos de resistencia a la

compresión diagonal de los muretes. Los valores F calculados son mayores que 0.96392, 0.98836 y 0.98993 para los tres grupos respectivamente, y las p-values (Sig.) son muy pequeñas (menores que 0.001 en todos los casos), lo que sugiere que al menos un grupo es significativamente diferente de los demás en términos de resistencia a la compresión diagonal de los muretes.

### 3.2. Resultados del ensayo de variación dimensional de unidad de albañilería

Las pruebas de desviación dimensional de los ladrillos se llevaron a cabo después de 14 y 28 días de secado en el laboratorio, siguiendo las directrices establecidas en la NTP 399.613. Estas pruebas incluyeron tres muestras de ladrillos, cada una con la incorporación de un 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno.

#### 3.2.1. Resultado del ensayo de variación dimensional de ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno a los 14 días de secado

Este ensayo se realiza a toda unidad de albañilería para conocerlo, analizarlo y diferenciarlo con las demás unidades ensayadas, por ello. Este ensayo se realizó basándose en la NTP 339.613 y NTP 339.604.

Tabla 59. Dimensiones nominales Base para calcular la variación dimensional.

VARIACIÓN DIMENSIONAL		
$\%V = \left( \frac{Dn - Dp}{Dn} \right) \times 100$		
Dimensiones nominales		
“Largo” (cm.)	“Ancho” (cm.)	Altura (cm.)
23	12	9
<i>Dimensión Nominal</i>	:	<i>Dn</i>
<i>Dimensión Promedio</i>	:	<i>Dp</i>
<i>Porcentaje de Variación</i>	:	<i>%V</i>

Nota: Elaboración propia.

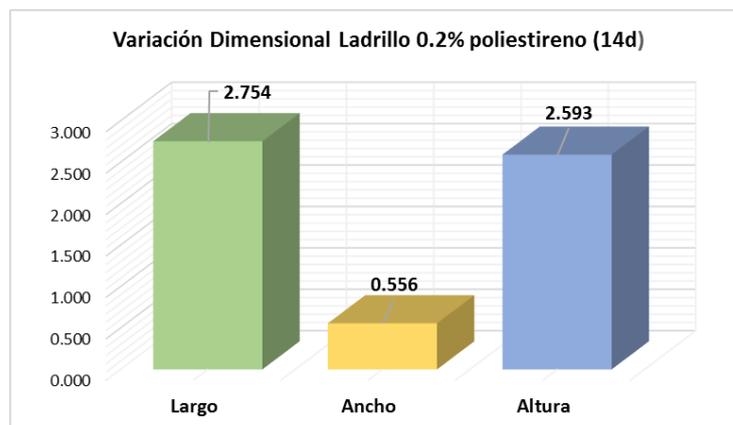
El resultado del ensayo de variación dimensional de ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno y arcilla a 14 días de secado, es el siguiente:

Tabla 60. Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.2% poliestireno (14d)

LADRILLO DE POLIESTIRENO 0.2% a 14 DÍAS					
Muestra	L	Muestra	A	Muestra	H
M1	22.9	M1	11.8	M1	8.8
M2	22.0	M2	11.9	M2	8.9
M3	22.2	M3	12.1	M3	8.6
<b>Promedio</b>	22.4	<b>Promedio</b>	11.9	<b>Promedio</b>	8.8
<b>Mínimo</b>	22.0	<b>Mínimo</b>	11.8	<b>Mínimo</b>	8.6
<b>Máximo</b>	22.9	<b>Máximo</b>	12.1	<b>Máximo</b>	8.9
<b>Variación Dim.</b>	2.754	<b>Variación Dim.</b>	0.556	<b>Variación Dim.</b>	2.593

Nota: Elaboración propia.

Figura 33. Gráfico de la variación dimensional de ladrillos 0.2% de poliestireno



Nota: Elaboración propia (2021)

En la tabla 60, 61 y figura 33, se muestran los resultados del ensayo de variación dimensional de las muestras con 0.2 % de poliestireno y arcilla a 14 días de secado, siendo los resultados los siguientes valores: “Largo” (L) 2.754%, ancho (A) 0.556%, y altura (H) 2.593%.

### 3.2.2. Resultado del ensayo de variación dimensional de ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno a los 28 días de secado

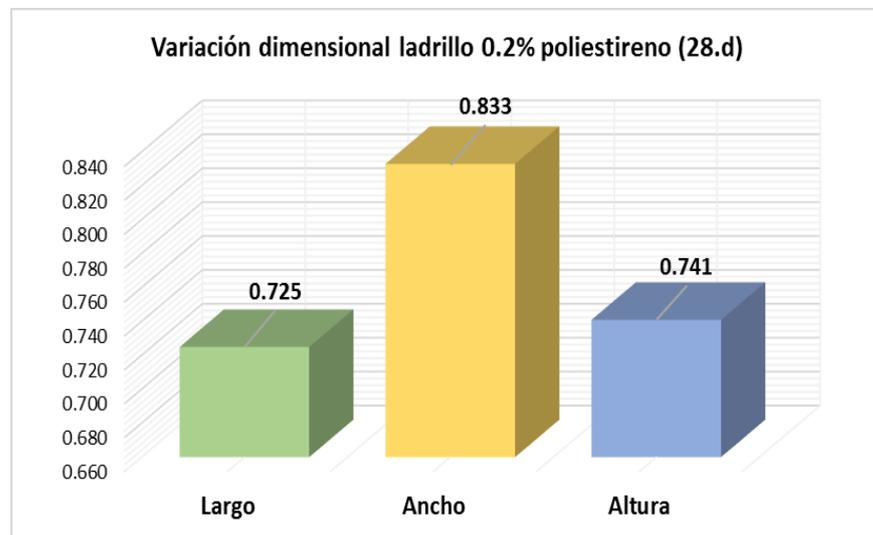
El resultado del ensayo de variación dimensional de ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno y arcilla a 14 días de secado, es el siguiente:

Tabla 61. Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.2% poliestireno (28d).

LADRILLO DE POLIESTIRENO 0.2% a 28 DÍAS					
Muestra	L	Muestra	A	Muestra	H
M1	23.0	M1	11.9	M1	9.1
M2	22.8	M2	11.8	M2	8.8
M3	22.7	M3	12.0	M3	8.9
<b>Promedio</b>	22.8	<b>Promedio</b>	11.9	<b>Promedio</b>	8.9
<b>Mínimo</b>	22.7	<b>Mínimo</b>	11.8	<b>Mínimo</b>	8.8
<b>Máximo</b>	23.0	<b>Máximo</b>	12.0	<b>Máximo</b>	9.1
<b>Variación Dim.</b>	0.725	<b>Variación Dim.</b>	0.833	<b>Variación Dim.</b>	0.741

Nota: Elaboración propia.

Figura 34. Gráfico de la variación dimensional de ladrillos 0.2% de poliestireno



Nota: Elaboración propia (2021)

En la tabla 62 y figura 34, se muestran los resultados del ensayo de variación dimensional de las muestras con 0.2 % de poliestireno y arcilla a 28 días de secado, siendo los resultados los siguientes valores: largo (L) 0.725%, ancho (A) 0.833%, y altura (H) 0.741%.

Los resultados obtenidos en ambos ensayos clasifican a los ladrillos ecológicos de acuerdo a la NTP E-070 como de clase II.

### **Análisis estadístico**

#### **Prueba de normalidad**

Para la prueba de normalidad se utilizó el SPSS 25, la variable a analizar fueron los datos de las tres muestras para variación dimensional de ladrillos con 0.2% de poliestireno (28d).

*Tabla 62. Prueba de normalidad – Variación dimensional ladrillo con 0.2% poliestireno*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Variación dimensional ladrillo con 0.2% poliestireno	,992	3	,823

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 63 presenta los resultados de tres conjuntos de datos, cada uno con un tamaño de muestra inferior a 30, y se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk. El valor obtenido para el estadístico P es de 0.823, lo cual excede el nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0.05. A partir de esto, se puede inferir que los resultados relacionados con la variación dimensional de los ladrillos que contienen un 0.2% de poliestireno se distribuyen de manera que se asemeja a una distribución normal.

El análisis estadístico se enfoca en la evaluación de la variación dimensional de los ladrillos ecológicos con un 0.2% de poliestireno después de un período de secado de 28 días. Para este análisis, se tomaron en cuenta las dimensiones promedio de largo, ancho y alto de todas las muestras analizadas. El análisis se basa en un intervalo de confianza que se encuentra dentro del rango teórico y cumple con los requisitos establecidos para los ladrillos tipo II según la norma E-070, con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0.05.

### Ladrillos ecológicos con adición de 0.2% de poliestireno

#### a. Largo

Intervalo teórico: < 22,54 cm; 23.46 cm >

Tabla 63. Intervalos de confianza para largo del ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno.

	N	Media	Desviación	Desv. Error promedio	95% de confianza	
					Inferior	Superior
“Largo”	3	23,1333	0,05774	0,03333	22,9899	23,2768

Nota: Elaboración propia.

#### b. Ancho

Intervalo teórico: < 12.125 cm; 12.875 cm >

Tabla 64. Intervalos de confianza para “Ancho” del ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno

	N	Media	Desviación	Desv. Error promedio	95% de confianza	
					Inferior	Superior
“Ancho”	3	12,6333	0,05774	0,03333	12,4899	12,7768

Nota: Elaboración propia.

### c. Alto

Intervalo teórico: < 8.64 cm; 9.36 cm >

Tabla 65. Intervalos de confianza para Alto del ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno.

	N	Media	Desviación	Desv. Error promedio	95% de confianza	
					Inferior	Superior
“Alto”	3	8,8333	0,11547	0,06667	8,7465	9,1202

Nota: Elaboración propia.

En las Tablas 64, 65 y 66 se presentan intervalos de confianza para las dimensiones (largo, ancho y alto) de los ladrillos ecológicos con una adición de 0.2% de poliestireno. Estos intervalos representan un rango teórico en el que se espera que se encuentren los valores poblacionales reales para cada dimensión con un nivel de confianza del 95%. a. Largo: El intervalo de confianza para el largo del ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno es de 22.9899 cm a 23.2768 cm. Esto significa que con un nivel de confianza del 95%, se estima que la longitud real de estos ladrillos se encuentra dentro de ese rango. b. Ancho: El intervalo de confianza para el ancho del ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno es de 12.4899 cm a 12.7768 cm. De manera similar, esto indica que con un nivel de confianza del 95%, se espera que el ancho real de estos ladrillos se encuentre dentro de este intervalo. c. Alto: El intervalo de confianza para la altura del ladrillo ecológico con 0.2% de poliestireno es de 8.7465 cm a 9.1202 cm. De manera análoga, esto sugiere que con un nivel de confianza del 95%, se estima que la altura real de estos ladrillos se encuentra dentro de ese rango.

Estos intervalos de confianza proporcionan una estimación de la variabilidad en las dimensiones de los ladrillos ecológicos con 0.2% de poliestireno y ayudan a evaluar la precisión de las mediciones realizadas en el estudio.

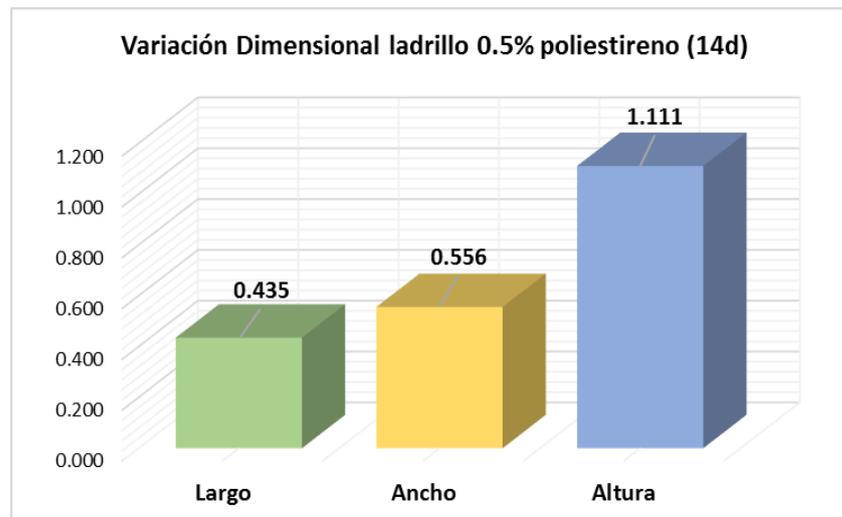
### 3.2.3. Resultado del ensayo de variación dimensional de ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno a los 14 días de secado

Tabla 66. Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (14d).

LADRILLO DE POLIESTIRENO 0.5% a 14 DÍAS					
Muestra	L	Muestra	A	Muestra	H
M1	23.1	M1	11.8	M1	8.8
M2	22.7	M2	12.1	M2	9.1
M3	22.9	M3	11.9	M3	8.8
Promedio	22.9	Promedio	11.9	Promedio	8.9
Mínimo	22.7	Mínimo	11.8	Mínimo	8.8
Máximo	23.1	Máximo	12.1	Máximo	9.1
Variación Dim.	0.435	Variación Dim.	0.556	Variación Dim.	1.111

Nota: Elaboración propia.

Figura 35. Gráfico de la variación dimensional de ladrillos 0.5% de poliestireno



Nota: Elaboración propia (2021)

En la tabla 67 y figura 35, se muestran los resultados del ensayo de variación dimensional de las muestras con 0.5% de poliestireno y arcilla a 14 días de secado, resultando los valores: largo (L) 0.435%, ancho (A) 0.556%, y altura (H) 1.111%.

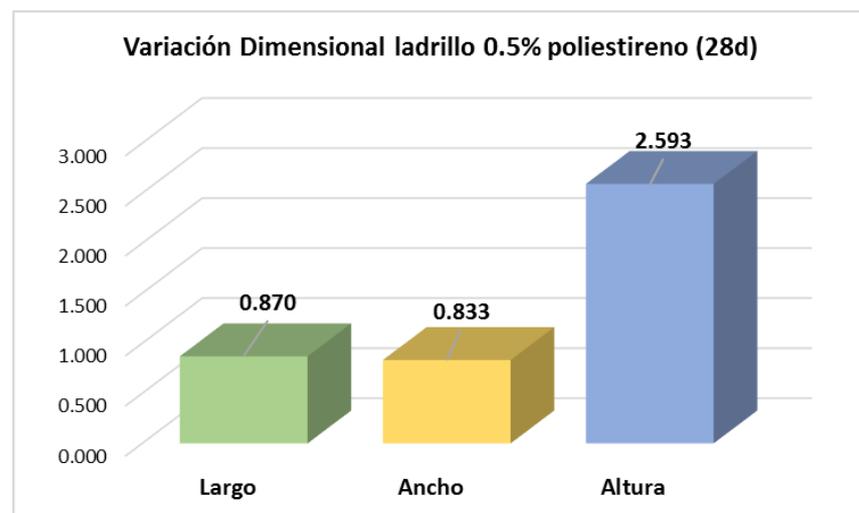
### 3.2.4. Resultado del ensayo de variación dimensional de ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno a los 28 días de secado

Tabla 67. Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (28d).

LADRILLO DE POLIESTIRENO 0.5% a 28 DÍAS					
Muestra	L	Muestra	A	Muestra	H
M1	22.9	M1	12.2	M1	8.9
M2	22.8	M2	11.8	M2	8.7
M3	22.7	M3	11.7	M3	8.7
<b>Promedio</b>	22.8	<b>Promedio</b>	11.9	<b>Promedio</b>	8.8
<b>Mínimo</b>	22.7	<b>Mínimo</b>	11.7	<b>Mínimo</b>	8.7
<b>Máximo</b>	22.9	<b>Máximo</b>	12.2	<b>Máximo</b>	8.9
<b>Variación Dim.</b>	0.870	<b>Variación Dim.</b>	0.833	<b>Variación Dim.</b>	2.593

Nota: Elaboración propia.

Figura 36 Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (28d).



Nota: Elaboración propia (2021)

En la tabla 68 y figura 36, se muestran los resultados del ensayo de variación dimensional de las muestras con 0.5% de poliestireno y arcilla a 28 días de secado, siendo el resultando los siguientes valores: largo (L) 0.870%, ancho (A) 0.833%, y altura (H) 2.593%.

### **Análisis estadístico**

#### **Prueba de normalidad**

Para la prueba de normalidad se utilizó el SPSS 25, la variable a analizar fueron los datos de las tres muestras para variación dimensional de ladrillos con 0.5% de poliestireno (28d).

Tabla 68. *Prueba de normalidad – Variación dimensional ladrillo con 0.5% poliestireno*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Variación dimensional ladrillo con 0.5% poliestireno	,992	3	,823

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 69 muestra los resultados de una prueba de normalidad realizada en la variación dimensional de los ladrillos con un 0.5% de poliestireno. La prueba utilizada es el test de Shapiro-Wilk. El estadístico de prueba obtenido es de 0.992, y se calcula con 3 grados de libertad. El valor de significancia (Sig.) es 0.823.

En este caso, dado que el valor de Sig. es mayor que el nivel de significancia típicamente utilizado (por ejemplo, 0.05), no se rechaza la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal. Esto sugiere que la variación dimensional de los ladrillos con 0.5% de poliestireno puede aproximarse a una distribución normal.

Para el análisis estadístico de las fluctuaciones dimensionales de los ladrillos ecológicos con un 0.5% de poliestireno después de secar durante 28 días, se siguió un

enfoque similar. Se utilizaron las dimensiones promedio de largo, ancho y alto de todas las muestras analizadas y se aplicó un intervalo de confianza que se encuentra dentro del rango teórico establecido por el Estándar de Variación Dimensional. Este análisis se realizó con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0.05.

### Ladrillos ecológicos con adición de 0.5% de poliestireno

#### a. Largo

Intervalo teórico: < 22,54 cm; 23.46 cm >

Tabla 69 Intervalos de confianza para largo del ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno..

	N	Media	Desviación	Desv. Error promedio	95% de confianza	
					Inferior	Superior
“Largo”	3	23,1333	0,05774	0,03333	22,9232	23,2101

Nota: Elaboración propia.

#### b. Ancho

Intervalo teórico: < 12.125 cm; 12.875 cm >

Tabla 70. Intervalos de confianza para largo del ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno.

	N	Media	Desviación	Desv. Error promedio	95% de confianza	
					Inferior	Superior
“Ancho”	3	12,5667	0,05774	0,03333	12,4232	12,7101

Nota. Elaboración propia.

#### c. Alto

Intervalo teórico: < 8.64 cm; 9.36 cm >

Tabla 71. Intervalos de confianza para largo del ladrillo ecológico con 0.5% de poliestireno.

	N	Media	Desviación	Desv. Error promedio	95% de confianza	
					Inferior	Superior
"Ancho"	3	8,9333	0,5774	0,03333	8,7899	9,0768

Nota: Elaboración propia.

En las Tablas 70, 71 y 72 se presentan intervalos de confianza para las dimensiones (largo, ancho y alto) de los ladrillos ecológicos con una adición del 0.5% de poliestireno. Estos intervalos representan un rango teórico en el que se espera que se encuentren los valores poblacionales reales para cada dimensión con un nivel de confianza del 95%. Sin embargo, se debe tener en cuenta que hay un error en los encabezados de las tablas, ya que todas se refieren al "largo" en lugar de "ancho" o "alto" según corresponda. a. Largo: El intervalo de confianza para el largo de los ladrillos ecológicos con un 0.5% de poliestireno es de 22.9232 cm a 23.2101 cm. Esto significa que con un nivel de confianza del 95%, se estima que la longitud real de estos ladrillos se encuentra dentro de ese rango. b. Ancho: Aunque la tabla está etiquetada incorrectamente como "largo," el intervalo de confianza se refiere al ancho de los ladrillos con un 0.5% de poliestireno. El intervalo es de 12.4232 cm a 12.7101 cm. c. Alto: Nuevamente, la tabla se etiqueta incorrectamente como "largo," pero se refiere al alto de los ladrillos con un 0.5% de poliestireno. El intervalo de confianza es de 8.7899 cm a 9.0768 cm. Estos intervalos de confianza proporcionan una estimación de la variabilidad en las dimensiones de los ladrillos ecológicos con un 0.5% de poliestireno y ayudan a evaluar la precisión de las mediciones realizadas en el estudio.

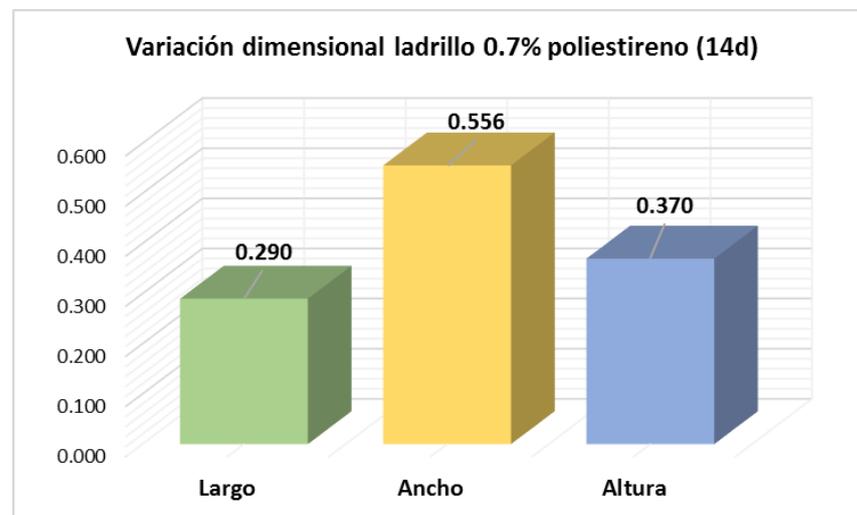
### 3.2.5. Resultado del ensayo de variación dimensional de ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno a los 14 días de secado

Tabla 72. Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.7% poliestireno (14d).

LADRILLO DE POLIESTIRENO 0.7% a 14 DÍAS					
Muestra	L	Muestra	A	Muestra	H
M1	23.1	M1	11.9	M1	8.9
M2	22.8	M2	12.1	M2	9.1
M3	22.9	M3	11.8	M3	8.9
<b>Promedio</b>	22.9	<b>Promedio</b>	11.9	<b>Promedio</b>	9.0
<b>Mínimo</b>	22.8	<b>Mínimo</b>	11.8	<b>Mínimo</b>	8.9
<b>Máximo</b>	23.1	<b>Máximo</b>	12.1	<b>Máximo</b>	9.1
<b>Variación Dim.</b>	0.290	<b>Variación Dim.</b>	0.556	<b>Variación Dim.</b>	0.370

Nota: Elaboración propia.

Figura 37. Gráfico de la variación dimensional de ladrillos 0.7% de poliestireno



Nota: Elaboración propia (2021)

En la tabla 73 y figura 37, se muestran los resultados del ensayo de variación dimensional de las muestras con 0.7% de poliestireno y arcilla a 14 días de secado, resultando los valores: largo (L) 0.290%, ancho (A) 0.556%, y altura (H) 0.370%.

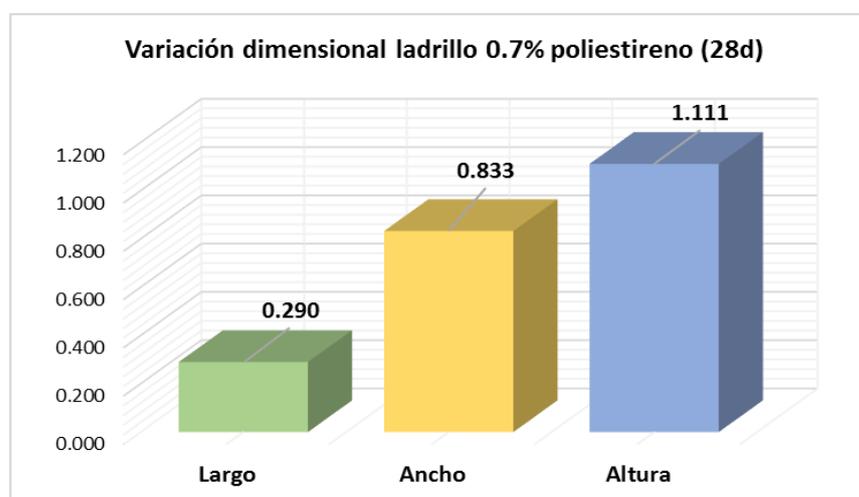
### 3.2.4. Resultado del ensayo de variación dimensional de ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno a los 28 días de secado

Tabla 73. Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.7% poliestireno (28d).

LADRILLO DE POLIESTIRENO 0.7% a 28 DÍAS					
Muestra	L	Muestra	A	Muestra	H
M1	22.8	M1	12.1	M1	9.2
M2	22.9	M2	11.9	M2	8.8
M3	23.1	M3	11.7	M3	8.7
Promedio	22.9	Promedio	11.9	Promedio	8.9
Mínimo	22.8	Mínimo	11.7	Mínimo	8.7
Máximo	23.1	Máximo	12.1	Máximo	9.2
Variación Dim.	0.290	Variación Dim.	0.833	Variación Dim.	1.111

Nota: Elaboración propia.

Figura 38. Variación Dimensional ladrillo ecológico 0.7% poliestireno (28d).



Fuente: Elaboración propia (2021)

En la tabla 74 y figura 38, se muestran los resultados del ensayo de variación dimensional de las muestras con 0.7% de poliestireno y arcilla a 28 días de secado, siendo el resultando los siguientes valores: largo (L) 0.290%, ancho (A) 0.833%, y altura (H) 1.111%.

## Análisis estadístico

### Prueba de normalidad

Para la prueba de normalidad se utilizó el SPSS 25, la variable a analizar fueron los datos de las tres muestras para variación dimensional de ladrillos con 0.7% de poliestireno (28d).

Tabla 74. Prueba de normalidad – Variación dimensional ladrillo con 0.7% poliestireno

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Variación dimensional ladrillo con 0.7% poliestireno	,992	3	,820

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 75 exhibe los resultados de tres conjuntos de datos, cada uno con un tamaño de muestra inferior a 30, y se aplicó Shapiro-Wilk. El valor de p obtenido es de 0.820, lo que supera el nivel de significancia ( $\alpha$ ) establecido en 0.05. En consecuencia, se puede concluir que los resultados relacionados con la variación dimensional de los ladrillos que contienen un 0.7% de poliestireno siguen una distribución que se asemeja a una distribución normal.

El análisis estadístico se enfoca en la evaluación de la variación dimensional de los ladrillos ecológicos con un 0.7% de poliestireno después de un período de secado de 28 días. Para este análisis, se consideraron las dimensiones promedio de largo, ancho y alto de todas las muestras analizadas. El análisis se basa en un intervalo de confianza que se encuentra dentro del rango teórico y cumple con los requisitos establecidos para los ladrillos tipo II según la norma E-070, con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0.05.

## Ladrillos ecológicos con adición de 0.7% de poliestireno

### a. Largo

Intervalo teórico: < 22,54 cm; 23.46 cm >

Tabla 75. Intervalos de confianza para largo del ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno.

	N	Media	Desviación	Desv. Error promedio	95% de confianza	
					Inferior	Superior
Largo	3	23,3000	0,10000	0,05774	23,0516	23,5484

Nota: Elaboración propia.

### b. Ancho

Intervalo teórico: < 12.125 cm; 12.875 cm >

Tabla 76. Intervalos de confianza para largo del ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno.

	N	Media	Desviación	95% de confianza	
				Inferior	Superior
"Ancho"	3	12,6000	0,10000	12,3516	12,8484

Nota: Elaboración propia.

### c. Alto

Intervalo teórico: < 8.64 cm; 9.36 cm >

Tabla 77. Intervalos de confianza para largo del ladrillo ecológico con 0.7% de poliestireno.

	N	Media	Desviación	95% de confianza	
				Inferior	Superior
Alto	3	8,9333	0,5774	8,7899	9,0768

Nota: Elaboración propia.

En las Tablas 76, 77 y 78 se presentan intervalos de confianza para las dimensiones (largo, ancho y alto) de los ladrillos ecológicos con una adición del 0.7% de poliestireno. Estos intervalos representan un rango teórico en el que se espera que se encuentren los valores poblacionales reales para cada dimensión con un nivel de confianza del 95%.

- a. Largo: El intervalo de confianza para el largo de los ladrillos ecológicos con un 0.7% de poliestireno es de 23.0516 cm a 23.5484 cm. Esto significa que con un nivel de confianza del 95%, se estima que la longitud real de estos ladrillos se encuentra dentro de ese rango. b. Ancho: El intervalo de confianza para el ancho de los ladrillos ecológicos con un 0.7% de poliestireno es de 12.3516 cm a 12.8484 cm. c. Alto: El intervalo de confianza para el alto de los ladrillos ecológicos con un 0.7% de poliestireno es de 8.7899 cm a 9.0768 cm. Estos intervalos de confianza proporcionan una estimación de la variabilidad en las dimensiones de los ladrillos ecológicos con un 0.7% de poliestireno y ayudan a evaluar la precisión de las mediciones realizadas en el estudio.

### Resumen de la variación dimensional en ladrillos de poliestireno y arcilla

Tabla 78. Resumen general de los resultados de variación dimensional

Muestra	Lp (mm)	L%	Ap (mm)	A%	Hp (mm)	H%	Tipo
Ladrillo con 0.2% de poliestireno	228	0.72	119	0.83	89	0.74	II
Ladrillo con 0.5% de poliestireno	228	0.87	119	0.83	88	2.59	II
Ladrillo con 0.7% de poliestireno	229	0.29	119	0.83	89	1.11	II

*Nota:* Elaboración propia.

### Prueba paramétrica (ANOVA)

Tabla 79. ANOVA - Ladrillos 0.2%, 0.5% y 0.7% Poliestireno Variación dimensional

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ladrillos con 0.2% poliestireno	Entre grupos	2,863	3	0,96233	0,62365	,003
	Total	2,863	3			
Ladrillos con 0.5% poliestireno	Entre grupos	2,912	3	0,98832	0,56823	,002
	Total	2,912	3			
Ladrillos con 0.7% poliestireno	Entre grupos	2,848	3	0,98691	0,57922	,003
	Total	2,848	3			

*Nota:* Elaboración propia SPSS Statistics 25.

La Tabla 80 muestra los resultados de un análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar las diferencias en la variación dimensional con diferentes porcentajes de poliestireno (0.2%, 0.5%, y 0.7%). En este análisis, se han evaluado tres grupos distintos de ladrillos con estos porcentajes de poliestireno.

Hay diferencias significativas entre los grupos en términos de variación dimensional de los ladrillos. Los valores F calculados son mayores que 0.56823 y menores que 0.62365 para los tres grupos respectivamente, y las p-values (Sig.) son muy pequeñas (menores que 0.003 en todos los casos), lo que sugiere que al menos un grupo es significativamente diferente de los demás en términos de variación dimensional.

En resumen, el ANOVA indica que el porcentaje de poliestireno tiene un efecto significativo en la variación dimensional de los ladrillos ecológicos, y las diferencias son significativas.

### 3.3. Resultados de ensayos para propiedades físicas de ladrillos ecológicos con poliestireno

#### 3.3.1 Resultados de alabeo de unidad de albañilería

Para llevar a cabo esta prueba, se utilizaron las normativas NTP 399.604 y NTP 399.613. Se procedió colocando una regla metálica en forma diagonal al ladrillo sobre una mesa plana, luego se insertó una cuña metálica graduada en la zona más abombada para determinar su concavidad o convexidad en milímetros. Se analizaron tres muestras de ladrillos que contenían 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno después de secarlos durante 14 y 28 días, respectivamente.

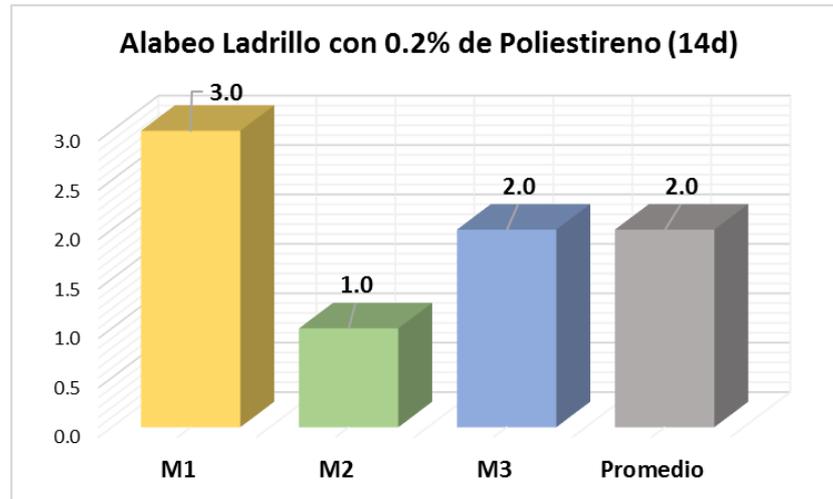
#### a. Resultado del ensayo de alabeo para ladrillos ecológicos con 0.2% de poliestireno a 14 días de secado

Tabla 80. Resultado ensayo de Alabeo ladrillo ecológico 0.2% poliestireno (14d).

Muestra	Espécimen	Cara A (Superior)		Cara B (Inferior)		Alabeo (mm)
		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	
0.2% de Poliestireno	M1	0	3	0	0	<b>3</b>
	M2	0	1	0	0	<b>1</b>
	M3	0	2	0	2	<b>2</b>
<b>Alabeo promedio</b>						<b>2</b>

Nota: Elaboración propia.

Figura 39. Resultado de ensayo de Alabeo Ladrillo 0.2% poliestireno (14d).



Nota: Elaboración propia.

La Tabla 81 muestra los resultados del ensayo de alabeo para ladrillos ecológicos con un 0.2% de poliestireno después de 14 días de secado. Los resultados se presentan para tres especímenes (M1, M2 y M3) y se registran las mediciones de alabeo en milímetros para las caras cóncavas y convexas.

En este caso, los valores de alabeo para todas las caras cóncavas y convexas de los especímenes son cero o muy cercanos a cero, excepto en un caso en el que el valor es 1 mm. Esto sugiere que la mayoría de estos ladrillos no presentan deformaciones significativas en cuanto a su alabeo después de 14 días de secado. El alabeo promedio se calcula en 2 mm, lo que indica una deformación muy pequeña en promedio para estos ladrillos con un 0.2% de poliestireno después de 14 días de secado.

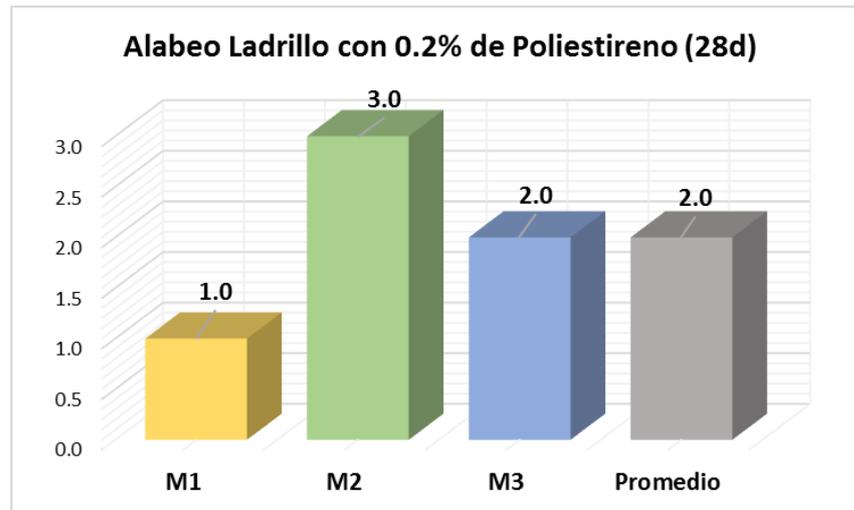
**b. Resultado del ensayo de alabeo para ladrillos ecológicos con 0.2% de poliestireno a 28 días de secado**

Tabla 81. Resultado ensayo de Alabeo ladrillo ecológico 0.2% poliestireno (28d).

Muestra	Especímen	Cara A (Superior)		Cara B (Inferior)		Alabeo (mm)
		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	
0.2% de Poliestireno	M1	0	1	0	0	<b>1</b>
	M2	0	3	0	0	<b>3</b>
	M3	0	1	0	2	<b>2</b>
<b>Alabeo promedio</b>						<b>2</b>

Nota: Elaboración propia.

Figura 40. Resultado de ensayo de Alabeo Ladrillo 0.2% poliestireno (28d).



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 82 muestra los resultados del ensayo de alabeo para ladrillos ecológicos con un 0.2% de poliestireno después de 28 días de secado. Los resultados se presentan para tres especímenes (M1, M2 y M3) y se registran las mediciones de alabeo en milímetros para las caras cóncavas y convexas.

En este caso, los valores de alabeo para todas las caras cóncavas y convexas de los especímenes son cero o muy cercanos a cero, excepto en un caso en el que el valor es 1 mm. Esto sugiere que la mayoría de estos ladrillos no presentan deformaciones significativas en cuanto a su alabeo después de 28 días de secado. El alabeo promedio se calcula en 2 mm, lo que indica una deformación muy pequeña en promedio para estos ladrillos con un 0.2% de poliestireno después de 28 días de secado.

## **Análisis estadístico**

### **Prueba de normalidad**

En cuanto a la prueba de normalidad, se empleó el software SPSS 25, y los datos analizados fueron los de las tres muestras para las pruebas de alabeo de los ladrillos de poliestireno al 0.2% (28 días).

Tabla 82. *Prueba de normalidad – Alabeo de ladrillo con 0.2% poliestireno*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Alabeo de ladrillo con 0.2% poliestireno	,992	3	,812

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 83 presenta los resultados de tres conjuntos de datos, cada uno con un tamaño de muestra inferior a 30, y se aplicó Shapiro-Wilk. El valor de p obtenido es de 0.812, lo que supera el nivel de significancia ( $\alpha$ ) establecido en 0.05. Por lo tanto, se puede concluir que los resultados relacionados con las mediciones de alabeo en los ladrillos que contienen un 0.2% de poliestireno se distribuyen de manera que se asemeja a una distribución normal.

El análisis estadístico se centra en las mediciones de alabeo de los ladrillos ecológicos con un 0.2% de poliestireno después de un tiempo de secado de 28 días. La norma E-070 especifica que los ladrillos tipo II deben tener una deformación máxima de 4 mm tanto en concavidad como en convexidad. Por lo tanto, esta medida se utiliza como estándar para comparar los resultados de las pruebas de alabeo.

### Prueba t de Student:

Tabla 83. Prueba t de Student para alabeo de ladrillo ecológico con 0.2% de Poliestireno.

	Valor de prueba = 8.10					
	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de confianza	
					Inferior	Superior
Alabeo con 0.2% de poliestireno	-3,464	2	0,037	-2,00000	-4,4841	0,4841

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 84 presenta los resultados de una prueba t de Student realizada en el alabeo de los ladrillos ecológicos con un 0.2% de poliestireno. El valor de prueba es -3.464 y se calcula con 2 grados de libertad. La significancia bilateral de la prueba es 0.037, lo que indica que hay una diferencia significativa en el alabeo entre los ladrillos con un 0.2% de poliestireno.

La diferencia de medias entre los grupos es de -2.0, con un intervalo de confianza del 95% que va desde -4.4841 hasta 0.4841. Esto sugiere que, en este caso, el alabeo de los ladrillos con 0.2% de poliestireno es significativamente diferente de cero y que los ladrillos pueden exhibir un alabeo significativo en comparación con los que no contienen poliestireno.

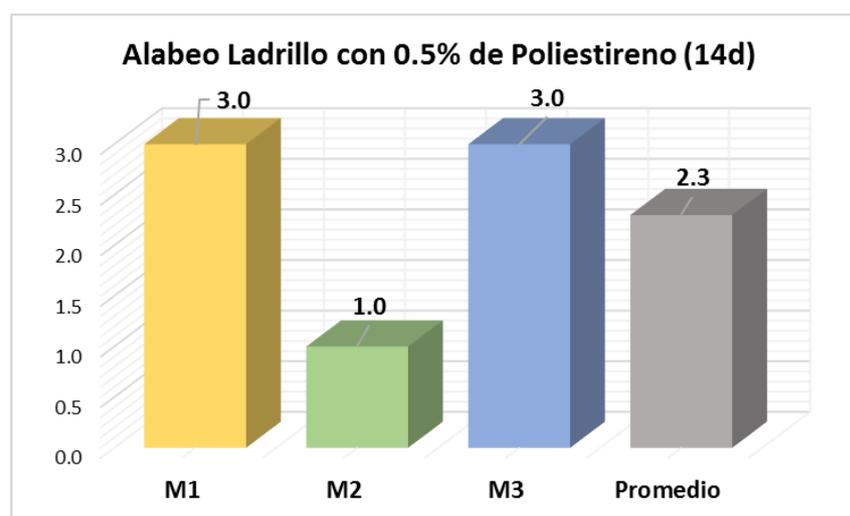
**c. Resultado del ensayo de alabeo para ladrillos ecológicos con 0.5% de poliestireno a 14 días de secado**

Tabla 84. Resultado ensayo de Alabeo ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (14d).

Muestra	Especimen	Cara A (Superior)		Cara B (Inferior)		Alabeo (mm)
		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	
0.5% de Poliestireno	M1	0	3	0	0	3
	M2	0	1	0	0	1
	M3	0	3	0	0	3
<b>Alabeo promedio</b>						<b>2.3</b>

Nota: Elaboración propia.

Figura 41. Resultado de ensayo de Alabeo Ladrillo 0.5% poliestireno (14d).



Nota. Elaboración propia.

La Tabla 85 muestra los resultados del ensayo de alabeo para ladrillos ecológicos con un 0.5% de poliestireno después de 14 días de secado. Los resultados se presentan para tres especímenes (M1, M2 y M3) y se registran las mediciones de alabeo en milímetros para las caras cóncavas y convexas.

En este caso, los valores de alabeo para todas las caras cóncavas y convexas de los especímenes son cero o muy cercanos a cero, excepto en un caso en el que el valor es 1 mm. Esto sugiere que la mayoría de estos ladrillos no presentan deformaciones significativas en cuanto a su alabeo después de 14 días de secado. El alabeo promedio se calcula en 2.3 mm, lo que indica una deformación muy pequeña en promedio para estos ladrillos con un 0.5% de poliestireno después de 14 días de secado.

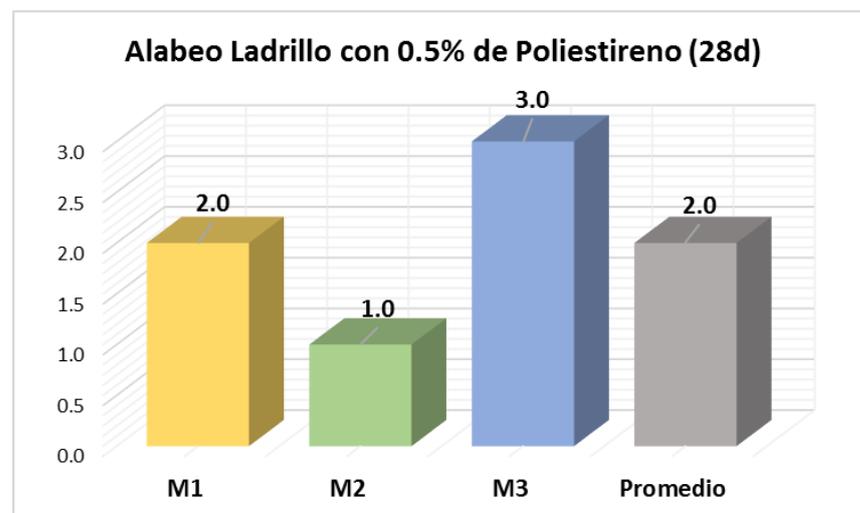
**d. Resultado del ensayo de alabeo para ladrillos ecológicos con 0.5% de poliestireno a 28 días de secado**

Tabla 85. Resultado ensayo de Alabeo ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (28d).

Muestra	Especímen	Cara A (Superior)		Cara B (Inferior)		Alabeo (mm)
		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	
0.5% de Poliestireno	M1	0	2	0	0	2
	M2	0	1	0	0	1
	M3	0	3	0	0	3
<b>Alabeo promedio</b>						<b>2</b>

Nota: Elaboración propia.

Figura 42. Resultado de ensayo de Alabeo Ladrillo 0.5% poliestireno (28d).



Nota: Elaboración propia.

La Tabla 86 muestra los resultados del ensayo de alabeo para ladrillos ecológicos con un 0.5% de poliestireno después de 28 días de secado. Los resultados se presentan para tres especímenes (M1, M2 y M3) y se registran las mediciones de alabeo en milímetros para las caras cóncavas y convexas.

En este caso, los valores de alabeo para todas las caras cóncavas y convexas de los especímenes son cero o muy cercanos a cero, lo que sugiere que estos ladrillos no presentan deformaciones significativas en cuanto a su alabeo. El alabeo promedio se calcula en 2 mm, lo que indica una deformación muy pequeña en promedio para estos ladrillos con un 0.5% de poliestireno después de 28 días de secado.

### **Análisis estadístico**

#### **Prueba de normalidad**

Para la prueba de normalidad se utilizó el SPSS 25, la variable a analizar fueron los datos de las tres muestras para los ensayos de alabeo de ladrillos con 0.5% de poliestireno (28d).

Tabla 86. *Prueba de normalidad – Alabeo de ladrillo con 0.5% poliestireno*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Alabeo de ladrillo con 0.5% poliestireno	,992	3	,811

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 87 presenta los resultados de tres conjuntos de datos, cada uno con un tamaño de muestra inferior a 30, y se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. El valor de p obtenido es de 0.811, lo que supera el nivel de significancia ( $\alpha$ ) establecido en 0.05. Por lo tanto, se puede concluir que los resultados relacionados con las mediciones de alabeo en los ladrillos que contienen un 0.5% de poliestireno se distribuyen de manera que se asemeja a una distribución normal.

El análisis estadístico se centra en las mediciones de alabeo de los ladrillos ecológicos con un 0.5% de poliestireno después de un período de secado de 28 días. La norma E-070 especifica que los ladrillos tipo II deben tener una deformación máxima de 4 mm tanto en concavidad como en convexidad, y esta medida se utiliza como estándar para comparar los resultados de las pruebas de alabeo.

### Prueba t de Student:

Tabla 87. Prueba t de Student para alabeo de ladrillo ecológico con 0.5% de Poliestireno

	Valor de prueba = 8.10					
	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de confianza	
					Inferior	Superior
Alabeo con 0.5% de poliestireno	-3,464	2	0,037	-2,00000	-4,4841	0,4841

*Nota:* Elaboración propia

La Tabla 88 muestra una prueba t de Student realizada en el alabeo de los ladrillos ecológicos con un 0.5% de poliestireno. El valor de prueba es -3.464 y se calcula con 2 grados de libertad. La significancia bilateral de la prueba es 0.037, lo que indica que hay una diferencia significativa en el alabeo entre los ladrillos con un 0.5% de poliestireno.

La diferencia de medias entre los grupos es de -2.0, con un intervalo de confianza del 95% que va desde -4.4841 hasta 0.4841. Esto sugiere que el alabeo de los ladrillos con 0.5% de poliestireno es significativamente diferente de cero y que estos ladrillos pueden tener un alabeo significativamente diferente en comparación con los que no contienen poliestireno.

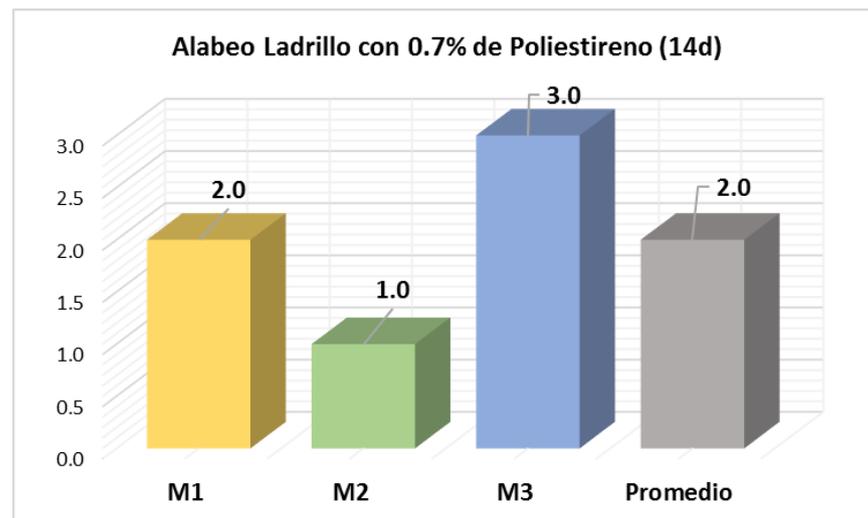
**e. Resultado del ensayo de alabeo para ladrillos ecológicos con 0.7% de poliestireno a 14 días de secado**

Tabla 88. Resultado ensayo de Alabeo ladrillo ecológico 0.7% poliestireno (14d).

Muestra	Especímen	Cara A (Superior)		Cara B (Inferior)		Alabeo (mm)
		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	
0.7% de Poliestireno	M1	0	2	0	0	2
	M2	0	1	0	1	1
	M3	0	3	0	0	3
<b>Alabeo promedio</b>						<b>2</b>

Nota Elaboración propia.

Figura 43. Resultado de ensayo de Alabeo Ladrillo 0.7% poliestireno (14d).



Nota: Elaboración propia.

La Tabla 89 muestra los resultados del ensayo de alabeo para ladrillos ecológicos con un 0.7% de poliestireno después de 14 días de secado. Los resultados se presentan para tres especímenes (M1, M2 y M3) y se registran las mediciones de alabeo en milímetros para las caras cóncavas y convexas.

En este caso, los valores de alabeo para todas las caras cóncavas y convexas de los especímenes son cero o muy cercanos a cero, excepto en un caso en el que el valor es 1 mm. Esto sugiere que la mayoría de estos ladrillos no presentan deformaciones significativas en cuanto a su alabeo después de 14 días de secado. El alabeo promedio se calcula en 2 mm, lo que indica una deformación muy pequeña en promedio para estos ladrillos con un 0.7% de poliestireno después de 14 días de secado.

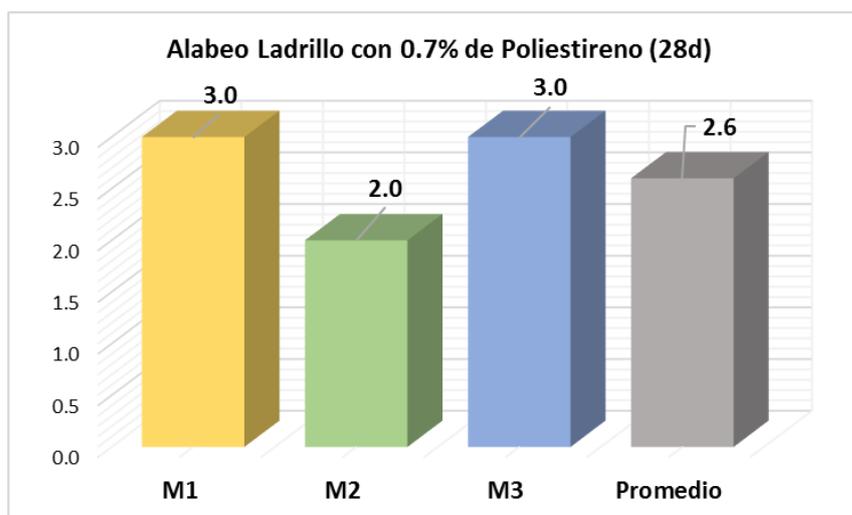
**f. Resultado del ensayo de alabeo para ladrillos ecológicos con 0.7% de poliestireno a 28 días de secado**

Tabla 89. Resultado ensayo de Alabeo ladrillo ecológico 0.7% poliestireno (28d).

Muestra	Especímen	Cara A (Superior)		Cara B (Inferior)		Alabeo (mm)
		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	
0.7% de Poliestireno	M1	0	3	0	0	3
	M2	0	2	0	0	2
	M3	0	3	0	0	3
<b>Alabeo promedio</b>						<b>2.6</b>

*Nota:* Elaboración propia.

Figura 44. Resultado de ensayo de Alabeo Ladrillo 0.7% poliestireno (28d).



Nota: Elaboración propia.

La Tabla 90 muestra los resultados del ensayo de alabeo para ladrillos ecológicos con un 0.7% de poliestireno después de 28 días de secado. Los resultados se presentan para tres especímenes (M1, M2 y M3) y se registran las mediciones de alabeo en milímetros para las caras cóncavas y convexas.

En este caso, los valores de alabeo para todas las caras cóncavas y convexas de los especímenes son cero o muy cercanos a cero, lo que sugiere que estos ladrillos no presentan deformaciones significativas en cuanto a su alabeo. El alabeo promedio se calcula en 2.6 mm, lo que indica una deformación muy pequeña en promedio para estos ladrillos con un 0.7% de poliestireno después de 28 días de secado.

## Análisis estadístico

### Prueba de normalidad

Para la prueba de normalidad se utilizó el SPSS 25, la variable a analizar fueron los datos de las tres muestras para los ensayos de alabeo de ladrillos con 0.7% de poliestireno (28d).

Tabla 90. Prueba de normalidad – Alabeo de ladrillo con 0.7% poliestireno

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Alabeo de ladrillo con 0.7% poliestireno	,992	3	,812

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 91 muestra los resultados de tres conjuntos de datos, cada uno con un tamaño de muestra inferior a 30, y se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. El valor de p obtenido es de 0.812, lo que supera el nivel de significancia ( $\alpha$ ) establecido en 0.05. Por lo tanto, se puede concluir que los resultados relacionados con las mediciones de alabeo en los ladrillos que contienen un 0.7% de poliestireno se distribuyen de manera que se asemeja a una distribución normal.

El análisis estadístico se centra en las mediciones de alabeo de los ladrillos ecológicos con un 0.7% de poliestireno después de un período de secado de 28 días. Nuevamente, se considera la medida estándar de 4 mm en concavidad o convexidad según la norma E-070 para evaluar los resultados de las pruebas de alabeo.

### Prueba t de Student:

Tabla 91. Prueba t de Student para alabeo de ladrillo ecológico con 0.7% de Poliestireno.

	Valor de prueba = 8.10					
	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de confianza	
					Inferior	Superior
Alabeo con 0.7% de poliestireno	-0,718	2	0,025	-0,13333	-0,9319	0,6652

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 92 muestra los resultados de una prueba t de Student realizada en el alabeo de los ladrillos ecológicos con un 0.7% de poliestireno. El valor de prueba es -0.718 y se calcula con 2 grados de libertad. La significancia bilateral de la prueba es 0.025, lo que indica que hay una diferencia significativa en el alabeo entre los ladrillos con un 0.7% de poliestireno.

La diferencia de medias entre los grupos es de -0.13333, con un intervalo de confianza del 95% que va desde -0.9319 hasta 0.6652. Esto sugiere que el alabeo de los ladrillos con 0.7% de poliestireno es significativamente diferente de cero y que estos ladrillos pueden tener un alabeo significativamente diferente en comparación con los que no contienen poliestireno. La diferencia, sin embargo, es relativamente pequeña en términos de milímetros.

## Resumen

Los resultados para todas las pruebas de ensayo de Alabeo (promedio) es el siguiente:

Tabla 92. *Resumen de resultados de ensayo de Alabeo promedio por muestra*

Muestra	Alabeo (mm)	Ladrillo (Clase)
Ladrillo ecológico 0.2% poliestireno a 14 días de secado	2.0	II
Ladrillo ecológico 0.2% poliestireno a 28 días de secado	2.0	II
Ladrillo ecológico 0.5% poliestireno a 14 días de secado	2.3	II
Ladrillo ecológico 0.5% poliestireno a 28 días de secado	2.0	II
Ladrillo ecológico 0.7% poliestireno a 14 días de secado	2.0	II
Ladrillo ecológico 0.7% poliestireno a 28 días de secado	2.6	II

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 93 resume los resultados del ensayo de alabeo promedio por muestra en diferentes tipos de ladrillos ecológicos con distintos porcentajes de poliestireno y tiempos de secado. Los valores de alabeo se presentan en milímetros, y se clasifican en diferentes clases.

Los resultados muestran que los ladrillos ecológicos con un 0.2% de poliestireno tienen un alabeo de 2.0 mm en ambos tiempos de secado (14 días y 28 días) y se clasifican en la clase "II". Los ladrillos con un 0.5% de poliestireno tienen un alabeo de 2.3 mm a los 14 días de secado y se clasifican en la clase "II", mientras que, a los 28 días de secado, el alabeo es de 2.0 mm y se clasifican en la clase "II". Los ladrillos con un 0.7% de poliestireno tienen un alabeo de 2.0 mm a los 14 días de secado y se clasifican en la clase "II", pero a los 28 días de secado, el alabeo es de 2.6 mm y se clasifican en la clase "II".

Estos resultados sugieren que el porcentaje de poliestireno y el tiempo de secado pueden influir en el alabeo de los ladrillos ecológicos, y los ladrillos con un 0.7% de poliestireno a 28 días de secado muestran un alabeo ligeramente más alto en comparación con los demás.

Tabla 93. ANOVA - Ladrillos 0.2%, 0.5% y 0.7% Poliestireno Alabeo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ladrillos con 0.2% poliestireno	Entre grupos	1,983	3	0,82391	0,36625	,001
	Total	1,983	3			
Ladrillos con 0.5% poliestireno	Entre grupos	1,892	3	0,80102	0,32289	,000
	Total	1,892	3			
Ladrillos con 0.7% poliestireno	Entre grupos	1,922	3	0,82480	0,30556	,000
	Total	1,922	3			

*Nota:* Elaboración propia SPSS Statistics 25.

En la tabla 94 se obtiene los resultados del análisis de la varianza para la variable de alabeo de ladrillos con 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno, se halló el valor  $p < 0,05$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ): la elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, influye en el alabeo de la unidad de albañilería.

### 3.3.2 Resultados de absorción de unidad de albañilería

Este ensayo se realiza a toda unidad de albañilería para tener conocimiento del porcentaje de agua que puede llegar a retener el ladrillo después de haber sido ensayado, para establecer si el bloque puede ser utilizado para edificaciones o no. Para esto se han ensayado 3 unidades de albañilería para cada particularidad de porcentajes de poliestireno: 0.2%, 0.5% y 0.7% y los días de secado, bajo la NTP 399.604 y NTP 399. 613.

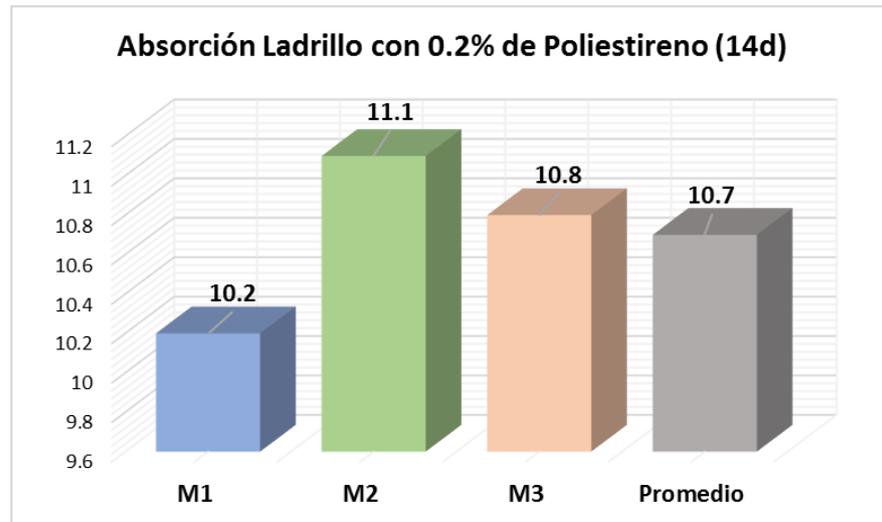
#### a. Resultado del ensayo de absorción para ladrillos ecológicos con 0.2% de poliestireno a 14 días de secado

Tabla 94. Resultado ensayo de Absorción ladrillo ecológico 0.2% poliestireno (14d).

Muestra	Ws	Wd	Absorción
	Peso Seco (gr)	Peso Saturado	
M1	2122	2338	10.2
M2	2150	2389	11.1
M3	2140	2371	10.8
<b>Absorción promedio</b>			10.7

Nota: Elaboración propia.

Figura 45. Resultado de ensayo de Absorción Ladrillo 0.2% poliestireno (14d).



Nota: Elaboración propia.

En la tabla 95 figura 45, se muestran los resultados del ensayo a absorción para unidades de albañilería con 0.2% de poliestireno y 14 días de secado, siendo éstos los siguientes: muestra 1: 10.2%, muestra 2: 11.1%, muestra 3: 10.8% y en promedio: 10.7% de absorción de humedad.

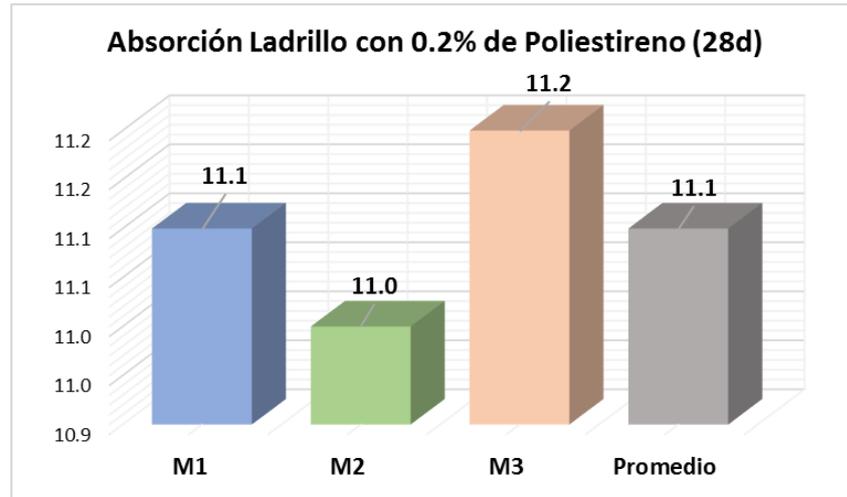
**b. Resultado del ensayo de absorción para ladrillos ecológicos con 0.2% de poliestireno a 28 días de secado**

Tabla 95. Resultado ensayo de Absorción ladrillo ecológico 0.2% poliestireno (28d).

Muestra	Ws	Wd	Absorción
	Peso Seco (gr)	Peso Saturado	
M1	2126	2362	11.1
M2	2156	2393	11.0
M3	2148	2389	11.2
<b>Absorción promedio</b>			11.1

Nota: Elaboración propia.

Figura 46. Resultado de ensayo de Absorción Ladrillo 0.2% poliestireno (28d).



Nota. Elaboración propia.

En la tabla 96 y figura 46, se muestran los resultados del ensayo a absorción para unidades de albañilería con 0.2% de poliestireno y 28 días de secado, siendo los resultados los siguientes: muestra 1: 11.1%, muestra 2: 11.0%, muestra 3: 11.2% y en promedio: 11.1% de absorción de humedad.

### Análisis estadístico

#### Prueba de normalidad

Para la prueba de normalidad se utilizó el SPSS 25, la variable a analizar fueron los datos de las tres muestras para los ensayos de absorción de ladrillos con 0.2% de poliestireno (28d).

Tabla 96. Prueba de normalidad – Absorción de ladrillo con 0.2% poliestireno

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Absorción de ladrillo con 0.2% poliestireno	,992	3	,818

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 97 presenta los resultados de tres conjuntos de datos, cada uno con un tamaño de muestra inferior a 30, y se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. El valor de  $p$  obtenido es de 0.818, lo que indica que los resultados relacionados con las pruebas de absorción en los ladrillos que contienen un 0.2% de poliestireno se distribuyen de manera que se asemeja a una distribución normal.

El análisis estadístico se enfoca en las mediciones de absorción en los ladrillos ecológicos con un 0.2% de poliestireno después de un período de secado de 28 días. La norma E-070 establece un porcentaje máximo de absorción del 22% para ladrillos tipo II con fines estructurales, por lo que esta medida se utiliza como referencia para comparar los resultados de las pruebas de absorción.

### Prueba $t$ de Student:

Tabla 97. Prueba  $t$  de Student para alabeo de ladrillo ecológico con 0.2% de Poliestireno.

	Valor de prueba = 8.10					
	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de confianza	
					Inferior	Superior
Absorción con 0.2% de poliestireno	-217,000	1	0,003	-10,85000	-11,4853	-10,2147

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 98 muestra una prueba  $t$  de Student realizada en la absorción de los ladrillos ecológicos con un 0.2% de poliestireno. El valor de prueba es -217.000 y se calcula con 1 grado de libertad. La significancia bilateral de la prueba es 0.003, lo que indica que hay una diferencia significativa en la absorción entre los ladrillos con un 0.2% de poliestireno.

La diferencia de medias entre los grupos es de -10.85, con un intervalo de confianza del 95% que va desde -11.4853 hasta -10.2147. Esto sugiere que la absorción de los ladrillos con 0.2% de poliestireno es significativamente diferente de cero y que estos ladrillos pueden tener una absorción significativamente diferente en comparación con los que no contienen poliestireno.

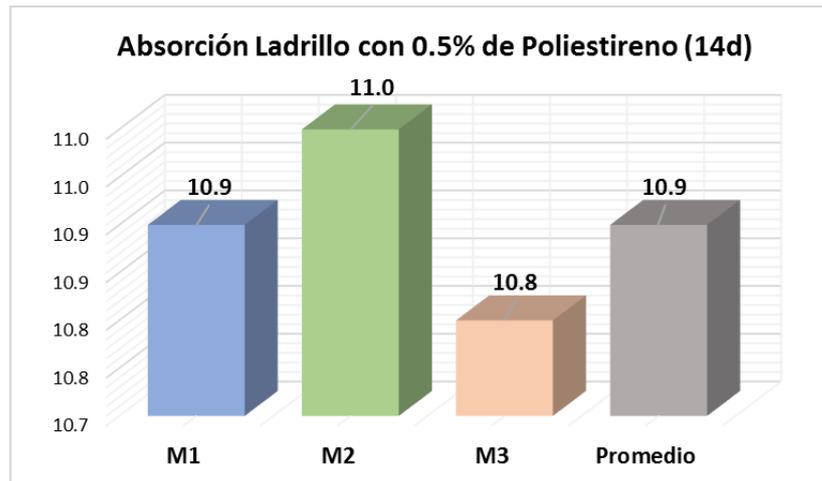
**c. Resultado del ensayo de absorción para ladrillos ecológicos con 0.5% de poliestireno a 14 días de secado**

Tabla 98. Resultado ensayo de Absorción ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (14d).

Muestra	Ws	Wd	Absorción
	Peso Seco (gr)	Peso Saturado	
M1	2128	2360	10.9
M2	2150	2387	11.0
M3	2146	2378	10.8
<b>Absorción promedio</b>			10.9

Nota: Elaboración propia.

Figura 47. Resultado de ensayo de Absorción Ladrillo 0.5% poliestireno (14d).



Nota: Elaboración propia.

En la tabla 99 y figura 47, se muestran los resultados del ensayo a absorción para unidades de albañilería con 0.5% de poliestireno y 14 días de secado, siendo éstos los siguientes: muestra 1: 10.9%, muestra 2: 11.0%, muestra 3: 10.8% y en promedio: 10.9% de absorción de humedad.

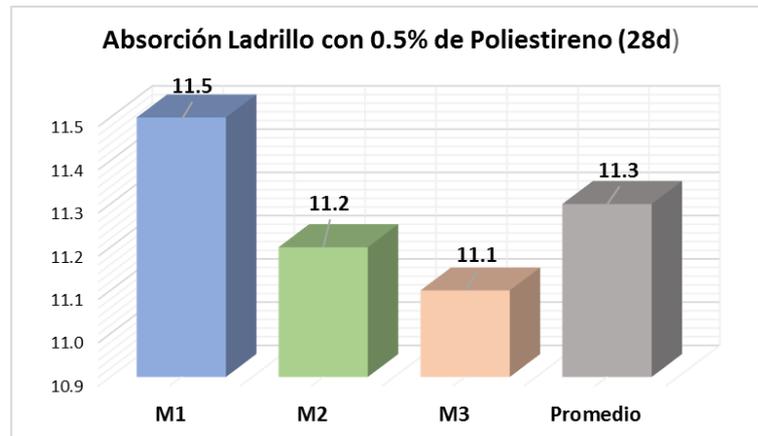
**d. Resultado del ensayo de absorción para ladrillos ecológicos con 0.5% de poliestireno a 28 días de secado**

Tabla 99. Resultado ensayo de Absorción ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (28d).

Muestra	Ws	Wd	Absorción
	Peso Seco (gr)	Peso Saturado	
M1	2129	2374	11.5
M2	2163	2405	11.2
M3	2153	2392	11.1
<b>Absorción promedio</b>			11.3

Nota: Elaboración propia.

Figura 48. Resultado de ensayo de Absorción Ladrillo 0.5% poliestireno (28d)



Nota: Elaboración propia.

En la tabla 100 y figura 48, se muestran los resultados del ensayo a absorción de unidades de albañilería con 0.5% de poliestireno y 28 días de secado, siendo éstos los siguientes: muestra 1: 11.5%, muestra 2: 11.2%, muestra 3: 11.1% y el promedio: 11.3% de absorción de humedad.

### **Análisis estadístico**

#### **Prueba de normalidad**

Para la prueba de normalidad se utilizó el SPSS 25, la variable a analizar fueron los datos de las tres muestras para los ensayos de absorción de ladrillos con 0.5% de poliestireno (28d).

Tabla 100. *Prueba de normalidad – Absorción de ladrillo con 0.5% poliestireno*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Absorción de ladrillo con 0.5% poliestireno	,992	3	,816

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 101 muestra los resultados de una prueba de normalidad realizada en la absorción de los ladrillos con un 0.5% de poliestireno. La prueba utilizada es el test de Shapiro-Wilk. El estadístico de prueba obtenido es de 0.992, y se calcula con 3 grados de libertad. El valor de significancia (Sig.) es 0.816.

Al igual que en los casos anteriores, dado que el valor de Sig. es mayor que el nivel de significancia típicamente utilizado (por ejemplo, 0.05). Esto sugiere que la absorción de los ladrillos con un 0.5% de poliestireno puede aproximarse a una distribución normal.

En cuanto al análisis estadístico de la absorción de los ladrillos ecológicos con un 0,5% de poliestireno después de 28 días de secado, se ha seguido la norma E-070, que establece un límite máximo de absorción del 22% para ladrillos tipo II utilizados en construcción.

### Prueba t de Student:

Tabla 101. Prueba t de Student para alabeo de ladrillo ecológico con 0.5% de Poliestireno.

	Valor de prueba = 8.10					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de confianza	
					Inferior	Superior
Absorción con 0.5% de poliestireno	-82,333	1	0,008	-12,35000	-14,2559	-10,4441

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 102 muestra la prueba t de Student realizada en la absorción de los ladrillos ecológicos con un 0.5% de poliestireno. El valor de prueba es -82.333 y se calcula con 1 grado de libertad. La significancia bilateral de la prueba es 0.008, lo que indica que hay una diferencia significativa en la absorción entre los ladrillos con un 0.5% de poliestireno.

La diferencia de medias entre los grupos es de -12.35, con un intervalo de confianza del 95% que va desde -14.2559 hasta -10.4441. Esto sugiere que la absorción de los ladrillos con 0.5% de poliestireno es significativamente diferente de cero y que estos ladrillos pueden tener una absorción significativamente diferente en comparación con los que no contienen poliestireno.

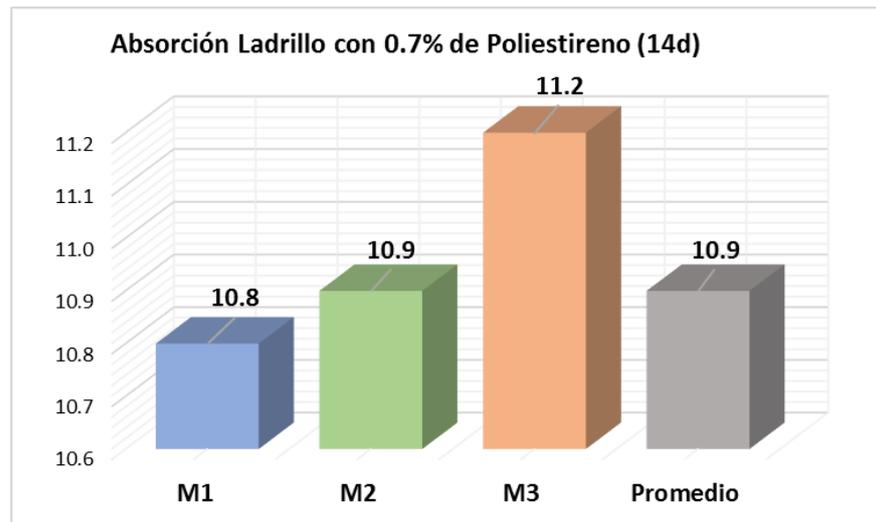
e. **Resultado del ensayo de absorción para ladrillos ecológicos con 0.7% de poliestireno a 14 días de secado**

Tabla 102. Resultado ensayo de Absorción ladrillo ecológico 0.7% poliestireno (14d).

Muestra	Ws	Wd	Absorción
	Peso Seco (gr)	Peso Saturado	
M1	2120	2349	10.8
M2	2120	2351	10.9
M3	2150	2391	11.2
<b>Absorción promedio</b>			10.9

Nota: Elaboración propia.

Figura 49. Resultado de ensayo de Absorción Ladrillo 0.7% poliestireno (14d).



Nota. Elaboración propia.

En la tabla 103 y figura 49, se muestran los resultados del ensayo a absorción para unidades de albañilería con 0.7% de poliestireno y 14 días de secado, siendo éstos los siguientes: muestra 1: 10.8%, muestra 2: 10.9%, muestra 3: 11.2% y en promedio: 10.9% de absorción de humedad.

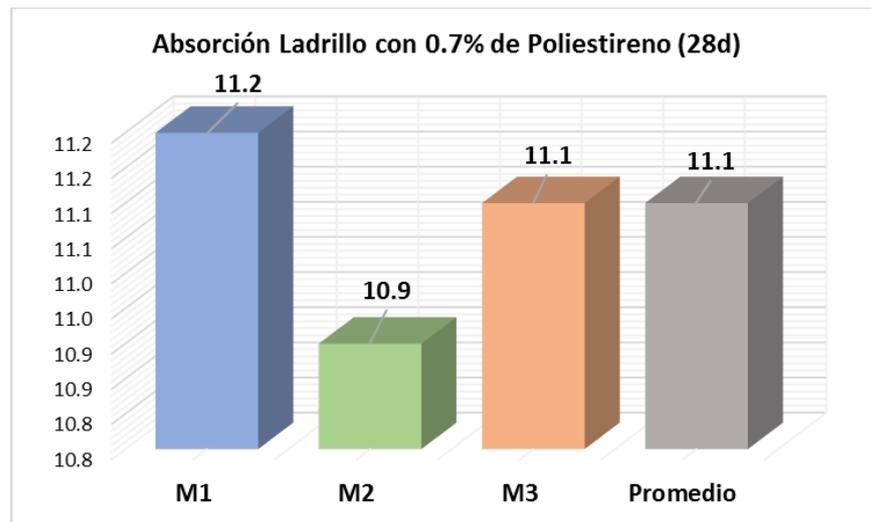
f. **Resultado del ensayo de absorción para ladrillos ecológicos con 0.7% de poliestireno a 28 días de secado**

Tabla 103. Resultado ensayo de Absorción ladrillo ecológico 0.5% poliestireno (28d).

Muestra	Ws	Wd	Absorción
	Peso Seco (gr)	Peso Saturado	
M1	2126	2364	11.2
M2	2140	2373	10.9
M3	2156	2395	11.1
<b>Absorción promedio</b>			11.1

Nota: Elaboración propia.

Figura 50. Resultado de ensayo de Absorción Ladrillo 0.5% poliestireno (28d)



Nota: Elaboración propia.

En la tabla 104 y figura 50 se muestran los resultados del ensayo a absorción de unidades de albañilería con 0.7% de poliestireno y 28 días de secado, siendo éstos los siguientes: muestra 1: 11.2%, muestra 2: 10.9%, muestra 3: 11.1% y el promedio: 11.1% de absorción de humedad.

## Análisis estadístico

### Prueba de normalidad

Para la prueba de normalidad se utilizó el SPSS 25, la variable a analizar fueron los datos de las tres muestras para los ensayos de absorción de ladrillos con 0.7% de poliestireno (28d).

Tabla 104. *Prueba de normalidad – Absorción de ladrillo con 0.7% poliestireno*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Absorción de ladrillo con 0.7% poliestireno	,992	3	,818

*Nota:* Elaboración propia.

La Tabla 105 muestra los resultados de una prueba de normalidad realizada en la absorción de los ladrillos con un 0.7% de poliestireno. La prueba utilizada es el test de Shapiro-Wilk. El estadístico de prueba obtenido es de 0.992, y se calcula con 3 grados de libertad. El valor de significancia (Sig.) es 0.818.

Al igual que en los casos anteriores, dado que el valor de Sig. es mayor que el nivel de significancia típicamente utilizado (por ejemplo, 0.05). Esto sugiere que la absorción de los ladrillos con un 0.7% de poliestireno puede aproximarse a una distribución normal.

En cuanto al análisis estadístico de la absorción de ladrillos ecológicos con un 0,7% de poliestireno después de 28 días de secado, se ha seguido la pauta de la norma E-070. Esta norma estipula que, con el propósito de ser utilizados en aplicaciones estructurales, los ladrillos tipo II deben mantener un nivel de absorción máximo del 22%. Por lo tanto, estos ladrillos se toman como el estándar o grupo de referencia para este análisis.

## Prueba t de Student:

Tabla 105. Prueba t de Student para alabeo de ladrillo ecológico con 0.7% de Poliestireno.

	Valor de prueba = 8.10					
	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de confianza	
					Inferior	Superior
Absorción con 0.7% de poliestireno	-44,333	1	0,014	-13,30000	-17,1119	-9,4881

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 106 muestra la prueba t de Student realizada en la absorción de los ladrillos ecológicos con un 0.7% de poliestireno. El valor de prueba es -44.333 y se calcula con 1 grado de libertad. La significancia bilateral de la prueba es 0.014, lo que indica que hay una diferencia significativa en la absorción entre los ladrillos con un 0.7% de poliestireno.

La diferencia de medias entre los grupos es de -13.3, con un intervalo de confianza del 95% que va desde -17.1119 hasta -9.4881. Esto sugiere que la absorción de los ladrillos con 0.7% de poliestireno es significativamente diferente de cero y que estos ladrillos pueden tener una absorción significativamente diferente en comparación con los que no contienen poliestireno.

## Resumen

Los resultados para todas las pruebas de ensayo de Absorción (promedio) con adición del 0.2%, 0.5% y 0.7%, es el siguiente:

Tabla 106. Resumen de resultados de ensayo de Alabeo promedio por muestra.

RESUMEN DE ALABEO		
Muestra	Absorción (%)	Máximo
Ladrillo ecológico 0.2% poliestireno a 14 días de secado	10.7%	22%
Ladrillo ecológico 0.2% poliestireno a 28 días de secado	11.1%	22%
Ladrillo ecológico 0.5% poliestireno a 14 días de secado	10.9%	22%
Ladrillo ecológico 0.5% poliestireno a 28 días de secado	11.3%	22%
Ladrillo ecológico 0.7% poliestireno a 14 días de secado	10.9%	22%
Ladrillo ecológico 0.7% poliestireno a 28 días de secado	11.1%	22%

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 107, se muestra que la absorción de humedad del ladrillo ecológico de 0.2% de poliestireno a 14 y 28 días de secado, el promedio es de 10.7% y 11.1% respectivamente, para el ladrillo ecológico de 0.5% a 14 y 28 días de secado, el promedio es de 10.9% y 11.3% respectivamente, para el ladrillo ecológico de 0.7% a 14 y 28 días de secado, el promedio es de 10.9% y 11.1% respectivamente; sobre esto cabe precisar que de acuerdo a la NTP E070 para ladrillo de arcilla el máximo de aceptación es de 22% de absorción a la humedad.

### Prueba paramétrica (ANOVA)

Tabla 107. ANOVA - Ladrillos 0.2%, 0.5% y 0.7% Poliestireno - Absorción

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ladrillos con 0.2% poliestireno	Entre grupos	1,821	3	0,8239	0,36625	,001
	Total	1,821	3			
Ladrillos con 0.5% poliestireno	Entre grupos	1,792	3	0,80102	0,31212	,000
	Total	1,792	3			
Ladrillos con 0.7% poliestireno	Entre grupos	1,802	3	0,82480	0,32621	,000
	Total	1,802	3			

Nota: Elaboración propia SPSS Statistics 25.

La Tabla 108 muestra los resultados de un análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar las diferencias en la absorción de los ladrillos ecológicos con diferentes porcentajes de poliestireno (0.2%, 0.5%, y 0.7%). En este análisis, se han evaluado tres grupos distintos de ladrillos con estos porcentajes de poliestireno.

Hay diferencias significativas entre los grupos en términos de absorción de los ladrillos. Los valores F calculados son mayores que 0.31212 y menores que 0.36625 para los tres grupos respectivamente, y las p-values (Sig.) son muy pequeñas (menores que 0.001 en todos los casos), lo que sugiere que al menos un grupo es significativamente diferente de los demás en términos de absorción de los ladrillos ecológicos.

En resumen, el ANOVA indica que el porcentaje de poliestireno tiene un efecto significativo en la absorción de los ladrillos ecológicos, y las diferencias son significativas.

### **3.4. Resultados de costos del ladrillo ecológico con 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno**

#### **Costo de Elaboración**

Para calcular los costos de elaboración de las unidades de albañilería con mezcla de poliestireno y arcilla, se debe tener en cuenta lo siguiente: Se han producido 72 unidades de albañilería, 24 por cada tipo de dosificación de materiales (0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno). Esto se detalla:

Tabla 108. *Dosificación de materiales en la mezcla por peso y volumen*

Tipo	Arcilla (Kg)	Poliestireno (Kg)	Agua (Lt.)
0.2% de poliestireno	60.36 Kg.	0.12 Kg.	15 Lt.
0.5% de poliestireno	60.18 Kg.	0.30 Kg.	15 Lt.
0.7% de poliestireno	60.06 Kg.	0.42 Kg.	15 Lt.

Nota: Elaboración propia.

Se insumieron 226.44 Kg de material por cada tipo de unidad cuyo costo es el siguiente:

1 Kg, de Arcilla	:	S/. 0.60
1 Kg, de poliestireno	:	S/. 0.90
1 Litro de agua	:	S/. 0.30

 Tabla 109. *Detalle del costo de materiales para producir unidades de albañilería.*

Unidades de Albañilería	Arcilla		Poliestireno		Agua	
	Kg.	S/.	Kg.	S/.	Lt.	S/.
<b>Tipo: 0.2%</b>	60.36	36.22	0.12	0.11	15	4.50
<b>Tipo: 0.5%</b>	60.18	36.11	0.30	0.27	15	4.50
<b>Tipo: 0.7%</b>	60.06	36.04	0.42	0.38	15	4.50
<b>Total</b>	<b>180.6</b>	<b>108.37</b>	<b>0.84</b>	<b>0.76</b>	<b>45</b>	<b>13.50</b>

Nota: Elaboración propia

El costo total de los materiales es de: S/. 122.63, el detalle por tipo de unidades de albañilería es el siguiente:

 Tabla 110. *Costo de materiales por tipo de unidades de albañilería*

Tipo de unidades	Costo (S/.)
Tipo 1: 0.2% de poliestireno	40.83
Tipo 2: 0.5% de poliestireno	40.88
Tipo 3: 0.7% de poliestireno	40.92
<b>Total</b>	<b>122.63</b>

Nota. Elaboración propia

Tabla 111. Costo por fases del proceso de producción

Unidades de albañilería	Mezclado	Moldeo	Secado	Total
Tipo 1: 0.2% poliestireno	S/. 15.00	S/. 10.00	S/. 6.00	S/. 31.00
Tipo 2: 0.5% poliestireno	S/. 16.00	S/. 10.00	S/. 8.00	S/. 34.00
Tipo 3: 0.7% poliestireno	S/. 17.00	S/. 10.00	S/. 10.00	S/. 37.00
<b>Total</b>	<b>S/. 48.00</b>	<b>S/. 30.00</b>	<b>S/. 24.00</b>	<b>S/. 102.00</b>

Nota: Elaboración propia

El costo de producción por fases del proceso de fabricación de ladrillos ecológicos al 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno es de S/. 102.00.

Resumiendo, es el siguiente

Tabla 112. Resumen Total del Costo de fabricación de los ladrillos ecológicos

Unidades de albañilería	Costo de materiales	Costo por proceso de fabricación	Costo Total
Tipo 1: 0.2% poliestireno	S/. 40.83	S/. 31.00	S/. 71.83
Tipo 2: 0.5% poliestireno	S/. 40.88	S/. 34.00	S/. 74.88
Tipo 2: 0.7% poliestireno	S/. 40.92	S/. 37.00	S/. 77.92
<b>Total</b>	<b>S/. 122.63</b>	<b>S/. 102.00</b>	<b>S/. 224.63</b>

Nota. Elaboración propia

En cuanto al costo total de producción de los ladrillos ecológicos que contienen un 0,2%, 0,5% y 0,7% de poliestireno y arcilla, según el Cuadro 84, asciende a S/0,224,63, con un costo de S/0,3,12 por unidad, considerando que se fabricaron 72 unidades.

Si lo clasificamos por tipo de ladrillo tendremos los siguientes costos unitarios:

- Tipo 1, 0.2% de poliestireno : S/. 2.99|
- Tipo 2, 0.5% de poliestireno : S/. 3.12
- Tipo 3, 0.7% de poliestireno : S/. 3.25

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Entre las limitaciones, se encontró poca difusión de estudios sobre la utilización del poliestireno como material de construcción o materia prima para la elaboración de ladrillos o unidades de albañilería; no obstante, esta situación, la investigación ha revisado la bibliografía existente en las principales plataformas académicas y repositorios de las universidades más importantes.

El punto de fusión del poliestireno es bajo entre 70 a 115<sup>a</sup>C, por lo que se espera que en la cocción que es a 1000<sup>a</sup>C se volatilice, sin embargo, antes de que se quemara este plástico en su totalidad trabaja mejorando la unión de las partículas de arcilla, porque los ladrillos salieron más compactos mejor apariencia comparado con los que no se les trabajó con poliestireno que presentaron rajaduras en varios de estos ladrillos.

En relación a la influencia de la elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, en las propiedades mecánicas y físicas para ser utilizados en las edificaciones Lima 2021, se encontró que, a los 14 días de curado, en la muestra 1 a un porcentaje de 0.2% de poliestireno se obtiene un valor de resistencia a la compresión de 88.2 kg/cm<sup>2</sup>, y a los 28 días el mayor valor encontrado fue de 88.38 kg/cm<sup>2</sup>. Con relación a la adición de 0,5% de poliestireno, se observó el valor máximo de resistencia a la compresión en la muestra 2, que alcanzó 88,46 kg/cm<sup>2</sup> después de 14 días de curado, y 88,47 kg/cm<sup>2</sup> en la misma muestra después de 28 días. Cuando se añadió un 0,7% de poliestireno, la muestra 3 mostró una resistencia a la compresión más alta de 88,29 kg/cm<sup>2</sup> después de 14 días y 88,2 kg/cm<sup>2</sup> después de 28 días. Estos resultados discrepan con la

investigación de López y Morriel (2021), que encontró una disminución en la resistencia de prismas convencionales en contraste con un aumento del 4% en prismas con mortero modificado.

De igual manera, al agregarse los porcentajes de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno, se demuestra una influencia en la resistencia a la compresión axial pilas. Asimismo, la elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, influye en la resistencia a la compresión diagonal muretes, la variación dimensional de la unidad de albañilería, el alabeo y la absorción.

Las primeras investigaciones se enfocaron en aprovechar las propiedades del concreto EPS, como su ligereza y baja conductividad térmica. Godwin introdujo bloques de hormigón EPS estructurales y térmicamente aislantes después de una extensa investigación. Resaltó su facilidad de construcción, la disponibilidad de materias primas y proporcionó una estimación de costos. Además, se utilizó el hormigón EPS como material subbase para pavimentos. Perry y su equipo propusieron diversas aplicaciones del concreto EPS, desde la protección de estructuras militares enterradas hasta defensas para plataformas marinas y fondos marinos.

Sin embargo, se notó que el concreto EPS tenía problemas de trabajabilidad que afectaban su acabado superficial. Para mejorar esto, Ravindrarajah y su equipo emplearon perlas de EPS recubiertas con un recubrimiento químico hidrófilo. Laukaitis y sus colaboradores utilizaron agentes espumantes para mejorar la adhesión de las perlas a la matriz de cemento aireado. Investigaciones más recientes se centraron en mejorar la matriz de concreto del EPS. Babu y sus colegas examinaron el impacto del humo de sílice en el comportamiento mecánico y la durabilidad del concreto EPS. En otro estudio, investigaron

el efecto de agregar cenizas volantes en la migración mecánica y de humedad del concreto EPS. Además, se realizaron esfuerzos para comprender y modelar mejor las propiedades mecánicas del concreto EPS. Miled y su equipo exploraron la mejora de la resistencia a la compresión del concreto EPS al variar el tamaño de las perlas de EPS y propusieron un modelo para predecir el efecto del tamaño de partícula EPS en la resistencia a la compresión normalizada. Yi Xu y sus colaboradores investigaron la relación entre la composición del concreto EPS y sus propiedades, utilizando la mezcla óptima para producir ladrillos huecos livianos. Propusieron una ecuación de correlación para determinar la densidad de la mezcla en función del contenido de cemento, la relación agua/cemento, el volumen de EPS y la relación arena, concluyendo que la dosis de perlas de EPS era fundamental en la densidad de la mezcla. Por su parte, Allahverdi y su equipo utilizaron perlas de EPS y otros componentes para desarrollar un nuevo tipo de mortero liviano con una amplia gama de densidades y resistencias a la compresión. Finalmente, Jianguo y sus colegas investigaron experimentalmente las propiedades físicas y mecánicas del concreto ligero que incorporaba perlas de EPS y arcilla marina blanda, concluyendo que la relación entre el EPS y la arcilla era el factor clave que determinaba la densidad de la mezcla y propusieron una ecuación para correlacionar la resistencia a la compresión de la mezcla con la deformación de falla.

Sin embargo, la investigación sobre la conductividad térmica del hormigón EPS ha sido limitada, con Bouvard y su equipo siendo una excepción al explorar la conductividad térmica del hormigón EPS de baja densidad. Además, se ha prestado poca atención a la reutilización de fragmentos y desmoronamientos de EPS reciclados, a pesar de las sugerencias de Perry y su equipo sobre los beneficios económicos de utilizar estos materiales triturados. Laukaitis y su equipo emplearon desechos de EPS triturados en su estudio para

evaluar su efecto en las propiedades mecánicas y térmicas de la matriz de cemento espumado de baja densidad.

En relación con el impacto de la producción de ladrillos ecológicos con diferentes concentraciones de poliestireno y arcilla en la resistencia a la compresión de edificaciones en Lima 2021, se observaron valores diversos. Por ejemplo, para ladrillos con un 0,2% de poliestireno y 14 días de secado, la muestra 1 registró 88,20 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que después de 28 días, alcanzó 88,38 kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto a ladrillos con un 0,5% de poliestireno, la muestra 2 presentó 88,46 kg/cm<sup>2</sup> después de 14 días y 88,47 kg/cm<sup>2</sup> después de 28 días. Para ladrillos con un 0,7% de poliestireno, la muestra 3 mostró 88,29 kg/cm<sup>2</sup> después de 14 días y 88,20 kg/cm<sup>2</sup> después de 28 días. Estos hallazgos se comparan con los de Reinoso y Vergara (2018) sobre ladrillos ecológicos a base de polietileno, que observaron un aumento en la resistencia con la edad del ladrillo, aunque el polietileno difiere del poliestireno en este estudio.

En cuanto a la investigación de López y Morriel (2021) sobre la adición de perlas de poliestireno en mampostería y mortero en Cusco, se observó una disminución de 14,76 kg/cm<sup>2</sup> en la resistencia de prismas convencionales y un aumento de 1,88 kg/cm<sup>2</sup> en prismas con mortero modificado, lo que indica un incremento del 4% en la resistencia de los prismas modificados. Sin embargo, este estudio no concuerda con las proporciones utilizadas en el presente trabajo.

Las limitaciones e implicancias de este estudio son evidentes en varios aspectos. Primero, aunque se analizó la influencia de diferentes proporciones de poliestireno en la elaboración de ladrillos ecológicos en relación con la resistencia a la compresión, no se consideró una gama más amplia de parámetros de evaluación, como la durabilidad a largo

plazo, la resistencia al desgaste, la capacidad de aislamiento térmico y la resistencia a otros tipos de cargas. Además, el estudio se centró en condiciones específicas de Lima en el año 2021, lo que limita la generalización de los resultados a otras ubicaciones geográficas o períodos de tiempo.

En referencia a la influencia de la fabricación de ladrillos ecológicos con distintas cantidades de poliestireno y arcilla en la variación dimensional para edificaciones en Lima 2021, se observaron cambios en las dimensiones. Por ejemplo, para ladrillos con un 0,2% de poliestireno y arcilla después de 14 días de secado, se registró un aumento del 2.754% en el largo, 0.556% en el ancho y 2.593% en el alto. Después de 28 días, hubo un aumento del 0.725% en el largo, 0.833% en el ancho y 0.741% en el alto. Esto difiere del trabajo de De la Cruz y Vásquez (2020), que se centró en ladrillos con poliestireno expandido reciclado y observó propiedades distintas, como su ligereza, capacidad acústica y térmica, y su contribución al medio ambiente.

Para unidades de albañilería con 0.5% de poliestireno y arcilla a 14 días de secado, fueron: largo 0.435%, ancho 0.556%, y altura 1.111%; para unidades de albañilería con 0.5% de poliestireno y arcilla a 28 días de secado, fueron: largo 0.870%, ancho 0.833%, y altura 2.593%.

Para unidades de albañilería con 0.7% de poliestireno y arcilla a 14 días de secado, fueron: largo 0.290%, ancho 0.556% y altura 0.370%; para unidades de albañilería con 0.7% de poliestireno y arcilla a 28 días de secado, fueron: largo 0.290%, ancho 0.833% y altura 1.111%.

Estos resultados comparados con los obtenidos por Villamizar, Jácome y Vargas (2020) en su estudio sobre evaluación de mezclas de arcilla adicionando poliestireno

expandido para la fabricación de bloques de construcción, en donde como resultado determinó la factibilidad de la fabricación de las unidades de bloques con arcilla mezclada con poliestireno expandido; sin embargo, no exponen los resultados de los ensayos, por lo que no es posible contrastarlos.

Las implicancias de este estudio son significativas en términos de la variación dimensional de los ladrillos ecológicos fabricados con diferentes proporciones de poliestireno y arcilla. Los resultados revelan que la adición de poliestireno a las mezclas tiene un impacto medible en las dimensiones de las unidades de albañilería, tanto en términos de longitud, ancho y altura. Además, la variación en la duración del secado también influye en esta variación dimensional. Estos hallazgos son valiosos para la industria de la construcción, ya que la estabilidad dimensional es un factor crucial para garantizar la integridad y el rendimiento de las edificaciones a lo largo del tiempo. Sin embargo, es importante destacar que las comparaciones con estudios previos, como los de Villamizar, Jácome y Vargas (2020) y De la Cruz y Vásquez (2020), se ven limitadas por la falta de detalles específicos en los resultados de esos trabajos, lo que dificulta una evaluación completa de las diferencias y similitudes con los resultados actuales.

En cuanto a las limitaciones, este estudio se centra en la variación dimensional de las unidades de albañilería y no aborda otros aspectos clave como la resistencia mecánica, la durabilidad a largo plazo y las propiedades térmicas y acústicas. Además, la investigación se llevó a cabo en el contexto específico de Lima en 2021, lo que podría limitar la generalización de los resultados a otras ubicaciones geográficas o momentos temporales. La falta de detalles en las investigaciones comparativas también dificulta una comprensión completa de las diferencias y similitudes entre los estudios. Por lo tanto, se recomienda realizar estudios más exhaustivos que aborden una gama más amplia de propiedades y

consideren una variedad de condiciones para lograr una evaluación más completa de la viabilidad y las implicaciones de estos ladrillos ecológicos en la construcción sostenible.

Los ladrillos ecológicos hechos a base de poliestireno expandido, también conocidos como ladrillos de EPS (Poliestireno Expandido), son una alternativa innovadora y sostenible en la industria de la construcción. Estos ladrillos se caracterizan por su ligereza, eficiencia energética y propiedades aislantes, lo que los convierte en una opción atractiva para la construcción de edificios residenciales y comerciales.

**Material de Construcción Sostenible:** El poliestireno expandido utilizado en la fabricación de estos ladrillos es un material plástico reciclado y reciclable, lo que contribuye a la reducción de residuos plásticos y promueve la economía circular. Además, su producción suele requerir menos energía en comparación con otros materiales de construcción convencionales, lo que disminuye la huella de carbono.

**Excelente Aislamiento Térmico y Acústico:** Los ladrillos de EPS tienen una estructura celular cerrada que proporciona un alto nivel de aislamiento térmico. Esto ayuda a mantener la temperatura interior de los edificios constante, lo que se traduce en un menor consumo de energía para la calefacción o refrigeración. Además, su estructura porosa actúa como un buen aislante acústico, reduciendo la transmisión de ruido entre las habitaciones.

**Ligereza y Facilidad de Manipulación:** El poliestireno expandido es un material extremadamente liviano, lo que facilita su transporte e instalación. Esto agiliza los procesos de construcción y reduce los costos asociados al manejo de materiales pesados.

**Resistencia a la Humedad y Durabilidad:** Los ladrillos de EPS son resistentes a la humedad, lo que evita problemas de moho o deterioro en su estructura. Además, son

duraderos y no se ven afectados por plagas o agentes químicos, lo que contribuye a una vida útil prolongada de las estructuras construidas con estos ladrillos.

**Diseño Versátil:** Estos ladrillos pueden fabricarse en diferentes tamaños y formas según las necesidades del proyecto, lo que permite una mayor versatilidad en el diseño arquitectónico. También son compatibles con otros materiales de construcción, lo que facilita su integración en proyectos existentes o futuros.

**Menos Residuos de Construcción:** La ligereza y facilidad de corte de los ladrillos de EPS reducen la generación de residuos de construcción en comparación con otros materiales más pesados y difíciles de manejar.

Respecto a la influencia de la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, en la propiedad de alabeo para edificaciones en Lima 2021, se detalló que, los resultados del ensayo para alabeo para unidades de albañilería con 0.2% de poliestireno a 14 días de secado, fueron: muestra 1: 3 mm, muestra 2: 1 mm, muestra 3: 2 mm y en promedio: 2 mm.; para unidades de albañilería con 0.2% de poliestireno a 28 días de secado, fueron: muestra 1: 1 mm, muestra 2: 3 mm, muestra 3: 2 mm y en promedio: 2 mm.

Para unidades de albañilería con 0.5% de poliestireno a 14 días de secado, fueron: muestra 1: 3 mm, muestra 2: 1 mm, muestra 3: 3 mm y en promedio: 2.3 mm.; para unidades de albañilería con 0.5% de poliestireno a 28 días de secado, fueron: muestra 1: 2 mm, muestra 2: 1 mm, muestra 3: 3 mm y en promedio: 2 mm.

Para unidades de albañilería con 0.7% de poliestireno a 14 días de secado, fueron: muestra 1: 2 mm, muestra 2: 1 mm, muestra 3: 3 mm y en promedio: 2 mm.; para unidades

de albañilería con 0.7% de poliestireno a 28 días de secado, fueron: muestra 1: 3 mm, muestra 2: 2 mm, muestra 3: 3 mm y en promedio: 2.6 mm.

Estos resultados comparados con los obtenidos por Villamizar, Jácome y Vargas (2020) en su estudio sobre evaluación de mezclas de arcilla adicionando poliestireno expandido para la fabricación de bloques de construcción, en donde como resultado han determinado la factibilidad de fabricación de unidades de bloques con arcilla mezclada con poliestireno expandido; sin embargo, no exponen los resultados de la prueba de alabeo, por lo que no es posible contrastarlos.

Además, en el estudio de López y Morriel (2021) que investigó la adición de perlas de poliestireno en mampostería y mortero para mejorar la resistencia a las heladas en Cusco, se obtuvieron resultados relevantes. Sin embargo, es importante mencionar que los resultados de las pruebas relacionadas con las propiedades físico-mecánicas del mortero, que incluyeron diferentes proporciones de perlas de poliestireno, aún no han sido divulgados, lo que impide realizar una comparación detallada.

Las implicancias de este estudio son notables en relación con la propiedad de alabeo de los ladrillos ecológicos elaborados con diferentes proporciones de poliestireno y arcilla. Los resultados indican que la adición de poliestireno a las mezclas influye en el alabeo de las unidades de albañilería, con variaciones en la magnitud del alabeo en función de la cantidad de poliestireno añadido y el período de secado. Esta propiedad es crucial para garantizar la estabilidad y la estética de las edificaciones, ya que el alabeo puede afectar la nivelación y la apariencia de las superficies. Sin embargo, se debe considerar que los resultados de este estudio solo reflejan las condiciones específicas de Lima en el año 2021, lo que limita su aplicabilidad en otras ubicaciones y momentos temporales.

No obstante, las limitaciones también son evidentes en este trabajo. Si bien el estudio aborda la propiedad de alabeo, no se exploran otras características fundamentales como la resistencia estructural, la durabilidad a largo plazo y las propiedades térmicas. Además, las comparaciones con investigaciones anteriores, como las de Villamizar, Jácome y Vargas (2020) y López y Morriel (2021), se ven dificultadas por la falta de detalles específicos en los resultados de dichos trabajos, lo que impide una comprensión completa de las diferencias y similitudes con los hallazgos actuales.

En cuanto a la influencia de la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, en la propiedad de absorción para edificaciones en Lima 2021, se encontró que, para unidades de albañilería con 0.2% de poliestireno a 14 días de secado, fueron: muestra 1: 10.2%, muestra 2: 11.1%, muestra 3: 10.8% y en promedio: 10.7%; para unidades de albañilería con 0.2% de poliestireno y 28 días de secado, fueron: muestra 1: 11.1%, muestra 2: 11.0%, muestra 3: 11.2% y en promedio: 11.1%.

Para unidades de albañilería con 0.5% de poliestireno y 14 días de secado, los resultados fueron: muestra 1: 10.9%, muestra 2: 11.0%, muestra 3: 10.8% y en promedio: 10.9%.; para unidades de albañilería con 0.5% de poliestireno y 28 días de secado, fueron: muestra 1: 11.5%, muestra 2: 11.2%, muestra 3: 11.1% y en promedio: 11.3%.

Para unidades de albañilería con 0.7% de poliestireno y 14 días de secado, los resultados fueron: muestra 1: 10.8%, muestra 2: 10.9%, muestra 3: 11.2% y en promedio: 10.9%.; para unidades de albañilería con 0.7% de poliestireno y 28 días de secado, fueron: muestra 1: 11.2%, muestra 2: 10.9%, muestra 3: 11.1% y en promedio: 11.1%.

Los trabajos previos evaluados, sobre elaboración de ladrillos ecológicos a base de poliestireno, polietileno y otros materiales equivalentes, éstos no han mostrado los resultados

correspondientes a pruebas de absorción, razón por lo que no es posible su contrastación con los resultados obtenidos en la presente investigación.

Los resultados de este estudio tienen importantes implicancias en relación con la propiedad de absorción de los ladrillos ecológicos fabricados con diferentes porcentajes de poliestireno y arcilla. Se observa que la adición de poliestireno en las mezclas de fabricación influye en la absorción de agua de las unidades de albañilería. Los datos muestran variaciones en los niveles de absorción según la proporción de poliestireno y el tiempo de secado. Esta propiedad es crucial para la durabilidad y el rendimiento de los ladrillos en diferentes condiciones climáticas y ambientales. Sin embargo, es importante considerar que estos resultados están específicamente relacionados con las condiciones de Lima en el año 2021, lo que podría limitar su aplicabilidad a otros contextos.

A pesar de la importancia de estos hallazgos, es fundamental reconocer las limitaciones del estudio. Aunque se aborda la propiedad de absorción, no se exploran otras propiedades relevantes como la resistencia mecánica, la conductividad térmica o la durabilidad a largo plazo. Además, la falta de trabajos previos que evalúen la propiedad de absorción en ladrillos ecológicos similares dificulta la comparación y la contextualización de los resultados.

Finalmente, en los costos para la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla para edificaciones en Lima 2021, se detalló que, Costo de materiales: S/.158.72 y de los procesos: S/.102.00, es decir un total de S/.260.72; de manera general el costo por unidad de ladrillo ecológico con poliestireno es de S/.3.62 por unidad; y diferenciadamente, para unidades de albañilería con 0.2% de poliestireno se ha

determinado un costo unitario de: S/.3.50; para 0.5% y 0.7% el costo unitario es S/.3.62 y S/.3.75, respectivamente.

Se llevó a cabo un programa experimental para investigar la viabilidad del uso de residuos de poliestireno expandido (EPS) para el desarrollo de mezclas de mortero ligero para la producción de ladrillos sólidos ligeros térmicamente eficientes. Se investigó el efecto del uso de EPS en las propiedades mecánicas y térmicas de las mezclas de mortero ligero y ladrillos sólidos. El uso de EPS es eficaz para reducir la densidad seca de las mezclas. Se presenta una ecuación que correlaciona la densidad seca con la dosis de EPS. La ecuación podría utilizarse, dentro de las limitaciones de las dosis de EPS utilizadas en la presente investigación, para la predicción futura de la densidad seca de la mezcla de mortero de EPS.

La resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción de división y el módulo estático de elasticidad de la mezcla se redujeron con el aumento de la dosis de EPS en la mezcla. Se presentan ecuaciones para predecir, dentro de las limitaciones de las dosis de EPS utilizadas en la presente investigación, la resistencia a la tracción de división y el módulo estático de elasticidad del mortero EPS en términos de la densidad de la mezcla.

La viabilidad del uso de mortero EPS para la producción de ladrillos sólidos de EPS para aplicaciones estructurales depende de la dosificación de EPS. Los ladrillos sólidos de EPS producidos son aceptables para aplicaciones sin soporte de carga para dosis de EPS de hasta un 15% según las especificaciones ASTM y hasta un 20% según las especificaciones egipcias. Este rango podría mejorar en el futuro si una mayor investigación da como resultado unidades de ladrillo de mejor calidad. Se presenta una ecuación para predecir, dentro de las limitaciones de las dosis de EPS utilizadas en la presente investigación, la

resistencia a la compresión del ladrillo sólido de EPS en términos de la densidad de la mezcla.

La incorporación de EPS mejora las propiedades de aislamiento térmico del ladrillo macizo EPS. El coeficiente de conductividad térmica (valor  $k$ ) del ladrillo sólido EPS disminuye con el aumento del peso/m<sup>3</sup> del EPS en la mezcla. Esto es de gran ventaja cuando se emplea el ladrillo EPS sólido propuesto donde las características de aislamiento son de gran importancia.

Estos hallazgos fueron contrastados con los de Peña (2019), quien evaluó las propiedades mecánicas de ladrillos ecológicos de arcilla prensada manualmente y ladrillos ecológicos de arcilla/plástico en mampostería limitada. Peña descubrió que, desde el punto de vista de las características físicas y mecánicas, los ladrillos de arcilla ecológica tenían un costo de producción de S/0,63 por unidad, mientras que los ladrillos ecológicos de arcilla/plástico tenían un costo de producción de S/0,76 por unidad. Estos costos eran superiores al promedio de los ladrillos convencionales, que se situaba en S/0,55 según la investigación de Peña. No obstante, es fundamental destacar que los costos unitarios obtenidos en este estudio actual son más elevados que los mencionados, debido a los mayores costos de los materiales de arcilla y poliestireno en comparación con el plástico utilizado en la investigación de Peña (2019).

Existen limitaciones clave en este análisis de costos. Aunque se proporciona una visión detallada de los costos de materiales y procesos, no se abordan otros factores relevantes, como los costos de transporte, mano de obra, infraestructura, impuestos y otros gastos indirectos, que también contribuyen al costo total de producción.

Entre las implicancias, se denota con relación a los costos de producción, estos pueden ser mejorados y comercializados en el mercado de la construcción y competir con los ladrillos comunes o tradicionales, ya que en sus propiedades mecánicas y físicas alcanzan los parámetros establecidos en el Artículo 5° de la Norma Técnica E.070.

Mientras que, las implicancias demuestran que, el estudio del poliestireno, como materia prima para la elaboración de unidades de albañilería o ladrillos ecológicos, es novedoso en la práctica, por lo que, en este caso adicionado a la arcilla, los registros de sus propiedades mecánicas y físicas son susceptibles de ser mejorados. La búsqueda de soluciones en el ámbito de los hormigones ligeros se motiva principalmente por la reducción de costos que ofrece. Esto se debe a varios méritos materiales, como la disminución de la carga muerta, la necesidad de secciones más pequeñas que requieran menos refuerzo y una mayor facilidad en la construcción.

Existen tres categorías de agregados ligeros utilizados en este contexto: agregados procesados, agregados naturales y agregados de desechos reciclados. Ejemplos de agregados procesados incluyen esquistos expandidos en horno rotatorio, pizarras, esquistos sinterizados y arcilla expandida. Por otro lado, los agregados naturales comprenden materiales como la perlita, la escoria y la piedra pómez. Algunos ejemplos de agregados reciclados incluyen vidrio triturado, cemento de madera y neumáticos de caucho triturado.

Uno de los tipos de áridos ligeros reciclados es el poliestireno expandido (EPS), que presenta características notables, como su peso ultraligero (con una densidad que oscila entre 10 y 50 kg/m<sup>3</sup>), una baja conductividad térmica (aproximadamente 0,04 W/m·K a 27 °C) y su resistencia a la permeabilidad al agua. El EPS se agrega al concreto para reducir su peso y mejorar su capacidad de aislamiento térmico.

## 4.2. Conclusiones

1. Las unidades de albañilería ecológicas con poliestireno sí influyeron en la resistencia a la compresión en edificaciones - Lima 2021, las cuales se obtuvo un valor ANOVA de 135.3 para la muestra 1, en la muestra 2 una media de 128.5 y en la muestra 3 se llegó a una media de 124.5, en dichos intervalos la media más baja la obtuvo la muestra 3 y la más alta la muestra 1 con 0.2% de poliestireno, en donde se obtuvo una diferencia de las medias entre la muestra 1 y 2 de -6.8 encontrándose un  $p=0.003<0.05$ ; al comparar las muestras 1 y 3 se obtuvo una diferencia de medias de -10.8 encontrándose un  $p=0.001<0.05$ ; y al comparar las muestras 2 y 3 se encontró una diferencia de medias de -4 encontrándose un  $p=0.035<0.05$ ; por lo tanto, se concluye que existe evidencia estadística significativa que la muestra 1 con 0.2 % de poliestireno tiene una mejor resistencia a la compresión. En relación a la influencia de la elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2% de poliestireno y arcilla, en las propiedades mecánicas y físicas para ser utilizados en las edificaciones Lima 2021, se encontró que, a los 14 días de curado, en la muestra a un porcentaje de 0.2% de poliestireno se obtiene un valor de resistencia a la compresión de 88.2 kg/cm<sup>2</sup>, y a los 28 días el mayor valor encontrado fue de 88.38 kg/cm<sup>2</sup>, en el de 0.5% a los 14 días fue de 88.46 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días, 88.47 kg/cm<sup>2</sup> para 0.7% a los 14 días fue de 88.29 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días fue de 88.2 kg/cm<sup>2</sup>.

2. Las unidades de albañilería ecológicas con poliestireno sí influyeron en la variación dimensional en edificaciones - Lima 2021, las cuales se obtuvo un valor ANOVA de 2.587.5 cm<sup>3</sup> para la muestra 1, en la muestra 2 una media de 2,756.3 cm<sup>3</sup> y en la muestra 3 se llegó a una media de 2,879.3 cm<sup>3</sup>, en dichos intervalos la media más baja la obtuvo la muestra 1 y la más alta la muestra 3, en donde se obtuvo una diferencia de las medias entre la muestra 1

y 2 de  $-168.8 \text{ cm}^3$  encontrándose un  $p=0.009<0.05$ ; al comparar las muestras 1 y 3 se obtuvo una diferencia de medias de  $-291.8 \text{ cm}^3$  encontrándose un  $p=0.000<0.05$ ; y al comparar las muestras 2 y 3 se encontró una diferencia de medias de  $-123$  encontrándose un  $p=0.031<0.05$ ; por lo tanto, se concluye que existe evidencia estadística significativa que la muestra 1 con 0.20 % de poliestireno tiene una variación dimensional más eficiente. En relación a la influencia de la incorporación de diferentes porcentajes de poliestireno (0.2%, 0.5% y 0.7%) en la fabricación de ladrillos ecológicos con arcilla y su impacto en la variación dimensional en edificaciones de Lima 2021, se observó que, a los 14 días de secado, los ladrillos con 0.2% de poliestireno mostraron un incremento en las dimensiones: 2.754% en largo, 0.556% en ancho y 2.593% en altura. En contraste, a los 28 días de secado, estas variaciones se redujeron considerablemente: 0.725% en largo, 0.833% en ancho y 0.741% en altura. Similarmente, los ladrillos con 0.5% de poliestireno a los 14 días tuvieron una variación de 0.435% en largo, 0.556% en ancho y 1.111% en altura; mientras que, a los 28 días, las variaciones fueron de 0.870% en largo, 0.833% en ancho y 2.593% en altura. Para los ladrillos con 0.7% de poliestireno, a los 14 días, las variaciones fueron de 0.290% en largo, 0.556% en ancho y 0.370% en altura; y a los 28 días, las variaciones fueron de 0.290% en largo, 0.833% en ancho y 1.111% en altura. Estos resultados demuestran cómo la incorporación de poliestireno en la fabricación de ladrillos ecológicos influye en su variación dimensional a lo largo del tiempo de secado, lo que tiene implicaciones importantes para su uso en construcciones. Confirmándose la hipótesis propuesta: La elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, si influye en la variación dimensional para ser utilizado en edificaciones en Lima 2021.

3. Las unidades de albañilería ecológicas con poliestireno sí influyeron en el ensayo de alabeo en edificaciones - Lima 2021, las cuales se obtuvo un valor ANOVA de 1 mm para la muestra 1, en la muestra 2 una media de 3 mm y en la muestra 3 se llegó a una media de 2 mm, en dichos intervalos la media más baja la obtuvo la muestra 1 y la más alta la muestra 2, en donde se obtuvo una diferencia de las medias entre la meza 1 y 2 de -2 mm encontrándose un  $p=0.000<0.05$ ; al comparar las muestras 1 y 3 se obtuvo una diferencia de medias de -1 mm encontrándose un  $p=0.000<0.05$ ; y al comparar las muestras 2 y 3 se encontró una diferencia de medias de -1 encontrándose un  $p=0.000<0.05$ ; por lo tanto, se concluye que existe evidencia estadística significativa que la muestra 1 con 0.2% de poliestireno presenta un mejor comportamiento en el ensayo. En términos de la propiedad de alabeo en la fabricación de ladrillos ecológicos con distintos porcentajes de poliestireno (0.2%, 0.5% y 0.7%) y arcilla, en relación a edificaciones en Lima 2021, se ha detallado que los resultados del ensayo revelan variaciones en la deformación. Para las unidades de albañilería con un 0.2% de poliestireno a los 14 días de secado, se obtuvieron valores de alabeo de 3 mm, 1 mm y 2 mm para las muestras 1, 2 y 3, respectivamente, con un promedio de 2 mm. Para el mismo porcentaje de poliestireno a los 28 días, los valores fueron 1 mm, 3 mm y 2 mm para las mismas muestras, con un promedio de 2 mm. De manera similar, con la adición de un 0.5% de poliestireno a los 14 días, se registraron valores de 3 mm, 1 mm y 3 mm, con un promedio de 2.3 mm, mientras que a los 28 días los valores fueron 2 mm, 1 mm y 3 mm, con un promedio de 2 mm. Para el porcentaje de 0.7% de poliestireno a los 14 días, se obtuvieron valores de 2 mm, 1 mm y 3 mm, con un promedio de 2 mm, y a los 28 días, los valores fueron 3 mm, 2 mm y 3 mm, con un promedio de 2.6 mm. Estos resultados reflejan cómo la incorporación de poliestireno en los ladrillos ecológicos influye en la propiedad de alabeo en función del tiempo de secado y el porcentaje de adición.

Confirmándose la hipótesis: La elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, si influye en la propiedad de alabeo para ser utilizado en edificaciones en Lima 2021.

4. Las unidades de albañilería ecológicas con poliestireno sí influyeron en los costos en edificaciones - Lima 2021, las cuales en una elaboración de 100 ladrillos se obtuvo un valor ANOVA de S/. 102.20 para la muestra 1, en la muestra 2 una media de S/. 108.60 y en la muestra 3 se llegó a una media de S/. 112.00, en dichos intervalos la media más baja la obtuvo la muestra 1 y la más alta la muestra 3, en donde se obtuvo una diferencia de las medias entre la muestra 1 y 2 de S/ -6.4 encontrándose un  $p=0.019<0.05$ ; al comparar las muestras 1 y 3 se obtuvo una diferencia de medias de S/. -9.8 encontrándose un  $p=0.000<0.05$ ; y al comparar las muestras 2 y 3 se encontró una diferencia de medias de S/. -3.4 encontrándose un  $p=0.000<0.05$ ; por lo tanto, se concluye que existe evidencia estadística significativa que la muestra 1 con 0.2% de poliestireno presenta un costo más eficiente. En términos de los costos asociados a la producción de ladrillos ecológicos con diferentes proporciones de poliestireno (0.2%, 0.5% y 0.7%) y arcilla, destinados a edificaciones en Lima 2021, se presentaron los siguientes detalles: El costo total, que incluye los materiales y los procesos, ascendió a S/.260.72, con un desglose de S/.158.72 para los materiales y S/.102.00 para los procesos. En términos generales, el costo por unidad de ladrillo ecológico con poliestireno se estima en S/.3.62. En un análisis más específico, para las unidades de albañilería con un 0.2% de poliestireno, se estableció un costo unitario de S/.3.50 por unidad. Por su parte, para los porcentajes de 0.5% y 0.7% de poliestireno, los costos unitarios son S/.3.62 y S/.3.75, respectivamente. Estos datos resaltan la relación entre la cantidad de poliestireno utilizado en la producción de los ladrillos ecológicos y su impacto en los costos totales y unitarios de estos materiales para construcción. Afirmándose la

hipótesis propuesta: Los costos de elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla si influye en las edificaciones en Lima 2021.

5. El uso de unidades de albañilería ecológicas con poliestireno si influye en sus propiedades mecánicas en edificaciones - Lima 2021, debido a que las muestras 1 y 2 obtuvieron un  $p < 0.05$  en relación a las propiedades mecánicas. Las cuales, dichos materiales de albañilería cumplen con los parámetros establecidos en la norma, que mejoran sus características físico-mecánicas del ladrillo. En relación a la influencia de la composición de los ladrillos ecológicos con diferentes porcentajes de poliestireno (0.2%, 0.5% y 0.7%) y arcilla en la propiedad de absorción, los resultados en edificaciones de Lima 2021 son los siguientes: Para ladrillos con un 0.2% de poliestireno y 14 días de secado, los valores de absorción fueron de 10.2%, 11.1% y 10.8% para las muestras 1, 2 y 3, respectivamente, con un promedio de 10.7%. Para el mismo porcentaje de poliestireno y 28 días de secado, los valores de absorción fueron de 11.1%, 11.0% y 11.2% para las muestras 1, 2 y 3, respectivamente, con un promedio de 11.1%. En cuanto al porcentaje de 0.5% de poliestireno y 14 días de secado, se obtuvieron valores de 10.9%, 11.0% y 10.8%, con un promedio de 10.9%. A los 28 días, con el mismo porcentaje de poliestireno, los valores de absorción fueron de 11.5%, 11.2% y 11.1%, con un promedio de 11.3%. Para el porcentaje de 0.7% de poliestireno a los 14 días, se obtuvieron valores de 10.8%, 10.9% y 11.2%, con un promedio de 10.9%. Y a los 28 días, con el mismo porcentaje de poliestireno, los valores de absorción fueron de 11.2%, 10.9% y 11.1%, con un promedio de 11.1%. Estos resultados indican cómo la proporción de poliestireno en la fabricación de los ladrillos ecológicos afecta la propiedad de absorción de agua de dichas unidades. Afirmándose la hipótesis propuesta: la elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, si influye en la propiedad de absorción para ser utilizado en edificaciones en Lima 2021.

### 4.3. Recomendaciones

Evaluar la posibilidad de la producción en serie de ladrillos ecológicos de arcilla y adición de 0.2%, 0.5% o 0.7% para ser utilizados en edificaciones en Lima, no obstante que el costo de fabricación es ligeramente mayor al de los ladrillos comunes.

Para la elaboración de ladrillos ecológicos con mezcla de poliestireno y arcilla se recomienda utilizar como desmoldante arena fina, para facilitar el sacado de los ladrillos del molde, ya que este proceso se realiza cuando aún el ladrillo está fresco.

El ladrillo como producto terminado tiene un peso aproximado de 2.250 kg aproximándose al peso de los ladrillos comunes, por lo que se adecúan a la construcción de edificaciones.

Para la arcilla se recomienda seleccionar una cantera adecuada para obtener un material de óptima calidad.

## REFERENCIAS

- Anape. (2020). *Poliestireno expandido*. Asociación Nacional de Poliestireno Expandido ANAPE. <http://www.anape.es/index.php?accion=producto>
- Arthuz, L. y Pérez, W. (2019) Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje de poliestireno expandido a nivel mundial. *Revistas SENA*, 83(2), 209-219.  
<https://doi.org/10.23850/22565035.1638>
- Baena, G. (2017) *Metodología de la Investigación*. Serie Integral por Competencias. Grupo Editorial Patria S.A. Tercera Edición ebook 2017. ISBN ebook: 978-607-744-748-1
- Balvin, R., Barrios, K. y Canchari (2019) *Fabricación de ladrillos ecológicos para la construcción utilizando poliestireno expandido granular Biowall*. [Trabajo de Investigación de pregrado. Ingeniería Industrial y Comercial, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio de la Universidad San Ignacio de Loyola.  
<https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e2787716-c3ef-4105-8ba5-72e2186faf6e/content>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Tercera edición. Edición en español. Orlando Fernández Palma. Prentice Hall. 2010. Bogotá.
- Cabo, M. (2015) *Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción*. [Proyecto presentado, Universidad Pública de Navarra]. Repositorio de la Universidad Pública de Navarra. Ekaina.  
<http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf>
- Ccoscco, N. y De la Cruz, L. (2020) *Ladrillos ecológicos adicionando plástico PET y evaluación de sus propiedades físico-mecánica para el diseño de viviendas unifamiliares, Huachipa 2020*. [Tesis de pregrado para obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad César Vallejo], Repositorio de la Universidad César Vallejo.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/59425/Ccoscco\\_DLC N-DeLaCruz\\_CLA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/59425/Ccoscco_DLC_N-DeLaCruz_CLA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- De la Cruz, F. y Vásquez, K. (2020) *Elaboración de unidades de albañilería eco amigables con envases multicapas y poliestireno expandido para muros no portantes y losas aligeradas*. [Tesis de pregrado, para el título de Ingeniería Civil. Universidad Peruana Los Andes] Repositorio de la Universidad Peruana Los Andes. Huancayo. [https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/3382/T037\\_70060760\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/3382/T037_70060760_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Echevarría, E. (2017) *Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado*. [Tesis de pregrado de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1501/LADRILLOS%20DE%20CONCRETO%20CON%20PL%C3%81STICO%20PET%20RECICLADO.pdf?sequence=1>
- Gareca, M., Andrade, M., Pool, D., Barrón, F. y Villarpando (2020) Nuevo material sustentable: Ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*. 18(21), 25-61. <http://www.scielo.org.bo/pdf/rcti/v18n21/v18n21a03.pdf>
- Hernández Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Sexta edición, McGraw-Hill / Interamericana E., CP. 01376, México D.F. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- Huamaní, M. y Solís, S. (2020) *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de arcilla maciza adicionadas con diatomita del yacimiento de San Juan de Tarucani, Arequipa 2020*. [Tesis de Pregrado para la Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Continental], Repositorio de la Universidad Continental. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8087/3/IV\\_FIN\\_105\\_TI\\_Huamani\\_Solis\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8087/3/IV_FIN_105_TI_Huamani_Solis_2020.pdf)

- López, L. y Morriel, M. (2022) *Proposta de adição de esferas de poliestireno em unidades de alvenaria e argamassa para aumentar a durabilidade de paredes não estruturais contra geadas na cidade de Cusco*. [Tesis de posgrado para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Manrique, J. y Narváez, L. (2021) *Formulación de una propuesta de gestión de residuos de poliestireno expandido, caso de estudio: Empresa dedicada a la importación de alimentos*. [Tesis de pregrado, título de Ingeniero Ambiental y Sanitario, Universidad de la Salle], Repositorio de la Universidad de La Salle. Bogotá.  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2923&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2923&context=ing_ambiental_sanitaria)
- Martel, D. y Noriega, G. (2021) *Diseño sismorresistente de una edificación de albañilería confinada empleando unidades de suelo-cemento prensado en la Asociación Nivería, Huachipa, Lima 2019*. [Tesis de pregrado para Ingeniería Civil. Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/71144?show=full&locale-attribute=es>
- Núñez, K. (2019) *Propiedades físicas e mecánicas de tijolos artesanais feitos de argila e concreto*. [Tesis de pregrado para optar el título de ingeniero civil. Universidad Privada del Norte], Repositorio de la Universidad Privada del Norte.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J. y Romero, H. (2018) *Metodología de la investigación. Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Ediciones de la U. 5ta Edición. Bogotá. Colombia.
- Paulino, J. y Espino, R. (2017). *Análisis comparativo de la utilización del concreto simple y el concreto liviano con perlitas de poliestireno como aislante térmico y acústico aplicado a unidades de albañilería en el Perú*. [Tesis de Pregrado de Ingeniería Civil. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas UPC]. Repositorio Académico de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.  
<http://hdl.handle.net/10757/621457>

- Peña, E. (2019) *Avaliação das propriedades mecânicas de tijolo ecológico prensado manualmente a partir de argila e argila/plástico em alvenaria confinada, Chiclayo, Lambayeque 2018*. [Tesis de pregrado para obtener el título de Ingeniería Civil. Universidad Señor de Sipán]. Repositorio de la Universidad Señor de Sipán.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/270313455.pdf>
- Piñeros, M. y Herrera, R. (2018) *Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda*. [Tesis de pregrado, Especialización en Gerencia de Obras. Universidad Católica de Colombia] Repositorio Académico de la Universidad Católica de Colombia. Bogotá.  
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/b7d5ff9a-9471-49b4-9733-b5467c1485ae/content>
- Reinoso, E. y Vergara, L. (2018) *Elaboración de ladrillos ecológicos a base de polietileno para la empresa Fudesma del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi en el periodo de abril 2017 - febrero 2018*. [Propuesta tecnológica de la Facultad de Ingeniería Industrial. Universidad Técnica de Cotopaxi] Repositorio Académico de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador.  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4513/1/PI-000745.pdf>
- Serrano, M., Pérez, D., Torrado, L., y Hernández, N. (2017) Residuos inertes para la preparación de ladrillos con material reciclable: una práctica para protección del ambiente. *Industrial Data* 20(1), 131-138. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Villamizar, L., Jácome, N. y Vargas, J. (2020), *Evaluación de mezclas de arcilla adicionando Poliestireno expandido para la fabricación de bloque de construcción*. [Trabajo de Investigación de posgrado en Ingeniería Civil. Universidad Francisco de Paula Santander], Repositorio Académico de la Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.
- Zuloaga, L. (2021) Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un muro de albañilería, incorporando arcilla en el mortero.

## ANEXOS

## ANEXO 01 : VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS



"LADRILLO ECOLÓGICO A BASE DE 0.2%, 0.5% Y 0.7% DE  
POLIESTIRENO EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN  
EDIFICACIONES, LIMA 2022"

### CARTA DE PRESENTACIÓN

Ing. Pedro A. Rios Chiara.

**Presente:**

Asunto: Validación de Instrumentos.

Me es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiantes de la **UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con lo cual optaremos el Título de Ingeniería Civil.

El Título de nuestro proyecto de investigación es: "Ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno en sus propiedades mecánicas en edificaciones, Lima 2022" y siendo imprescindible contar con la aprobación de ingenieros especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas de control de calidad de materiales y desarrollo de ensayos en investigaciones educativas.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de la variable.
- Certificado de validez de contenido de instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted.

No sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.



-----  
PEDRO ANTONIO  
RIOS CHIARA  
Ingeniero Civil  
CIP N° 313036

Bertinetti Bellido, Piero Giuliano

## **ANEXO N°02.**

# **DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES**

## **1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES**

### **1.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

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

De acuerdo a Martel y Noriega (2021) las unidades de albañilería son utilizadas en las construcciones de todo el mundo, sobre todo en la construcción de viviendas familiares; igualmente como una solución al problema de la contaminación, en una gran parte de países se ha adoptado al poliestireno como material de construcción, como parte de acciones para solucionar el desecho del poliestireno al medio ambiente.

Las propiedades de las unidades de albañilería, que son los bloques o ladrillos utilizados en la construcción de muros y estructuras, son fundamentales para determinar la calidad y el rendimiento de la albañilería en un proyecto de construcción. Aquí están algunas de las propiedades más importantes de las unidades de albañilería:

- **Resistencia a la Compresión:** Esta es una de las propiedades más críticas. La resistencia a la compresión mide la capacidad de una unidad de albañilería para resistir cargas aplicadas en dirección vertical o compresiva. Se expresa en unidades de presión, como megapascales (MPa) o libras por pulgada cuadrada (psi). La resistencia a la compresión debe cumplir con los estándares de diseño y construcción para garantizar la estabilidad de la estructura.

- **Densidad:** La densidad se refiere a la masa de una unidad de albañilería en relación con su volumen. Las unidades de albañilería con mayor densidad tienden a ser más resistentes, pero también más pesadas. La densidad influye en la carga estructural y el comportamiento térmico de la pared.
- **Absorción de Agua:** Esta propiedad indica cuánta agua puede absorber una unidad de albañilería. Las unidades con alta absorción de agua pueden ser más susceptibles a la intemperie y al daño por congelación y descongelación. Por lo tanto, es importante que tengan una absorción de agua adecuada para el entorno en el que se utilizan.
- **Coefficiente de Dilatación Térmica:** El coeficiente de dilatación térmica mide cuánto se expande o contrae una unidad de albañilería en respuesta a cambios de temperatura. Esta propiedad es importante para evitar tensiones y fisuras en la albañilería debido a las fluctuaciones de temperatura.
- **Resistencia al Fuego:** Algunas unidades de albañilería tienen propiedades ignífugas, lo que significa que pueden resistir el fuego durante un período determinado sin colapsar. Esta propiedad es crítica en aplicaciones donde se requiere resistencia al fuego, como en la construcción de muros cortafuegos.
- **Resistencia al Impacto:** La resistencia al impacto se refiere

a la capacidad de una unidad de albañilería para resistir golpes o impactos sin dañarse. Esta propiedad es relevante en áreas donde las unidades de albañilería pueden estar sujetas a impactos accidentales.

- **Apariencia y Textura:** La apariencia superficial y la textura de las unidades de albañilería son importantes desde un punto de vista estético. Pueden variar en color, acabado y textura para satisfacer los requisitos de diseño y arquitectura.
- **Dimensiones y Tolerancias:** Las unidades de albañilería deben tener dimensiones precisas y cumplir con las tolerancias especificadas para garantizar que encajen correctamente en la construcción de muros y estructuras.
- **Durabilidad:** La durabilidad se refiere a la capacidad de las unidades de albañilería para resistir la intemperie, la abrasión y otros factores ambientales durante un período de tiempo prolongado sin degradación significativa.
- **Facilidad de Instalación:** La facilidad con la que se pueden manejar y colocar las unidades de albañilería es importante para la eficiencia de la construcción.

La presente investigación, tiene como justificación práctica, coincidente con lo mencionado por López y Morriel (2022), en que las propiedades de las unidades de albañilería son equivalentes a los ladrillos comunes y/o comerciales, y son útiles para la construcción.

La investigación se justifica metodológicamente, porque se lleva a cabo la preparación del material de mezcla de acuerdo a estándares tanto en la dosificación, como en las dimensiones físicas de las unidades, las que serán sometidas a pruebas mecánicas y físicas que a toda unidad de albañilería se practica, y cuyos resultados mostrarán si estos cumplen con lo establecido en las NTP E-070.

### **1.1.2. DIMENSIONES DE LA VARIABLE:**

- **Dimensión 1.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INDIVIDUAL**

Hornbostel (1999) destaca que el ladrillo cocido, un producto de origen arcilloso, exhibe una baja absorción y una alta resistencia a la compresión cuando se somete a altas temperaturas durante el proceso de cocción.

La resistencia de los ladrillos puede estar sujeta a diversas influencias, tales como su composición, los materiales empleados en su fabricación, así como la preparación de la arcilla y la mezcla de todos los componentes necesarios. Factores adicionales que pueden afectar la resiliencia de los ladrillos comprenden su formato y el proceso de secado de los ladrillos en bruto. Asimismo, la elección del tipo de horno, el combustible utilizado, el proceso de combustión y enfriamiento, junto con las precauciones tomadas en el proceso de carga y descarga, también inciden en su resistencia.

La "Resistencia a la Compresión Individual" en unidades de albañilería se refiere a la capacidad de una sola unidad (como un ladrillo, bloque o bloque de hormigón) para resistir una carga aplicada en dirección vertical o compresiva sin experimentar una falla o deformación excesiva. Esta propiedad es esencial en la construcción

de muros y estructuras, ya que determina la capacidad de carga y la estabilidad de los elementos de albañilería.

Algunos puntos clave sobre la resistencia a la compresión individual en unidades de albañilería son:

**Prueba de Resistencia a la Compresión:** La resistencia a la compresión individual se evalúa mediante pruebas de laboratorio específicas, donde se somete a la unidad de albañilería a una carga gradual y constante hasta que alcanza su carga máxima antes de la falla. El resultado de esta prueba se expresa en unidades de presión, como megapascales (MPa) o libras por pulgada cuadrada (psi).

**Variación de Materiales:** La resistencia a la compresión individual puede variar significativamente según el material de la unidad de albañilería. Por ejemplo, los ladrillos de arcilla, los bloques de hormigón y los bloques de poliestireno expandido tienen diferentes niveles de resistencia a la compresión.

**Influencia en el Diseño:** La resistencia a la compresión individual es un factor crítico en el diseño de estructuras de albañilería, ya que determina la capacidad de carga de los muros y la seguridad de la estructura en general. Los ingenieros y arquitectos deben considerar cuidadosamente esta propiedad al seleccionar unidades de albañilería para un proyecto.

**Normas y Estándares:** En muchos países, existen normas y estándares que establecen los requisitos mínimos de resistencia a la compresión individual para las unidades de albañilería utilizadas en la construcción. Estas normas aseguran que las unidades cumplan con estándares de calidad y seguridad.

**Variabilidad:** Es importante tener en cuenta que la resistencia a la compresión individual puede variar dentro de un lote o una producción de unidades de albañilería. Por lo tanto, se suelen realizar múltiples

pruebas para determinar la resistencia promedio y la variabilidad del lote.

**Calidad del Material:** La calidad del material utilizado en la fabricación de las unidades de albañilería, así como el proceso de fabricación, influyen en su resistencia a la compresión individual. Un material de alta calidad y un proceso de fabricación adecuado suelen resultar en una mayor resistencia.

**Seguridad Estructural:** La resistencia a la compresión individual es crucial para garantizar la seguridad estructural de un edificio o una construcción. La selección de unidades de albañilería con la resistencia adecuada es esencial para evitar fallas y colapsos.

- **Dimensión 2.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS**

Conforme a la explicación de Peña (2019), la resistencia a la compresión axial de un pilote ( $f'_m$ ) se determina mediante la división de la carga de fisuración por el área neta o bruta, dependiendo del tipo de unidad utilizada, ya sea maciza o hueca.

La resistencia a la compresión axial en pilas de ladrillos se refiere a la capacidad de una estructura formada por ladrillos apilados verticalmente para resistir las fuerzas de compresión que actúan a lo largo de su eje central. Este concepto es fundamental en la ingeniería de construcción y se aplica principalmente en estructuras que utilizan ladrillos como elementos de carga o soporte. A continuación, se detallan algunos aspectos clave relacionados con la resistencia a la compresión axial en pilas de ladrillos:

**Tipo de ladrillos:** La resistencia a la compresión axial de las pilas de ladrillos depende en gran medida del tipo y la calidad de los ladrillos utilizados. Los ladrillos pueden ser de arcilla, concreto o incluso ladrillos ecológicos fabricados a base de materiales reciclados, como se mencionó en la respuesta anterior.

Unión de los ladrillos: La forma en que se unen los ladrillos en la pila también afecta su resistencia a la compresión. El uso de mortero o adhesivos adecuados es esencial para garantizar una unión sólida y uniforme entre los ladrillos, lo que contribuye a la capacidad de carga de la pila.

Dimensiones de la pila: Las dimensiones de la pila de ladrillos, incluyendo su altura y diámetro, influyen en su capacidad de carga. Pilas más altas o más gruesas generalmente tienen una mayor resistencia a la compresión axial, siempre que se utilicen ladrillos adecuados y la unión sea apropiada.

Pruebas de compresión: Para determinar la resistencia a la compresión axial de una pila de ladrillos en un proyecto específico, se pueden realizar pruebas de laboratorio. Estas pruebas implican aplicar una carga vertical gradualmente sobre la pila y medir la fuerza máxima que puede soportar antes de fallar. Los resultados de estas pruebas ayudan a los ingenieros y arquitectos a diseñar estructuras seguras.

Factor de seguridad: En el diseño de estructuras, se aplica un factor de seguridad para garantizar que las pilas de ladrillos sean capaces de soportar cargas mayores que las previstas en condiciones reales. Esto se hace para prevenir fallos estructurales y garantizar la seguridad de la edificación.

- **Dimensión 3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES**

De acuerdo a Peña (2019) para medir la resistencia a compresión diagonal de la mampostería se identifican los modos de falla y se determina la resistencia a compresión diagonal el cual depende de la adherencia bloque mortero.

La resistencia a la compresión diagonal en muretes de ladrillos se refiere a la capacidad de un muro construido con ladrillos para resistir fuerzas que actúan en un plano diagonal en lugar de una compresión

puramente vertical. Esta propiedad es relevante en la ingeniería de construcción, ya que los muretes de ladrillos a menudo experimentan cargas laterales debido a factores como el viento, el movimiento del suelo o las cargas sísmicas. A continuación, se describen algunos aspectos clave relacionados con la resistencia a la compresión diagonal en muretes de ladrillos:

**Tipo de ladrillos:** El tipo de ladrillos utilizados en la construcción del murete tiene un impacto significativo en su resistencia a la compresión diagonal. Los ladrillos de arcilla cocida, concreto o cualquier otro material deben cumplir con ciertas especificaciones de resistencia para garantizar la estabilidad del murete.

**Unión y mortero:** La calidad del mortero utilizado para unir los ladrillos es esencial para la resistencia a la compresión diagonal. Un mortero de alta calidad y la técnica adecuada de colocación de ladrillos garantizan una unión sólida entre los ladrillos, lo que mejora la capacidad del murete para resistir fuerzas laterales.

**Espesor del murete:** El espesor del murete es un factor clave. Un murete más grueso generalmente tendrá una mayor resistencia a la compresión diagonal. La relación entre el espesor del murete y su altura también influye en su capacidad para resistir fuerzas laterales.

**Refuerzo estructural:** En algunas aplicaciones, especialmente en áreas propensas a terremotos, se pueden incorporar refuerzos estructurales, como barras de refuerzo de acero o malla de refuerzo, en el murete para mejorar su resistencia a las fuerzas diagonales.

**Diseño sismorresistente:** En regiones sísmicas, es fundamental diseñar muretes que puedan resistir las fuerzas sísmicas. Esto puede incluir el uso de técnicas específicas de diseño y construcción, como la disposición adecuada de los ladrillos y el uso de cimientos y conexiones reforzadas.

Pruebas de laboratorio: Para determinar la resistencia a la compresión diagonal de un murete de ladrillos en un proyecto específico, se pueden realizar pruebas de laboratorio. Estas pruebas simulan las fuerzas laterales que pueden afectar al murete y evalúan su capacidad para resistirlas.

Factor de seguridad: Como en otros aspectos del diseño estructural, se aplica un factor de seguridad para garantizar que el murete sea capaz de resistir fuerzas diagonales mayores que las previstas en condiciones reales. Esto se hace para prevenir fallos estructurales y garantizar la seguridad de la edificación.

- **Dimensión 3.- ALABEO**

De acuerdo con Núñez (2019), la distorsión y su consecuencia se asemejan al manejo de cambios en las medidas, ya que posibilita la modificación del grosor de las uniones de argamasa. Esto significa que es una característica que establece si existe una distorsión curvada en la mampostería. Si la distorsión es mayor, se necesitan juntas más extensas en relación con el efecto producido.

- **Dimensión 4.- ABSORCION**

De acuerdo con Huamaní y Solís (2020), la absorción se define como una medida que refleja la impermeabilidad de la mampostería, y no debe superar el 22%. Si la absorción excede este porcentaje, la mampostería se clasifica como porosa, lo que resulta en una baja resistencia a los agentes atmosféricos. Esto ocurre porque la mampostería absorbe agua del mortero durante la construcción del muro, lo que dificulta una adherencia adecuada entre los materiales. Las normas peruanas han establecido límites para el porcentaje de absorción, ya que esta característica es crucial para garantizar la durabilidad de la mampostería en condiciones climáticas extremas. Sin embargo, es importante destacar que esta preocupación puede mitigarse si se aplican recubrimientos especiales en las paredes.

- **Dimensión 5.- VARIACIÓN DIMENSIONAL**

En el contexto de la tesis de licenciatura de Huamaní y Solís (2020), se menciona que la dimensión de la absorción es una propiedad física relevante que influye en la determinación del espesor de las juntas horizontales al colocar ladrillos en la construcción de muros de mampostería.

Esta característica sirve para evaluar el desempeño estructural del muro. Es decir, cuanto mayor sea la alteración en las dimensiones del ladrillo, mayor será el grosor de la unión, lo que resulta en una reducción en la fuerza de las paredes de mampostería. Para determinar la variación en las dimensiones de los ladrillos, se realiza una medición precisa en la mitad de los bordes que limitan cada lado.

## **1.2. VARIABLE INDEPENDIENTE:**

### **1.2.1. POLIESTIRENO EXPANDIDO**

El EPS también puede experimentar fluctuaciones dimensionales debido a cambios de temperatura, y este comportamiento se evalúa utilizando el coeficiente de expansión térmica. A pesar de esto, el EPS es resistente a una amplia gama de productos químicos, pero puede experimentar decoloración y fragilidad cuando se expone a la radiación ultravioleta. Sin embargo, estos efectos pueden prevenirse mediante recubrimientos y revestimientos adecuados en aplicaciones de construcción. Además, el EPS se considera estable frente a muchos productos químicos, incluyendo colas y pinturas a base de disolventes.

En otro contexto, de acuerdo con Paulino y Espino (2017), el poliestireno se emplea en la industria de la construcción en diversas formas, como placas, bóvedas, paneles y cordones. Este material se presenta en dos variantes principales: el poliestireno expandido (EPS) y el poliestireno extruido. Se utiliza para conferir a las estructuras propiedades adecuadas de aislamiento térmico, acústico y resistencia

mecánica. El poliestireno se aprecia por sus características, como su dureza, porosidad, densidad, superficie rugosa, forma y capacidad de absorción. Además, el EPS se destaca por su capacidad de proporcionar un alto nivel de aislamiento térmico contra el calor y el frío debido a su estructura, donde aproximadamente el 98% del material es aire atrapado en una estructura de poliestireno celular. En particular, el EPS se caracteriza por ser un polímero celular rígido lleno de aire que ofrece múltiples ventajas, como su resistencia mecánica, capacidad de resistir la humedad y su ligereza. A pesar de su baja capacidad de absorción de agua, el EPS permite la difusión del vapor de agua a través de su estructura celular cuando existe un gradiente de presión y temperatura entre las dos caras del material.

El poliestireno expandido (EPS), también conocido comúnmente como "corcho blanco" o "espuma de poliestireno", es un material plástico celular ampliamente utilizado en una variedad de aplicaciones debido a sus propiedades únicas y versatilidad. El EPS se produce mediante la expansión de perlas de poliestireno mediante vapor de agua, resultando en una estructura celular cerrada compuesta por miles de pequeñas bolsas de aire atrapadas en el polímero. Aquí hay una descripción más detallada del poliestireno expandido:

- **Estructura Celular:** El EPS se caracteriza por su estructura celular distintiva. Estas células cerradas llenas de aire proporcionan al material sus propiedades físicas clave, como ligereza y capacidad de aislamiento térmico.
- **Ligereza:** El EPS es un material extremadamente ligero debido a su alta proporción de aire en comparación con el polímero sólido. Esta ligereza lo hace ideal para aplicaciones donde se requiere un material liviano.
- **Aislamiento Térmico:** Una de las propiedades más destacadas del EPS es su excelente capacidad de aislamiento térmico. Las células de aire atrapadas en su estructura ralentizan la

transferencia de calor, lo que lo hace eficaz para mantener el calor en climas fríos y el frío en climas cálidos. Por esta razón, se utiliza en la construcción de aislamiento de edificios y en la fabricación de neveras y congeladores.

- **Aislamiento Acústico:** Además del aislamiento térmico, el EPS también proporciona aislamiento acústico. Su estructura celular cerrada actúa como una barrera efectiva para reducir la transmisión de sonido, lo que lo convierte en un material adecuado para aplicaciones en las que se necesita un ambiente silencioso.
- **Resistencia a la Humedad:** El EPS tiene una baja absorción de agua debido a su estructura celular cerrada. Esto significa que es resistente a la humedad y no se degrada fácilmente cuando se expone al agua.
- **Facilidad de Fabricación y Modelado:** El EPS es fácil de cortar y dar forma, lo que permite su uso en una amplia gama de aplicaciones. Puede ser cortado en diferentes formas y tamaños, lo que lo hace versátil para diversas necesidades de diseño.
- **Sostenibilidad:** El EPS es reciclable y se puede fabricar con material reciclado, lo que lo convierte en una opción respetuosa con el medio ambiente. Además, su ligereza reduce la huella de carbono durante el transporte y la construcción.
- **Aplicaciones:** El poliestireno expandido se utiliza en la construcción para aislamiento térmico y acústico, en envases de protección para productos frágiles, en la fabricación de envases de alimentos, en la industria de la construcción de maquetas, y en una variedad de aplicaciones de embalaje.

## **ANEXO N°3.**

# **MATRIZ DE OPERACIONALIDAD DE VARIABLES**

<b>Variable dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Indicador</b>
Propiedades de unidades de albañilería	Resistencia a la Compresión individual.	Es el esfuerzo máximo que soporta el ladrillo bajo una carga axial.	Tiempo (14 Días) y $f'_{cb}$
	Resistencia a la Compresión en pilas.	Es el esfuerzo máximo que soporta el ladrillo bajo una carga axial.	Tiempo (28 Días) y $f_m$
	Resistencia a la Compresión en muretes.	Es el esfuerzo máximo que soporta el ladrillo bajo una carga diagonal.	Tiempo (28 Días) y $v'_m$
	Resistencia a flexión individual.	Es el esfuerzo máximo que soporta el ladrillo bajo una carga central.	Tiempo (14 Días) y $f'_{br}$
	Alabeo	Es una propiedad que determina la existencia de deformación curvilínea que puede presentar el ladrillo, si presenta mayor alabeo requiere mayores juntas.	Nivel de alabeo
	Variación dimensional	Permite establecer el espesor de la junta horizontal al asentar el ladrillo en la construcción de los muros en albañilería.	Nivel de variación
	Absorción	La absorción está definida como la medida de la impermeabilidad de la unidad de albañilería.	Porcentaje
<b>Variable Independiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Indicador</b>
Poliestireno	Poliestireno expandido (EPS)	Es un material plástico celular y rígido rellena de aire	Densidad

**ANEXO N°4.**  
**CERTIFICADO DE LABORATORIO EN**  
**ENSAYO DE MATERIALES**



## Certificado de Registro

**SERVICIOS DE INGENIERIA CONSTRUCCION Y  
ADMINISTRACION DE NEGOCIOS S.A.C. - SEICAN S.A.C.**

**MZA. G LOTE. 4 APV. LOS ÁNGELES DE PUENTE PIEDRA  
LIMA - LIMA - PUENTE PIEDRA - PERU**

ha sido evaluado y certificado por Otabu Global Services Pvt. Limitado.  
cumpliendo los requisitos de:

**ISO 9001:2015**  
**Sistema de Gestión de Calidad**

Para el siguiente alcance de actividades:

**ALCANCE SEGÚN ANEXO**

Número de edición :01  
Fecha de certificación: 20 Agosto 2022  
Fecha límite de vigilancia: 19 Agosto 2023

Revisión No (): NA  
Fecha límite de vigilancia: 19 Agosto 2024  
Caducidad del certificado: 19 Agosto 2025  
(Sujeto a que la empresa mantenga su sistema al estándar requerido)

**Certificado N°: - 0820Q386722**

Para verificar este certificado, visite [www.otabuglobal.com](http://www.otabuglobal.com)



Dr. Anita Gupta  
(Directora gerente)

**Otabu Global Services Private Limited**

Acreditado por IAS (International Accreditation Service, Inc.)  
(3060 Saturn Street, Suite 100, Brea, California 92821 U.S.A.)

La validez de este certificado está sujeta a auditorías de seguimiento anuales realizadas con éxito.  
Este certificado de registro sigue siendo propiedad de Otabu Global Services Private Limited y se dará por de inmediato si se solicita.  
Email: [info@otabuglobal.com](mailto:info@otabuglobal.com) / sitio web: [www.otabuglobal.com](http://www.otabuglobal.com)

**ANEXO N°5.**  
**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE  
EQUIPOS**



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



## Certificado de Calibración

TC - 13916 - 2022

Proforma : 13243A Fecha de emisión : 2022-08-16  
Solicitante : SEICAN S.A.C  
Dirección : Mza. G Lote. 4 Avp. Los Angeles De Puente Piedra Lima-Lima-Puente Piedra

Instrumento de medición : Balanza  
Tipo : Electrónica  
Marca : OHAUS  
Modelo : R21PE30ZH  
N° de Serie : 8340300314  
Capacidad Máxima : 30000 g  
Resolución : 1 g  
División de Verificación : 10 g  
Clase de Exactitud : III  
Capacidad Mínima : 200 g  
Procedencia : China  
Identificación : No Indica  
Ubicación : Laboratorio  
Variación de  $\Delta T$  Local : 8 °C  
Fecha de Calibración : 2022-08-12

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Lugar de calibración  
Instalaciones de SEICAN S.A.C

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

### Método de calibración

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase III y IIII". Primera Edición - Mayo 2019. DM - INACAL.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316



## Certificado de Calibración

TC - 13915 - 2022

Proforma : 13243A Fecha de Emisión : 2022-08-16

Solicitante : SEICAN S.A.C  
Dirección : MZA. G LOTE. 4 APV. LOS ANGELES DE PUENTE PIEDRA LIMA-LIMA-PUENTE PIEDRA

Equipo : **Horno**  
Marca : RUMISTONE  
Modelo : LS-H  
Número de Serie : 708042  
Identificación : NO INDICA  
Procedencia : NO INDICA  
Circulación del aire : Ventilación forzada  
Ubicación : LABORATORIO  
Fecha de Calibración : 2022-08-12

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Instrumento de Medición del Equipo :

	Tipo	Alcance	Resolución
Termómetro	DIGITAL	0 °C a 400 °C	1 °C
Selector	DIGITAL	0 °C a 400 °C	1 °C

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

### Lugar de calibración

Instalaciones de SEICAN S.A.C

### Método de calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-018 2da edición, Junio 2009: "Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático" publicada por el SNM/ INDECOPI.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

### Condiciones de calibración

	Temperatura	Humedad	Tensión
Inicial	18 °C	69 %hr	219 V
Final	18,1 °C	70 %hr	220 V

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

PGC-16-r11/Octubre 2021/Rev.01

Página : 1 de 6



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 10098 - 2022

Proforma : 127A

Fecha de emisión : 2022-01-13

**SOLICITANTE:** SERVICIOS DE INGENIERIA CONSTRUCCIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS S.A.C.

Dirección : Mza. G Lote. 4 Avp. Los Angeles De Puente Piedra Lima - Lima - Puente Piedra

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN :** TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL

Intervalo de Indicación : -50 °C a 300 °C

Resolución : 0,1 °C

Marca : TRACEABLE

Modelo : 4353

Código de serie : 181870227

Elemento sensor : TERMISTOR

Ubicación : No Indica

Fecha de calibración : 2022-01-12

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

### PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro termómetro patrón. Según procedimiento PC-017 "Procedimiento para la calibración de termómetros digitales. Segunda Edición - Diciembre 2012. SNM - INDECOPI

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

### CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,8 °C	20,5 °C
Humedad Relativa	80,7 %/hr	88,2 %/hr

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido para la calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar

Gerente Técnico

CFP: 0316





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 15188 - 2022

PROFORMA : 13243

Fecha de emisión: 2022-08-29

SOLICITANTE : SERVICIOS DE INGENIERIA CONSTRUCCION Y ADMINISTRACION DE NEGOCIOS S.A.C.

Dirección : Mza. G Lote. 4 Avp. Los Angeles De Puente Piedra Lima-Lima-Puente Piedra

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : PIE DE REY  
Tipo : Digital  
Marca : INSIZE  
Modelo : 1108-300W  
N° de Serie : 2010171495  
Intervalo de Indicación : 0 mm a 300 mm  
División de Escala : 0,01 mm  
Procedencia : No Indica  
Identificación : No Indica  
Fecha de Calibración : 2022 - 08 - 29

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro bloques patrón según procedimiento PC - 012 " Procedimiento de calibración de pie de rey". Quinta Edición - Agosto 2012. SNM - INDECOPI

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

### CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	19,9 °C	20,0 °C
Humedad Relativa	53,0 %	55,1 %

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

PGC-16-r05/Diciembre 2019/Rev.02

Página: 1 de 4



Jr. Condesa de Lemos N°117  
San Miguel, Lima

(01) 262 9536  
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe  
www.testcontrol.com.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
TC-12550-2022

PROFORMA : 10644A Fecha de emisión : 2022 - 07 - 16 Página : 1 de 2

SOLICITANTE : SEICAN S.A.C  
Dirección : Mza. G Lote. 4 Avp. Los Angeles De Puente Piedra Lima-Lima-Puente Piedra

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : PRENSA DE CONCRETO  
Marca : PINZUAR  
Modelo : PC-180  
N° Serie : 324  
Intervalo de indicación : No Indica  
Resolución : 0,5 kN  
Procedencia : No Indica  
Código de Identificación : No Indica  
Ubicación : Laboratorio de Suelos  
Fecha de Calibración : 2022 - 07 - 15

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**  
Instalaciones de SERVICIOS DE INGENIERIA CONSTRUCCION Y ADMINISTRACION DE NEGOCIOS S.A.C

**METODO DE CALIBRACIÓN**  
La calibración se efectuó por comparación directa utilizando un instrumento patrón calibrado.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	20,3°C	20,4°C
HUMEDAD RELATIVA	60,0%	60,0%

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
C.F.P. N° 0316

## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

### **VARIABLE: V1.- Elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2 %, 0.5% y 0.7% de poliestireno**

Paulino y Espino (2017) en su tesis de licenciatura hacen referencia al poliestireno como un polímero termoplástico empleado en la construcción civil en diversas formas, como losas, bóvedas, paneles y cordones. Se produce en versiones de poliestireno expandido y poliestireno extruido para otorgar propiedades adecuadas de aislamiento térmico, acústico y resistencia mecánica a las estructuras. Este material es ampliamente utilizado en la industria de la construcción debido a su combinación de características como dureza, porosidad, densidad, rugosidad superficial, forma y capacidad de absorción. El poliestireno puede ser incorporado en proporciones del 0,2%, 0,5% y 0,7% en ladrillos.

#### **Dimensiones de la variable:**

##### **Dimensión 1: Secado a 14 días.**

De la Cruz y Vásquez (2020) en su tesis de pregrado denominada "Elaboración de unidades de albañilería eco amigables con envases multicapas y poliestireno expandido para muros no portantes y losas aligeradas", señala que el secado de las unidades de albañilería a base de arcilla y poliestireno, necesitan un intervalo de tiempo para secado, como parte del proceso de fabricación de ladrillos ecológicos, estableciéndose un periodo de 14 días.

##### **Dimensión 2: Secado a 28 días.**

De la Cruz y Vásquez (2020) en su tesis de pregrado denominada "Elaboración de unidades de albañilería eco amigables con envases multicapas y poliestireno expandido para muros no portantes y losas aligeradas", señala que el secado de las unidades de albañilería a base de arcilla y poliestireno, se necesita de un intervalo de tiempo para el secado, para ello se ha establecido un periodo de 28 días.

### **VARIABLE: V2.- Propiedades mecánicas y físicas de unidades de albañilería.**

Huamaní y Solís (2020), en su tesis de licenciatura, se centran en la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades sólidas de mampostería arcillosa a las que se ha añadido tierra de diatomeas del yacimiento de San Juan de Tarucani, Arequipa. Señalan

que las propiedades mecánicas de los ladrillos reflejan su respuesta ante fuerzas externas, destacando la resistencia a la compresión como un factor importante. Por otro lado, las propiedades físicas de los ladrillos, que son fundamentales para su análisis, se basan en aspectos estructurales y materiales, y se determinan mediante observación y medición.

## **Dimensiones de la variable**

### **Propiedades mecánicas**

Las propiedades mecánicas de los ladrillos de poliestireno se refieren a las características relacionadas con la resistencia y el comportamiento bajo cargas y fuerzas mecánicas. Estas propiedades son fundamentales para evaluar cómo estos materiales de construcción responden a las tensiones y esfuerzos aplicados, y son esenciales en la determinación de su idoneidad para diversas aplicaciones en la construcción y la ingeniería civil. Las propiedades mecánicas clave de los ladrillos de poliestireno incluyen:

- **Resistencia a la compresión:** Esta propiedad mide la capacidad del ladrillo de poliestireno para soportar cargas verticales o compresivas. Se expresa en unidades de presión, como kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{kg/cm}^2$ ) o megapascales (MPa). Una resistencia a la compresión adecuada es esencial para asegurar la estabilidad de las estructuras construidas con estos ladrillos.
- **Resistencia a la tracción:** La resistencia a la tracción se refiere a la capacidad del material para resistir fuerzas que intentan estirarlo o separar sus partículas. Aunque los ladrillos de poliestireno son más fuertes en compresión que en tracción, esta propiedad es importante en situaciones donde pueden estar sujetos a fuerzas de tracción, como las generadas por movimientos sísmicos.
- **Módulo de elasticidad:** El módulo de elasticidad, también conocido como módulo de Young, indica la rigidez del material. Cuanto mayor sea el módulo de elasticidad, menos deformación experimentará el material cuando se somete a una carga. Esta propiedad es relevante para evaluar la capacidad de los ladrillos de poliestireno para mantener su forma y resistir deformaciones permanentes.
- **Tenacidad:** La tenacidad se refiere a la capacidad del material para absorber energía antes de fallar. Es una medida de su resistencia a la fractura y se relaciona con la capacidad de los ladrillos de poliestireno para resistir impactos y cargas cíclicas.

- **Dureza:** La dureza se refiere a la resistencia del material a ser rayado o penetrado por otro objeto. Aunque los ladrillos de poliestireno no son conocidos por su dureza, esta propiedad puede ser importante en aplicaciones donde puedan estar expuestos a desgaste o abrasión.
- **Comportamiento bajo carga repetida:** Evaluar cómo los ladrillos de poliestireno se comportan bajo cargas repetidas es fundamental para determinar su durabilidad a largo plazo. Esto es especialmente relevante en estructuras sujetas a vibraciones, ciclos térmicos o cargas cíclicas.
- **Fatiga:** La resistencia a la fatiga se relaciona con la capacidad del material para resistir la fractura debido a cargas cíclicas repetidas. Es importante en aplicaciones donde los ladrillos de poliestireno puedan estar sujetos a tensiones fluctuantes a lo largo del tiempo.
- **Resistencia química:** Aunque no es estrictamente una propiedad mecánica, la resistencia química es esencial para evaluar cómo los ladrillos de poliestireno se comportan en entornos corrosivos o cuando están expuestos a productos químicos.
- **Módulo de corte:** El módulo de corte, también conocido como módulo de corte tangencial o módulo de corte transversal, mide la resistencia del material a las fuerzas de corte. Es particularmente relevante en situaciones donde los ladrillos de poliestireno pueden estar sujetos a fuerzas de corte, como en elementos estructurales o componentes que deben resistir el cizallamiento.
- **Rigidez a la flexión:** La rigidez a la flexión es una medida de la resistencia del material a doblarse o flexionarse bajo carga. Esta propiedad es esencial en aplicaciones donde se requiere que los ladrillos de poliestireno tengan la capacidad de soportar cargas distribuidas a lo largo de un área, como en vigas o paneles.
- **Resistencia al choque:** La resistencia al choque se refiere a la capacidad del material para resistir impactos súbitos o golpes. Es importante en aplicaciones donde los ladrillos de poliestireno puedan estar expuestos a golpes, caídas u otros tipos de impacto.
- **Ductilidad:** La ductilidad se relaciona con la capacidad del material para deformarse sin fracturarse cuando se somete a cargas. Aunque el poliestireno expandido es

conocido por ser un material rígido, algunas formulaciones pueden exhibir cierto grado de ductilidad antes de la falla.

- **Resistencia al envejecimiento:** Evaluar cómo los ladrillos de poliestireno resisten el envejecimiento es esencial para determinar su vida útil y durabilidad a largo plazo. Esto incluye la resistencia a la degradación causada por la exposición a la luz ultravioleta, variaciones de temperatura y otros factores ambientales.
- **Coeficiente de fricción:** El coeficiente de fricción es importante en aplicaciones donde los ladrillos de poliestireno están en contacto con otros materiales, como en sistemas de deslizamiento o componentes que requieren baja fricción para funcionar adecuadamente.
- **Estabilidad dimensional:** La estabilidad dimensional se refiere a la capacidad del material para mantener sus dimensiones y forma original bajo diversas condiciones ambientales. Es importante en aplicaciones donde la precisión geométrica es crítica, como en la fabricación de componentes de alta precisión.
- **Efectos del entorno:** Las propiedades mecánicas de los ladrillos de poliestireno pueden verse afectadas por el entorno en el que se utilizan. Por ejemplo, la temperatura, la humedad y la exposición a productos químicos pueden influir en su comportamiento mecánico. Evaluar cómo estos factores afectan el rendimiento es esencial para determinar su idoneidad en situaciones específicas.

Para Ccoscco y De la Cruz (2020) las propiedades mecánicas de la unidad de albañilería, se refieren al comportamiento de éstas frente a fuerzas y acciones externas que aplicadas al bien puede producir efectos positivos o adversos, este tipo de propiedades mecánicas son:

- **Resistencia a la compresión**

Ccoscco y De la Cruz (2020) en su tesis de licenciatura investigan ladrillos ecológicos que incorporan plástico PET y evalúan sus propiedades físico-mecánicas con el propósito de utilizarlos en el diseño de viviendas unifamiliares. En su estudio, hacen hincapié en la resistencia a la compresión axial, que se refiere a la capacidad de un material para soportar cargas perpendiculares a su plano y se expresa generalmente en kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia a la compresión en ladrillos de poliestireno se refiere a la capacidad de estos materiales de soportar fuerzas externas aplicadas en una dirección que tiende a reducir su volumen. Los ladrillos de poliestireno son un

tipo de material de construcción que incorpora poliestireno expandido, un polímero celular ligero, como uno de sus componentes principales. Esta resistencia es fundamental en la industria de la construcción, ya que determina la capacidad de los ladrillos para mantener la estabilidad estructural de un edificio o una estructura cuando están sometidos a cargas verticales o compresivas, como las que se producen debido al peso de la propia construcción o de las cargas que actúan sobre ella.

La resistencia a la compresión en ladrillos de poliestireno se mide típicamente en unidades de presión, como kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{kg/cm}^2$ ) o megapascuales (MPa). Cuanto mayor sea la resistencia a la compresión de un ladrillo de poliestireno, mayor será su capacidad para soportar cargas verticales sin experimentar deformaciones excesivas o fallas estructurales. Esto es esencial para garantizar la seguridad y la durabilidad de una estructura construida con estos ladrillos.

Los ladrillos de poliestireno a menudo se utilizan en aplicaciones de construcción en las que se busca un equilibrio entre la resistencia estructural y la eficiencia térmica, ya que el poliestireno expandido es un buen aislante térmico. Por lo tanto, la resistencia a la compresión en estos ladrillos es un parámetro crítico a considerar durante el diseño y la construcción de edificios, especialmente en áreas sísmicas o en proyectos que requieren una carga vertical significativa.

- **Resistencia a la compresión axial en pilas**

Peña (2019) se refiere a la resistencia a la compresión axial de pilotes y explica que se calcula dividiendo la carga de fisuración por el área neta o bruta, dependiendo del tipo de unidad utilizada, ya sea sólida o hueca. La resistencia a la compresión axial en pilas de ladrillos de poliestireno se refiere a la capacidad de estos elementos estructurales para resistir las fuerzas aplicadas en la dirección vertical o axial, es decir, aquellas fuerzas que tienden a comprimir o reducir su altura. Este parámetro es fundamental en la construcción y diseño de pilotes, que son columnas o postes utilizados para soportar cargas verticales en diversas aplicaciones, como cimientos de edificios, puentes, muelles y otras estructuras.

En el contexto de los ladrillos de poliestireno, la resistencia a la compresión axial se mide en términos de la presión que estos pilotes pueden soportar antes de experimentar deformaciones excesivas o fallas estructurales. Por lo tanto, cuanto mayor sea la resistencia a la compresión axial, mayor será la capacidad de los pilotes de ladrillos de poliestireno para soportar cargas verticales y mantener la estabilidad de la estructura.

Esta propiedad es especialmente relevante en áreas donde la construcción debe considerar la capacidad de carga del suelo y la distribución adecuada de las cargas verticales. Los pilotes de ladrillos de poliestireno a menudo se utilizan en aplicaciones de construcción donde se busca una combinación de resistencia estructural y eficiencia térmica, ya que el poliestireno expandido es un buen aislante térmico. Esto hace que los pilotes de ladrillos de poliestireno sean ideales para proyectos que requieren un buen rendimiento estructural junto con consideraciones de aislamiento térmico.

- **Resistencia a la compresión diagonal en muretes**

De acuerdo a Peña (2019) para medir la resistencia a compresión diagonal de la mampostería se identifican los modos de falla y se determina la resistencia a compresión diagonal el cual depende de la adherencia bloque mortero. La resistencia a la compresión diagonal en muretes de ladrillos de poliestireno se refiere a la capacidad de estos elementos de construcción para resistir fuerzas aplicadas en una dirección diagonal, es decir, aquellas que tienden a reducir la longitud de una de sus diagonales. Los muretes de ladrillos de poliestireno son componentes utilizados en la construcción para formar paredes o estructuras, y su resistencia a la compresión diagonal es un parámetro importante para evaluar su capacidad para soportar cargas y mantener la estabilidad de la construcción.

La medición de la resistencia a la compresión diagonal implica aplicar una fuerza oblicua sobre el murete y determinar la carga máxima que puede soportar antes de que se produzcan deformaciones excesivas o, en última instancia, una falla estructural. Esta propiedad es esencial en la construcción, ya que los muretes de ladrillos de poliestireno a menudo se utilizan como componentes estructurales en

paredes, particiones o incluso como elementos de soporte en algunas aplicaciones de ingeniería civil.

La resistencia a la compresión diagonal en muretes de ladrillos de poliestireno es crucial en áreas donde se esperan cargas diagonales significativas o donde las fuerzas de viento y sismos pueden ejercer fuerzas oblicuas sobre las estructuras. También es importante en proyectos que buscan combinar resistencia estructural con eficiencia térmica, ya que el poliestireno expandido es un buen aislante térmico.

### **Propiedades físicas**

Las propiedades físicas de los ladrillos de poliestireno se refieren a las características y atributos físicos que poseen estos materiales de construcción fabricados a partir de poliestireno expandido (EPS, por sus siglas en inglés). Estas propiedades son fundamentales para comprender su comportamiento y rendimiento en diversas aplicaciones de construcción y diseño arquitectónico. Algunas de las propiedades físicas más destacadas de los ladrillos de poliestireno incluyen:

- **Densidad:** La densidad se refiere a la cantidad de materiales en una unidad de volumen. Los ladrillos de poliestireno son conocidos por su baja densidad debido a la naturaleza ligera del EPS. Esta característica los hace adecuados para aplicaciones donde se requiere reducir el peso total de la estructura, como en la construcción de edificios y paredes.
- **Aislamiento térmico:** Una de las propiedades más destacadas de los ladrillos de poliestireno es su capacidad de proporcionar un alto nivel de aislamiento térmico. El EPS es un aislante eficaz que ayuda a mantener la temperatura interior de los edificios, reduciendo la pérdida de calor en invierno y el ingreso de calor en verano.
- **Resistencia a la humedad:** Los ladrillos de poliestireno suelen tener una baja absorción de agua debido a su estructura celular cerrada. Esto los hace resistentes a los daños causados por la humedad y evita la degradación del material a lo largo del tiempo.
- **Facilidad de corte y conformado:** El EPS es un material versátil que se puede cortar y dar forma con relativa facilidad. Esto permite la adaptación de los ladrillos de poliestireno a diferentes diseños y necesidades de construcción.

- Resistencia a la compresión: Aunque los ladrillos de poliestireno son livianos, pueden tener una capacidad adecuada para soportar cargas verticales cuando se utilizan adecuadamente. Su resistencia a la compresión es una propiedad clave a considerar en aplicaciones estructurales.
- Durabilidad: Los ladrillos de poliestireno son resistentes a la mayoría de los agentes químicos y no se descomponen fácilmente. Esto contribuye a su durabilidad a lo largo del tiempo.
- Inertes y no tóxicos: El poliestireno expandido es un material inerte y no tóxico, lo que lo hace seguro para su uso en construcción y aplicaciones arquitectónicas.
- Peso ligero: Los ladrillos de poliestireno son excepcionalmente ligeros debido a su baja densidad. Esto facilita su manipulación y transporte en el lugar de construcción, reduciendo la necesidad de maquinaria pesada y la carga estructural sobre los cimientos.
- Aislamiento acústico: Además de su excelente aislamiento térmico, los ladrillos de poliestireno también tienen propiedades de aislamiento acústico. Ayudan a reducir la transmisión de ruido entre espacios, lo que los hace ideales en aplicaciones donde se requiere un ambiente tranquilo, como en la construcción de paredes divisorias entre unidades residenciales o en estructuras comerciales.
- Facilidad de instalación: Debido a su peso ligero y facilidad para cortar y dar forma, los ladrillos de poliestireno son fáciles de instalar. Esto acelera el proceso de construcción y puede reducir los costos laborales.
- Resistencia a insectos y hongos: El poliestireno expandido es resistente a la infestación de insectos y al crecimiento de hongos y moho. Esto contribuye a la longevidad de las estructuras construidas con estos ladrillos, ya que no son propensas a daños causados por plagas o condiciones ambientales adversas.
- Versatilidad de diseño: Los ladrillos de poliestireno se pueden encontrar en una variedad de tamaños y formas. Esto permite a los arquitectos y diseñadores experimentar con diseños creativos y formas personalizadas en sus proyectos de construcción.
- Sostenibilidad: El poliestireno expandido es reciclable y se puede fabricar con materiales reciclados. Además, su naturaleza ligera reduce el consumo de energía

durante el transporte y la construcción, lo que lo convierte en una opción más sostenible en comparación con algunos materiales más pesados.

- **Resistencia a la corrosión:** Los ladrillos de poliestireno son resistentes a la corrosión, lo que los hace adecuados para aplicaciones en ambientes marinos o en lugares donde la exposición a la humedad y los productos químicos pueda ser un problema.
- **Eficiencia energética:** Debido a su capacidad de proporcionar un excelente aislamiento térmico, los ladrillos de poliestireno contribuyen a la eficiencia energética de los edificios, reduciendo la necesidad de sistemas de calefacción y refrigeración intensivos en energía.

Para Ccoscco y De la Cruz (2020) las propiedades físicas de la unidad de albañilería, son las características que describen un objeto o sustancia, estas propiedades suelen presentarse de manera objetiva y se percibe a través de la observación o a través de pruebas o ensayos que permiten establecer las variables de dichas propiedades, estas propiedades físicas son:

- **Variación dimensional**

En cuanto a la dimensión relacionada con el espesor de las juntas horizontales en la construcción de muros de mampostería, Huamaní y Solís (2020) destacan su relevancia como propiedad física que afecta el comportamiento estructural del muro. Un mayor alabeo, es decir, deformación curvilínea, puede requerir juntas de mortero de mayor tamaño en proporción al impacto.

- **Alabeo**

La absorción, según Huamaní y Solís (2020), se refiere a una medida de la impermeabilidad de la mampostería y no debe exceder el 22%. Cuando la absorción supera este límite, la mampostería se considera porosa y presenta una baja resistencia a los agentes atmosféricos. Esta característica es fundamental para la durabilidad de la mampostería en condiciones climáticas extremas, a menos que las paredes estén protegidas con recubrimientos especiales.

- **Costo de producción**

De acuerdo a Peña (2019) los costos de producción representan los recursos económicos que se incurren en el proceso productivo de bienes o servicios, estos pueden ser fijos y variables, fijos cuando constituyen gastos que deben pagarse,

independientemente a su nivel de operación o número de unidades producidas; mientras que costos variables son aquellos que se incurren de acuerdo al volumen o las unidades producidas, es decir a mayor producción mayor costo produzca o no produzca el bien invertidos.

## ANEXO 02. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno	Secado a 14 días	Dureza
		Porosidad
		Densidad
		Rugosidad superficial
	Secado a 28 días	Dureza
		Porosidad
		Densidad
		Rugosidad superficial
Propiedades mecánicas y físicas de unidades de albañilería	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión
		Resistencia a la compresión axial en pilas
		Resistencia a la compresión diagonal en muretes
	Propiedades físicas	Variación dimensional
		Alabeo
		Absorción
Producción	Costo	

Fuente: Elaboración propia

### EVALUACIÓN DE EXPERTOS

#### TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

"Ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno en sus propiedades mecánicas en edificaciones, Lima 2021"

#### Magister/ Licenciado(a) Experto(a):

Ingeniero Hugo Isaac Meléndez Sanchez.

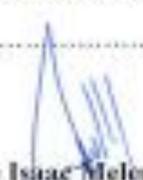
Se presenta a usted el instrumento de recolección de datos del Proyecto de Investigación para su revisión y sugerencias:

CRITERIOS	OBSERVACIONES
1. ¿El instrumento de recolección de datos está orientado al problema de investigación?	Si
2. ¿En el instrumento de recolección de datos se aprecia las variables de la investigación?	Si
3. ¿Los instrumentos de la recolección de datos facilitarán el logro de los objetivos de investigación?	Si
4. ¿Los instrumentos de recolección de datos se relacionan con las variables de estudio?	Si
5. ¿El instrumento de recolección de datos presenta la cantidad de ítems apropiados?	Si
6. ¿La redacción del instrumento de recolección de datos es coherente?	Si
7. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos facilitará el análisis y procesamiento de los datos?	Si
8. ¿Del instrumento de recolección de datos, usted eliminaría algún ítem?	NO
9. ¿En el instrumento de recolección de datos, usted agregaría algún ítem?	NO
10. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos será accesible a la población sujetos de estudio?	Si
11. ¿El instrumento de recolección de datos es clara, sencilla y precisa para la investigación?	Si

#### SUGERENCIAS

Ninguna.

Atentamente,

  
 Ing. Hugo Isaac Meléndez Sanchez,  
 CIP. 70015

### EVALUACIÓN DE EXPERTOS

#### TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

"Ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno en sus propiedades mecánicas en edificaciones, Lima 2022"

#### Magister/ Licenciado(a) Experto(a):

Maestro en Project Management, Clever Fustamante Fuentes.

Se presenta a usted el instrumento de recolección de datos del Proyecto de Investigación para su revisión y sugerencias:

CRITERIOS	OBSERVACIONES
1. ¿El instrumento de recolección de datos está orientado al problema de investigación?	Si
2. ¿En el instrumento de recolección de datos se aprecia las variables de la investigación?	Si
3. ¿Los instrumentos de la recolección de datos facilitarían el logro de los objetivos de investigación?	Si
4. ¿Los instrumentos de recolección de datos se relacionan con las variables de estudio?	Si
5. ¿El instrumento de recolección de datos presenta la cantidad de ítems apropiados?	Si
6. ¿La redacción del instrumento de recolección de datos es coherente?	Si
7. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos facilitará el análisis y procesamiento de los datos?	Si
8. ¿Del instrumento de recolección de datos, usted eliminaría algún ítem?	NO
9. ¿En el instrumento de recolección de datos, usted agregaría algún ítem?	NO
10. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos será accesible a la población sujetos de estudio?	Si
11. ¿El instrumento de recolección de datos es clara, sencilla y precisa para la investigación?	Si

#### SUGERENCIAS

.....

.....

.....

Acentamiento:



Ing. Clever Fustamante Fuentes.  
 CIP. 127261

### EVALUACIÓN DE EXPERTOS

**TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

"Ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno en sus propiedades mecánicas en edificaciones, Lima 2022"

**Magister/ Licenciado(a) Experto(a):**

*ING. DANTE L. CASTRO ARBALLO*

Se presenta a usted el instrumento de recolección de datos del Proyecto de Investigación para su revisión y sugerencias:

CRITERIOS	OBSERVACIONES
1. ¿El instrumento de recolección de datos está orientado al problema de investigación?	SI
2. ¿En el instrumento de recolección de datos se aprecia las variables de la investigación?	SI
3. ¿Los instrumentos de la recolección de datos facilitarán el logro de los objetivos de investigación?	SI
4. ¿Los instrumentos de recolección de datos se relacionan con las variables de estudio?	SI
5. ¿El instrumento de recolección de datos presenta la cantidad de ítems apropiados?	SI
6. ¿La redacción del instrumento de recolección de datos es coherente?	SI
7. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos facilitará el análisis y procesamiento de los datos?	SI
8. ¿Del instrumento de recolección de datos, usted eliminaría algún ítem?	SI
9. ¿En el instrumento de recolección de datos, usted agregaría algún ítem?	SI
10. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos será accesible a la población sujetos de estudio?	SI
11. ¿El instrumento de recolección de datos es clara, sencilla y precisa para la investigación?	SI

**SUGERENCIAS**

.....  
 .....  
 .....

Atentamente   
 .....  
**ING. DANTE L. CASTRO ARBALLO**  
 CIF 79622  
 INGENIERO CIVIL

## EVALUACIÓN DE EXPERTOS

### TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

"Ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno en sus propiedades mecánicas en edificaciones, Lima 2022"

### Magister/ Licenciado(a) Experto(a):

Maestro en Dirección de la Construcción, German Andres Lopez Velasquez.

Se presenta a usted el instrumento de recolección de datos del Proyecto de Investigación para su revisión y sugerencias:

CRITERIOS	OBSERVACIONES
1. ¿El instrumento de recolección de datos está orientado al problema de investigación?	Si
2. ¿En el instrumento de recolección de datos se aprecia las variables de la investigación?	Si
3. ¿Los instrumentos de la recolección de datos facilitarán el logro de los objetivos de investigación?	Si
4. ¿Los instrumentos de recolección de datos se relacionan con las variables de estudio?	Si
5. ¿El instrumento de recolección de datos presenta la cantidad de ítems apropiada?	Si
6. ¿La redacción del instrumento de recolección de datos es coherente?	Si
7. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos facilitará el análisis y procesamiento de los datos?	Si
8. ¿Del instrumento de recolección de datos, usted eliminaría algún ítem?	NO
9. ¿En el instrumento de recolección de datos, usted agregaría algún ítem?	Es suficiente
10. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos será accesible a la población sujetos de estudio?	Si
11. ¿El instrumento de recolección de datos es clara, sencilla y precisa para la investigación?	Si

### SUGERENCIAS

.....

.....

.....

Atentamente,



Ing. German Andres Lopez Velásquez.  
CIP. 1653358

### ANEXO 03.- MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	“LADRILLO ECOLÓGICO A BASE DE 0.2%, 0.5% Y 0.7% DE POLIESTIRENO EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EDIFICACIONES LIMA 2021”				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES		
			VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>General: ¿ Cuál es la influencia de la adición de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno al ladrillo de arcilla, en sus propiedades mecánicas y físicas, para ser utilizados en edificaciones, Lima 2021 ?</p> <p>Específicos ¿ Cuál es la influencia de la adición de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno al ladrillo de arcilla en la resistencia a la compresión por unidad, axial de pilas y diagonal de muretes, para ser utilizados en edificaciones, Lima 2021 ?</p> <p>¿ Cuál es la influencia de la adición de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno al ladrillo de arcilla en la variación dimensional, para ser utilizados en edificaciones, Lima 2021 ?</p> <p>¿ Cuál es la influencia de la adición de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno al ladrillo de arcilla en la propiedad de alabeo, para ser utilizados en edificaciones, Lima 2021 ?</p> <p>-¿ Cuál es la influencia de la adición de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno al ladrillo de arcilla en la propiedad de absorción, para ser utilizados en edificaciones, Lima 2021 ?</p> <p>-¿ Cuáles son los costos para elaboración de ladrillos ecológicos a base de 0.2% y 0.5% de poliestireno reciclado y arcilla en Lima 2021 ?</p>	<p><b>General:</b> Demostrar que la adición de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno al ladrillo de arcilla, influye en sus propiedades mecánicas y físicas para ser utilizados en las edificaciones Lima 2021.</p> <p><b>Específicos:</b> - Determinar si la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla influye en la resistencia a la compresión para edificaciones en Lima 2021. - Determinar si la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, influye en la variación dimensional para edificaciones en Lima 2021. - Determinar si la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla influye en la propiedad de alabeo para edificaciones en Lima 2021. - Determinar si la elaboración del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla influye en la propiedad de absorción para edificaciones en Lima 2021. - Demostrar que los costos del ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno reciclado y arcilla son adecuados para edificaciones en Lima 2021.</p>	<p><b>General</b> La elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2 %, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla, si influye en las propiedades mecánicas y físicas para ser utilizados en las edificaciones en Lima 2021.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b> - La elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla si influye en la resistencia a la compresión, para ser utilizado en edificaciones en Lima 2021. - La elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla si influye en la variación dimensional para ser utilizado en edificaciones en Lima 2021. - La elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla si influye en la propiedad de alabeo para ser utilizado en edificaciones en Lima 2021. - La elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla si influye en la propiedad de absorción para ser utilizado en edificaciones en Lima 2021. - Los costos de elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2%, 0.5% y 0.7% de poliestireno y arcilla son adecuados para ser utilizados en edificaciones en Lima 2021</p>	<p><b>Variable 1</b> - Elaboración de ladrillo ecológico a base de 0.2% y 0.5% de poliestireno</p> <p><b>Variable 2</b> - Propiedades mecánicas y físicas de unidades de albañilería</p>	<p>- Secado a 14 días</p> <p>- Secado a 28 días</p> <p>- Propiedades mecánicas</p> <p>- Propiedades físicas</p> <p>- Costos de producción</p>	<p>- Dureza. - Porosidad - Densidad - Rugosidad superficial</p> <p>- Dureza. - Porosidad - Densidad - Rugosidad superficial</p> <p>- Resistencia a la compresión. - Resistencia a la compresión axial en pilas. - Resistencia a la compresión diagonal en muretes.</p> <p>- variación dimensional - Alabeo - Absorción</p> <p>- Costo.</p>

## ANEXO 04.- INFORME DE ENSAYO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



---

### INFORME

<b>Dati</b>	: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
<b>A</b>	: PIERO GIULIANO BERTINETTI BELLIDO
<b>Otra</b>	: TESIS - LADRILLO ECOLÓGICO A BASE DE 0.2%, 0.5% DE POLIESTIRENO EN SUS PROPIEDADES MECÁNICAS EN EDIFICACIONES LIMA
<b>Ubicación</b>	: ZONA CARABAYLLO
<b>Asunto</b>	: Ensayo de resistencia al Corte en muretes de Albañilería
<b>Expediente N°</b>	: 22-2701
<b>Recibo N°</b>	: 79254
<b>Fecha de emisión</b>	: 16/12/2022

---

**1.0. DE LA MUESTRA** : Muretes elaborados con ladrillos proporcionados e identificados por el solicitante.

Los muretes fueron elaborados con un mortero proporción en volumen: 1 : 4 con espesor promedio de junta de 1.5 cm.

Materiales para el mortero, proporcionado por el solicitante:

**2.0. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura ambiente = 23.9 °C H.R. = 65.9 %

**3.0. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo universal, TOKYOOKO SEIZOSHO  
Certificado de Calibración: CMC-054-2022

Se utilizó las escuadras de acero de acuerdo a la NTP 399.621.

**4.0. MÉTODO DE ENSAYO** : Normas de referencia NTP 399.621 y R.N.E. E-080.  
Procedimiento interno AT-PH-08.

**5.0. RESULTADOS** : Fecha de elaboración el 23 de Noviembre del 2022.

MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES DEL MURETE (cm)			ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )
		LARGO (L)	ANCHO (N)	ESPESOR (E)			
PATRON 0%, clasificado con arena, arena limosa	16/12/2022	59.0	68.8	11.0	652.8	2080	3.2
PATRON 0.20% de Tejopor y arena limosa	16/12/2022	60.4	60.8	11.0	665.5	2065	2.6
PATRON 0.50% de Tejopor y arena limosa	16/12/2022	66.4	62.2	11.1	680.4	1550	1.6

Resistencia compresión promedio del mortero = 130 (kg/cm<sup>2</sup>)

**6.0. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por Técnico : Mag. Ing. C. Villegas M.  
Sr. R.V.M.A.S.C.



Ing. Cesar Miranda Hospital  
Jefe (a) del laboratorio

**NOTAS:**  
1) Está prohibido reproducir o modificar el contenido de este informe, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

---



**UNI-LEM**  
*La Calidad es nuestra compromiso*  
*Laboratorio Certificado ISO 9001*

Ax. Tupac Amaru N° 219, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381 - 3343  
(511) 461-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uniledu.pe  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



## ANEXO 05

### PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN SPSS 25 PARA PRUEBA DE NORMALIDAD

Para la prueba de normalidad, opción analizar, estadísticos descriptivos y explorar.



Figura 66: Prueba de normalidad para resistencia a compresión del ladrillo con 0.2% de Poliestireno en SPSS 25.

Se escoge la variable que se va evaluar que este caso fue la resistencia del ladrillo con 0.2% de Poliestireno, luego se va a la opción gráficos y se activa el check en gráficos de normalidad y luego aceptar

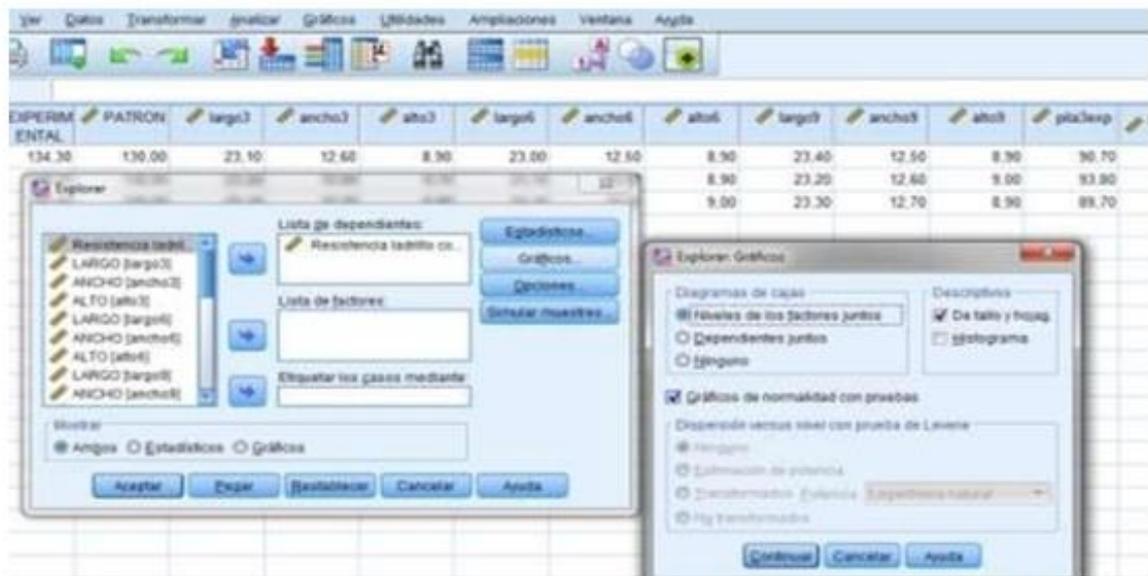


Figura 67: Prueba de normalidad para resistencia a compresión del ladrillo con 3% de PET en SPSS 25

Se muestra la prueba de normalidad para la resistencia a compresión del ladrillo con 3% de PET.

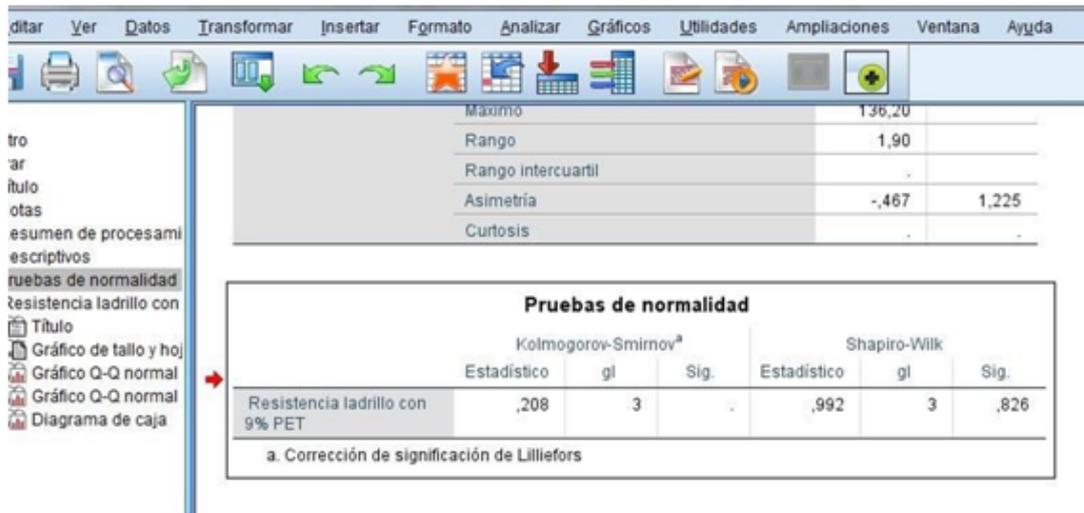


Figura 68: Prueba de normalidad para resistencia a compresión del ladrillo con 0.2% PET en SPSS 25.

**Prueba de normalidad**

**Kolmogorov-Smirnov:** Muestras grandes (>30 muestras)

**Chapiro Wilk:** Muestras pequeñas (<30 muestras) **Criterio**

**para determinar normalidad**

P-valor  $\geq \alpha$ , Acepta  $H_0$ =Los datos provienen de una distribución normal

P-valor  $\geq \alpha$ , Acepta  $H_1$ = Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 121: Prueba t para resistencia a compresión del ladrillo con 0.2% PET

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia ladrillo con 3% PET	,208	3	.	,992	3	,826

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

En la tabla como la muestra analizada es 3 y es menor a 30 se va a utilizar la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, en donde el p-valor es 0.826 y es mayor a  $(\alpha) 0.05$ . Se concluye que los resultados de resistencia del ladrillo con 0.2% de PET provienen de una distribución normal.

## ANEXO 6. ANÁLISIS DE AGREGADOS PARA ELABORACIÓN DE LADRILLOS

### MATERIAL ARCILLA

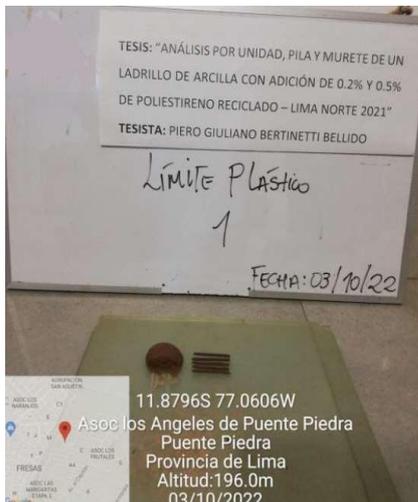
#### Granulometría



#### Límites de líquido



#### Cuarteo



#### Límites de plástico



**MATERIAL LIMO**

**Granulometría**



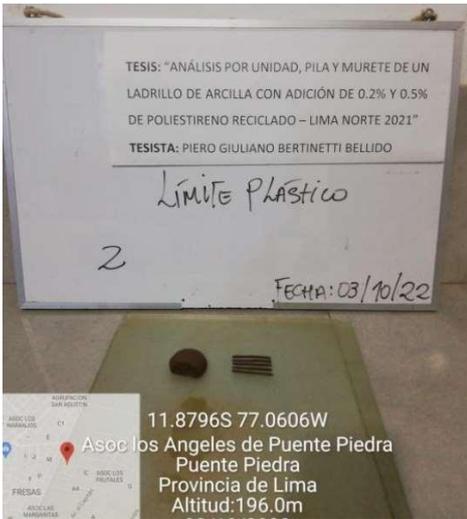
**Límites de líquido**



**Cuarteo**



**Límites de plástico**



## Diseño, comprobación y elaboración de ladrillos

### COMPROBACION DEL DISEÑO DE MEZCLA PATRON, 0.2% Y 0.5% DE POLIESTIRENO



**PESAJE DE AGREGADOS**

*Dosificación de Arcilla (30%)*



*Dosificación de Limo (70%)*



*Dosificación de Poliestireno al  
0.2%*



*Dosificación de Poliestireno al  
0.5%*



## MOLDEO DE LADRILLOS PATRON

*Mezclado de agregados*



*Moldeo de mezcla*



*Ladrillos desmoldados*



**MOLDEO DE LADRILLOS CON  
ADICION DE 0.2% DE POLIESTIRENO**

*Mezclado de agregados*



*Moldeo de mezcla*



*Ladrillos desmoldados*



**MOLDEO DE LADRILLOS CON  
ADICION DE 0.5% DE POLIESTIRENO**

*Mezclado de agregados*



*Moldeo de mezcla*



*Ladrillos desmoldados*



## Ensayos resistentes enladrillos

### COMPRESION UNIAXIAL DE LADRILLO PATRON

*Compresión de ladrillos patrón*







