



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE LADRILLO A BASE DE PET Y
Jarava ichu PARA CONSTRUCCIONES TERMOAISLANTE EN
ASENTAMIENTOS HUMANOS DE LIMA”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

Danyely Anyery Condori Santivañez (0000-0001-8264-4528)

John Walter Navarrete Huachallanqui (0000-0003-0518-4550)

Asesor:

Percy Andrés Irribarren Ibañez (0000-0001-8833-5224)

Lima – Perú

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 23 de septiembre del 2022.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Ing. Alexander Emanuel Diaz Sotil
Miembro: Mg. Ing. Luis Fermin Holguin Aranda
Miembro: Mg. Ing. Ronald Lozano Cari

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE LADRILLO A BASE DE PET Y Jarava ichu PARA CONSTRUCCIONES TERMOAISLANTES EN ASENTAMIENTOS HUMANOS DE LIMA"

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **John Walter Navarrete Huachallanqui**
- **Danyely Anyery Condori Santivañez**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Ing. Percy Andrés Irribarren Ibañez

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime () por mayoría simple () calificar a:

Tesis: John Walter Navarrete Huachallanqui & Danyely Anyery Condori Santivañez			Nota (en letras): (DIECISIETE)17
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Ing. Alexander Emanuel Diaz Sotil
Presidente



Mg. Ing. Luis Fermin Holguin Aranda
Miembro 1



Mg. Ing. Ronald Lozano Cari
Miembro 2



Ing. Percy Andrés Irribarren Ibañez
Asesor

DEDICATORIA

A nuestros padres Cesar Condori y Beltran Navarrete a nuestras madres Marisol Santivañez y Caitana Huachallanqui que nos apoyaron e incentivaron incondicionalmente. A Dios por permitirnos haber llegado a este momento tan importante de nuestra formación profesional. A todos ellos les dedicamos este logro, han cultivado en nosotros el deseo de superación constante y de triunfo en la vida. Esperamos contar siempre con su apoyo y amor incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirnos continuar con nuestra meta, por tener a nuestras familias sanas y por tener buenas experiencias en la universidad, gracias a nuestros y nuestras hermanas por apoyarnos en cada decisión y proyecto, a nuestros padres quienes han creído en nosotros dándonos el ejemplo de superación, humildad y sacrificio, a nosotros por tener la convicción de luchar por nuestros objetivos a pesar de las dificultades y a la vida por mostrarnos lo valioso que es el tiempo y lo justa que puede llegar a ser. A las personas especiales que se cruzaron en este largo camino que dejaron grandes lecciones, a nuestros maestros de la universidad, en especial a nuestro asesor Percy Iribarren quien contribuyó en nuestra formación profesional. Por último, pero no menos importante a nuestros amigos fieles Ziko, Tuto y Legolas que se amanecieron con nosotros, que con tan solo una mirada nos componían y por el amor incondicional que nos brindan.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO.....	2
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE ANEXOS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes internacionales	18
2.2. Antecedentes nacionales	20
2.3. Bases teóricas.....	22
2.3.1. Plástico Polietileno tereftalato.....	22
2.3.2. El plástico PET y sus propiedades.....	23
2.3.3. Moldeos comunes del plástico	24
2.3.4. Reciclaje de plástico	25
2.3.5. Pasos de reciclado del plástico PET	26
2.3.6. Aprovechamiento del PET	28
2.3.7. Ladrillo PET	28
2.3.8. Ladrillos comunes de concreto	29
2.3.9. Propiedades del ladrillo de concreto	31
2.3.10. Dosificación de insumos para diseñar un ladrillo de concreto	33
2.3.11. Ladrillos de concreto y sus aplicaciones.....	34
2.3.12. <i>Jarava Ichu</i>	34
2.3.13. Viviendas comunes de los asentamientos humanos	35
III. OBJETIVOS	36
3.1. Objetivos generales	36

3.2. Objetivos específicos	36
IV. METODOLOGÍA	37
4.1. Tipo y diseño de investigación	37
4.2. Supuesto y variables operacionales.....	37
4.2.1. Supuesto.....	37
4.2.2. Variables operacionales.....	38
4.3. Caracterización del área de estudio.....	38
4.4. Diseño de investigación	39
4.4.1. Caracterización de insumos.....	39
4.4.2. Trituración.....	45
4.4.3. Elaboración de molde	46
4.4.4. Dosificación y mezcla	47
4.4.5. Moldeo, secado y curado.....	52
4.4.6. Pruebas de ladrillos según norma E.070	55
4.4.7. Elaboración de ladrillo para la construcción del prototipo de habitación.	59
4.4.8. Construcción del prototipo de vivienda	61
4.5. Recopilación de datos.....	65
4.6. Análisis de datos	67
V. RESULTADOS.....	68
5.1. Peso de las muestras de ladrillos después del curado	68
5.2. Compresión de los ladrillos.	69
5.2.1. Comparación de medias mediante Tukey de las Compresiones.	72
5.3. Temperaturas internas	73
5.3.1. Comparación de temperaturas internas día 1.....	73
5.3.2. Comparación de temperaturas internas día 2.....	74
5.3.3. Comparación de temperaturas internas día 3.....	75
5.3.4. Comparación de temperaturas internas día 4.....	76

5.3.5. Comparación de temperaturas internas día 5.....	77
5.3.6. Promedio de temperaturas internas de las habitaciones.	78
5.4. Humedad relativa de las habitaciones.	79
5.4.1. Comparación de humedad relativa día 1.	79
5.4.2. Comparación de humedad relativa día 2.	80
5.4.3. Comparación de humedad relativa día 3.	81
5.4.4. Comparación de humedad relativa día 4.	82
5.4.5. Comparación de humedad relativa día 5.	83
5.4.6. Promedio de humedad relativa de las habitaciones.....	84
VI. DISCUSIÓN	85
6.1. Peso de las muestras de ladrillo.	85
6.2. Resistencia a la compresión de los ladrillos.....	86
6.3. Temperaturas internas de las habitaciones.	88
6.4. Humedad relativa de las habitaciones.	90
VII. CONCLUSIONES	93
VIII. RECOMENDACIONES	94
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
X. ABREVIATURAS	108
XI. ANEXOS	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del asentamiento humano El Lejano Oeste.	39
Figura 2. Ubicación de la planta trituradora de plásticos.	40
Figura 3. Ubicación del centro poblado de Mirmaca.....	40
Figura 4. Ubicación del terreno en la localidad de Mirmaca.....	41
Figura 5. Recolección de ichu en la localidad de Mirmaca.....	42
Figura 6. Cantera de arena fina de Villa el Salvador.	43
Figura 7. Cemento portland tipo I.....	44
Figura 8. Almacenamiento del polvillo de PET.	45
Figura 9. Reducción del tamaño del ichu.	45
Figura 10. Diseño del molde de madera.....	46
Figura 11. Elaboración del molde de madera	47
Figura 12. Ubicación de la empresa IMEX 2000 S.A.	47
Figura 13. Medición de volúmenes de la muestra PET - 35%	49
Figura 14. Medición de volúmenes de la muestra PET - 40%	49
Figura 15. Medición de volúmenes de la muestra PET - 45%	50
Figura 16. Medición de volúmenes de la muestra PET - 50%	50
Figura 17. Medición de volúmenes de la muestra PET - 55%	51
Figura 18. Medición de volúmenes de la muestra PET - 60%	51
Figura 19. Mezcla de insumos.....	52
Figura 20. Compactación manual del mortero.....	53
Figura 21. Secado de ladrillos por 24 horas.....	53
Figura 22. Curado de ladrillo por un periodo de 7 días.	54
Figura 23. Secado del ladrillo a temperatura ambiente durante 20 días.....	55

Figura 24. Prueba física de la Muestra - peso PET 35%.....	55
Figura 25. Prueba física de la Muestra - peso PET 40%.....	56
Figura 26. Prueba física de la Muestra - peso PET 45%.....	56
Figura 27. Prueba física de la Muestra - peso PET 50%.....	57
Figura 28. Prueba física de la Muestra - peso PET 55%.....	57
Figura 29. Prueba física de la Muestra - peso PET 60%.....	58
Figura 30. Proporciones de insumos en balde transparente de 20 litros.....	60
Figura 31. Elaboración de ladrillos y curado en cilindros.....	60
Figura 32. Diseño del prototipo de vivienda.....	62
Figura 33. Cimentación y colocación de puntos de la vivienda.....	62
Figura 34. Entrecruzado de ladrillos y trabajo a nivel con plomada.....	63
Figura 35. Techado del prototipo de vivienda.....	64
Figura 36. Ubicación de los termohigrómetros en las 6 habitaciones.....	65
Figura 37. Habitaciones comunes en los asentamientos humanos con cobertura de madera y techos de calamina plástica construidas de manera precaria.....	66
Figura 38. Tendencia de temperatura y porcentaje de humedad en el mes de junio 2019.....	67
Figura 39. Gráfico del promedio de los pesos de ladrillos.....	68
Figura 40. Gráfico del promedio de resistencia a la compresión de ladrillos. ...	71
Figura 41. Gráfico de temperatura vs tiempo de las habitaciones en el día 1. .	73
Figura 42. Gráfico de temperatura vs tiempo de las habitaciones en el día 2. .	74
Figura 43. Gráfico de temperatura vs tiempo de las habitaciones en el día 3. .	75
Figura 44. Gráfico de temperatura vs tiempo de las habitaciones en el día 4. .	76
Figura 45. Gráfico de temperatura vs tiempo de las habitaciones en el día 5. .	77

Figura 46. Gráfico del promedio de temperatura vs tiempo de las habitaciones.
..... 78

Figura 47. Gráfico de humedad relativa de las habitaciones en el día 1..... 79

Figura 48. Gráfico de humedad relativa de las habitaciones en el día 2..... 80

Figura 49. Gráfico de la humedad relativa de las habitaciones en el día 3. 81

Figura 50. Gráfico de humedad relativa de las habitaciones en el día 4..... 82

Figura 51. Gráfico de humedad relativa de las habitaciones en el día 5..... 83

Figura 52. Gráfico del promedio de humedad relativa vs tiempo de las habitaciones..... 84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de ladrillos de concreto según NTP 399.601 2006.	30
Tabla 2. Requisito físico de resistencia a la compresión.	30
Tabla 3. Requisito físico de resistencia a la absorción.....	31
Tabla 4. Variable dependiente e independiente de la investigación.	38
Tabla 5. Coordenadas del terreno en el centro poblado de Mirmaca.	41
Tabla 6. Tipos de cementos según Norma Técnica Peruana 334.009:2016.....	43
Tabla 7. Muestras y sus respectivas proporciones de insumos (en mL).....	49
Tabla 8. Porcentajes en Volumen (Litros) de la muestra PET-35%.....	59
Tabla 9. Peso seco de los ladrillos.	68
Tabla 10. Prueba mecánica - Resistencia a la compresión de PET 35%.....	69
Tabla 11. Prueba mecánica - Resistencia a la compresión de PET 40%.	69
Tabla 12. Prueba mecánica - Resistencia a la compresión de PET 45%.	69
Tabla 13. Prueba mecánica - Resistencia a la compresión de PET 50%.	70
Tabla 14. Prueba mecánica - Resistencia a la compresión de PET 55%.	70
Tabla 15. Prueba mecánica - Resistencia a la compresión de PET 60%.	70
Tabla 16. Promedio de la prueba mecánica (resistencia a la compresión) de las seis muestras.	71
Tabla 17. Análisis estadístico de la resistencia a la compresión de los ladrillos.	72
Tabla 18. Temperaturas internas de las habitaciones en el día 1.....	73
Tabla 19. Temperaturas internas de las habitaciones en el día 2.....	74
Tabla 20. Temperaturas internas de las habitaciones en el día 3.....	75
Tabla 21. Temperaturas internas de las habitaciones en el día 4.....	76
Tabla 22. Temperaturas internas de las habitaciones en el día 5.....	77

Tabla 23. Promedio de temperaturas internas de las habitaciones.	78
Tabla 24. Humedad relativa de las habitaciones en el día 1.....	79
Tabla 25. Humedad relativa de las habitaciones en el día 2.....	80
Tabla 26. Humedad relativa de las habitaciones en el día 3.....	81
Tabla 27. Humedad relativa de las habitaciones en el día 4.....	82
Tabla 28. Humedad relativa de las habitaciones en el día 5.....	83
Tabla 29. Promedio de humedad relativa de las habitaciones.	84

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Solicitud de donación de Jarava Ichu a la dueña de predio en el centro poblado de Mirmaca, Pausa, Paucar de la Sara Sara Ayacucho.....	109
Anexo 2. Informe del resultado de la prueba mecánica resistencia a la compresión de M1 - PET 35%.....	110
Anexo 3. Informe del resultado de la prueba mecánica resistencia a la compresión de M2 - PET 40%.....	111
Anexo 4. Informe del resultado de la prueba mecánica resistencia a la compresión de M3 - PET 45%.....	112
Anexo 5. Informe del resultado de la prueba mecánica resistencia a la compresión de M4 - PET 50%.....	113
Anexo 6. Informe del resultado de la prueba mecánica resistencia a la compresión de M5 - PET 55%.....	114
Anexo 7. Informe del resultado de la prueba mecánica resistencia a la compresión de M6 - PET 60%.....	115
Anexo 8. Panel fotográfico del procedimiento de la elaboración de 575 ladrillos.	116
Anexo 9. Panel fotográfico del procedimiento de construcción de la habitación.	117
Anexo 10. Manual de operación y ficha técnica del termohigrómetro H15.....	118
Anexo 11. Análisis de temperaturas mediante SPSS, test de Dunnet.	119
Anexo 12. Análisis de humedad relativa mediante SPSS, test de Dunnet.	120
Anexo 13. Ficha técnica de ladrillo King Kong de concreto tipo 10 y tipo 14. .	121

RESUMEN

En la presente tesis se evaluó la propiedad física (peso) y mecánica (resistencia a la compresión) de los ladrillos a base de tereftalato polietileno (PET) e ichu mezclados con cemento y arena fina. Las muestras fueron en proporción de 35% PET - 60% arena - 5% ichu, 40% PET - 60% arena, 45% PET - 50% arena - 5% ichu, 50% PET - 50% arena, 55% PET - 40% arena - 5% ichu y 60% PET - 40% arena. Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión de la muestra PET 35% tuvo una diferencia significativa con las demás muestras y en comparación con la norma técnica peruana se asemejó al ladrillo de concreto tipo 17. Se elaboraron 575 ladrillos de la muestra PET 35% que sirvieron para construir el prototipo de vivienda donde se evaluaron las temperaturas internas y humedad relativa durante cinco días consecutivos y se compararon con los resultados obtenidos en habitaciones comunes del asentamiento humano: dormitorio 1 (HC1), cocina (HC2), dormitorio 2 (HC3), sala de estudio (HC4) y comedor (HC5). El promedio de las temperaturas en el prototipo fue mayor a 2 °C en comparación con las habitaciones comunes. El porcentaje de humedad en HC3 y HC4 tuvo diferencia significativa con los valores obtenidos en el prototipo construido, por el contrario, no hubo diferencia significativa con HC1, HC2 y HC5, pero se mantuvo por debajo de los valores. El ladrillo de concreto a base de PET e ichu permiten mantener la temperatura interna por un periodo prolongado, estos ladrillos pueden usarse como una solución alternativa en trabajos de albañilería sin someterse a grandes cargas o funciones estructurales.

Palabras clave: Resistencia a la compresión, Prototipo, PET, Construcción, Ichu.

ABSTRACT

In this thesis, the physical (weight) and mechanical (compressive strength) properties of bricks based on polyethylene terephthalate (PET) and ichu mixed with cement and fine sand were evaluated. The samples were in proportion of 35% PET - 60% sand - 5% ichu, 40% PET - 60% sand, 45% PET - 50% sand - 5% ichu, 50% PET - 50% sand, 55% PET - 40% sand - 5% ichu and 60% PET - 40% sand. The results showed that the compressive strength of the 35% PET sample had a significant difference with the other samples and compared to the Peruvian technical standard, it was similar to type 17 concrete brick. 575 bricks of the 35% PET sample were made. that served to build the housing prototype where the internal temperatures and relative humidity were evaluated for five consecutive days and compared with the results obtained in common rooms of the human settlement: bedroom 1 (HC1), kitchen (HC2), bedroom 2 (HC3), study room (HC4) and dining room (HC5). Average temperatures in the prototype were greater than 2°C compared to common rooms. The percentage of humidity in HC3 and HC4 had a significant difference with the values obtained in the built prototype, on the contrary, there was no significant difference with HC1, HC2 and HC5, but it remained below the values. The concrete brick based on PET and ichu allow to maintain the internal temperature for a prolonged period, these bricks can be used as an alternative solution in masonry works without being subjected to large loads or structural functions.

Keywords: Compressive strength, Water absorption, PET, Construction, Ichu.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad se han observado modificaciones negativas en la superficie terrestre ya sea por medios naturales o antrópicos. Los cambios antrópicos son básicamente por los seres humanos que han venido generando desechos por su consumo diario de plásticos, estos han ido incrementando en los vertederos ya que se ha visto una generación anual global de ciento cincuenta millones de toneladas (Rahimi & García, 2017). La producción en grandes cantidades de plásticos se dio en los años 50's, solo pasaron pocos años para que la presencia de estos materiales plásticos permanezcas afectando el habitat en la superficie terrestre y marina, así como en los lagos y ríos. El plástico es útil para almacenar productos, es por ello que, el sector de empaquetado lo requiere, además de sus buenas características (económico, de larga vida, se moldea fácil y no pesa demasiado) (Jambeck, Geyer, Wilcox, Siegler, Perryman, Andrady, & Law, 2015). Hoy en día las empresas comercializadoras de productos requieren mejorar sus diseños de empaquetadura para facilitar su transporte, el plástico es una excelente opción para ellos porque además pueden hacer detalles que permitan atracción visual. No obstante, estos empaques al ser de plástico se desechan porque no pueden utilizarlos de otra forma (Brooks, Wang, & Jambeck, 2018).

Flores (2020) menciona que en Lima Metropolitana y el Callao se generan 886 toneladas de residuos plásticos al día, que corresponden al 46 % del total de residuos a nivel nacional. En promedio se usan alrededor de 30 kilogramos de plástico por ciudadano y se emplean unos 3000 millones de bolsas plásticas, a casi 6000 bolsas por cada minuto. Los restos de las bolsas y otros productos plásticos se transforman en microplásticos, que se acumulan en las playas del litoral costero. (p. 2)

Por lo que, se espera un aporte de las autoridades con el fin de mitigar el uso incorrecto y excesivo de los plásticos, asimismo ampliar la conciencia ambiental hacia la población. Este aporte debe ser estratégico para llegar a la mayor cantidad de personas. Caso contrario continuará la acumulación de desechos plásticos en el ambiente terrestre y marino (Geyer, Jambeck, & Law, 2017). Si bien es cierto “en el Perú, existe la ley N° 30884, que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables, aprobado el 19 de diciembre del 2018” (Borda, Lahura, & Iannacone, 2021, p.122) la difusión de las condiciones establecidas en la normativa hacia la población en general no está siendo aplicada continuamente.

Hay tres destinos diferentes para los residuos plásticos. En primer lugar, puede ser reciclado o reprocesado en un material secundario, lo que permite reducir la generación de residuos plásticos siempre en cuando se utilice como remplazo al insumo principal del nuevo producto (Geyer, Jambeck, & Law, 2017). En segundo lugar, los plásticos pueden ser destruidos mediante pirolisis que permite extraer combustible de los desechos plásticos, o mediante la incineración, que puede o no, recuperar su energía. Finalmente, los plásticos pueden ser desechados en rellenos sanitarios, o se dejan sin aislamiento en diferentes puntos de acumulación (Barnes, Galgani, Thompson, & Barlaz, 2009).

Se han observado varias opciones para mitigar estos desechos en el ambiente, una de estas opciones está enfocada en utilizar el plástico que no se usa para elaborar ladrillos de concreto en base PET y Jarava Ichu conforme a las normas técnica peruanas, esta alternativa, además de darle un nuevo uso a los desechos plásticos también puede contribuir en el cerramiento de las viviendas por sus ventajas térmicas (Saikia & De Brito, 2014). La elaboración del ladrillo en base a

PET se considera como la alternativa más óptima porque está presente la preocupación por reducir el impacto ambiental, presentar alternativas de ingreso económico diferente a la sociedad permitiendo así ser parte del desarrollo sostenible (Lahtela, Hyvärinen, & Kärki, 2019). Los ladrillos que se fabrican con PET poseen diferentes ventajas en la construcción de viviendas desde la utilización del agua que es mínima a diferencia de los ladrillos comunes de arcilla hasta las propiedades térmicas que posee (Martínez & Cote, 2014). La propiedad termoaislante del ladrillo se debe a su insumo PET, este retrasa la transferencia de calor, a diferencia de otros productos el confort térmico en el interior de las viviendas es mejor. La vivienda debe brindar un espacio de protección para las personas y tener las condiciones adecuadas para reducir los riesgos (Santa, 2008) y los impactos de las intensas olas de frío que viene golpeando a la población de diferentes asentamientos pertenecientes al distrito. Estos impactos generalmente se dan porque las viviendas de los asentamientos poseen deficiente cerramiento por la construcción precaria donde utilizan materiales baratos por la escasez de economía y la falta de apoyo de las autoridades, el calor se pierde con facilidad, así como el ingreso del aire frío se incrementa (Flores, 2014). Asimismo, los techos no son los adecuados porque utilizan calaminas con alta capacidad de transferencia de calor así como las paredes que al utilizar madera en la mayoría de veces no están correctamente alienadas y quedan aberturas que facilitan movimiento de masas de aire frío en el interior de las casas (Moncloa, 2017). También, los pisos de tierra permiten que la humedad sea frecuente dentro de la vivienda (Ramos et al., 2013). Por lo que, en las últimas dos décadas no se ha considerado la evaluación de la calidad térmica que a largo plazo conlleva a elevar la tasa de morbilidad en diferentes asentamientos (Mercado, Esteves, & Filippín, 2010).

Los asentamientos humanos de Lima, al estar ubicados en la zona climática E(d)B árido con deficiencia de humedad, se caracterizan por tener una temperatura mínima que oscila entre 11 °C a 13 °C en época de invierno y con una humedad que alcanzan picos de 93 %, datos recopilados de la estación Von Humboldt (Senamhi, 2020), lo que genera enfermedades respiratorias en la población como neumonía, bronquitis, asma, entre otros. Además, los residuos sólidos son desechados en la intemperie (avenidas, parques, calles y otros) generando puntos críticos de acumulación con un reducido aprovechamiento formal, según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014) se estimó que en los 20 botaderos más críticos de Perú se generaron más de 3200 toneladas de residuos sólidos de forma diaria lo que implica tener una mayor carga y volumen, afectando la salud de las personas aledañas y la contaminación visual que es percibida por la población (Gutiérrez, 2018). Por lo tanto, en el presente estudio se pretende diseñar y elaborar ladrillos termoaislantes con base en PET y *Jarava ichu* para construir una vivienda en un asentamiento humano para mejorar la calidad de vida de las personas que son vulnerables a las bajas temperaturas y elevados porcentajes de humedad.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes internacionales

Castellanos, Fernández y Avellaneda (2020) realizaron una investigación cuyo objetivo estuvo orientado a realizar una comparación de los ladrillos PET contra los ladrillos tradicionales. Para esta investigación se utilizó la recolección de datos de diferentes fuentes bibliográficas (artículos, páginas web, ensayos) aplicando el diseño documental descriptivo. Concluyeron que, las grietas o poros de los adoquines se pueden disminuir aún más siempre que el tamaño del PET varíe, en este caso disminuya; en consecuencia, el PET se puede utilizar como insumo no refinado para la elaboración de bloques porque no se impacta su composición y posteriormente su exhibición. El módulo de grieta más notable fue de 4,3 Mpa, que se logró con las pruebas realizadas en los bloques con la expansión del 20% de PET reutilizado. El nivel más amplio de PET en la mezcla que cumple con todas las particularidades es el 25%, ya que sigue la caracterización en cuanto a la retención de agua y la rigidez a la flexión, lo que aborda una eminente disminución de la arena necesaria para su creación. Descifrando los gráficos, el ejemplo estándar fue el que adquirió la resistencia a la flexión más elevada, en contraste con los ejemplos con diversos índices de expansión de las fibras.

Maure, Candanedo, Madrid, Bolobosky y Marín (2018) en su investigación tuvieron como objetivo comprobar que los ladrillos convencionales tengan diferencias de resistencia mecánica con los ladrillos a base de polímeros de PET. Mediante un diseño experimental la investigación se dividió en dos fases. En la primera, utilizaron 720 gramos PET y 240 gramos de virutas a 70 °C en el interior de la olla. Segunda, 800 gramos de plástico y 100 gramos de virutas metálicas,

1000 gramos de plástico y 125 gramos de viruta, 800 gramos de plástico y 200 gramos de viruta. Concluyeron que fue posible construir un sistema para el ensamblaje de bloques de PET con virutas metálicas, así como demostrar que la composición de este material presenta un comportamiento adecuado en caso de ser expuesto a cargas de presión. De este modo, los objetivos propuestos en un primer momento quedan algo satisfechos y dejan un punto de referencia para la ampliación del concentrado mediante la realización de un número más notable de pruebas.

Martínez y Cote (2014) en su investigación diseñaron y fabricaron ladrillos reutilizando materiales a Base de PET y cemento. Se trata de una investigación experimental cuantitativa donde se recolectó información a partir de ensayos realizados en el laboratorio de la Universidad de Santander según la normativa técnica de Colombia (NTC-673). El tipo de diseño usado fue de laboratorio. Las muestras fueron de nueve composiciones con cinco repeticiones. El instrumento utilizado fue una máquina de tracción PCE-MTS500. Las conclusiones principales fueron que poseen excelentes propiedades mecánicas, no es difícil de hacer y puede rivalizar con el bloque que se utiliza actualmente como parte de construcciones; Además, se puede hacer un uso superior de los residuos creados por este tipo de compartimentos machacándolos y recordándolos para otra interacción de creación, lo que mitiga un poco el efecto ecológico; se pretende un ciclo de ensamblaje para producir bloques a base de PET, que considera desde la forma más común de recoger la sustancia sin refinar hasta el artículo terminado; Las piezas de PET acaban siendo un material con propiedades necesarias en la regiones de desarrollo.

2.2. Antecedentes nacionales

Echeverría (2017) en su investigación determinaron las propiedades mecánicas y físicas del ladrillo elaborado con PET reciclado y cemento. Se trata de una investigación cuantitativa. Se utilizaron las hojuelas de PET en diferentes porcentajes. El diseño usado fue experimental. Se realizaron cinco muestras con diferentes dosificaciones en volumen (0%, 3%, 6% y 9%). Los instrumentos que se utilizaron para la obtención de los datos fueron de laboratorio siguiendo las normas técnicas peruanas NTP 399.605 y 399.62. Las conclusiones principales fueron que las fachadas de bloques sustanciales vibrados para las tasas 3, 6 y 9 por ciento dieron una resistencia al cizallamiento de $V'm = 1,2582$ mpa, $V'm = 1,2915$ mpa y $V'm = 0.9767$ mpa, con la reducción más extrema que llegó a más de 39%, en cuanto a la mezcla estándar, es decir, cero PET, $V'm = 1,6151$ mpa, lo que cumple con las estimaciones de referencia y superando las estimaciones de disposición fundacional especificadas en la norma E.070:2006; el mortero tenía una proporción de peso seco de 1:4,01/23 lt/saco y una resistencia a la compresión de 178,80 kg/cm², al igual que la resistencia de los bloques, lo que daba un comportamiento perfectamente sólido a la mano de obra. El mortero se delegó en el mortero P2; los tres tipos de bloques sustanciales - PET (3%, 6%, 9% PET), tal como indican sus propiedades, se denominan bloques de clase III y el bloque estándar (0% PET) se delega en el bloque de clase IV.

Febres y Vargas (2021) en su proyecto analizaron la viabilidad técnica, económica y social para instalar una planta para producir ladrillos a base de PET en Lima. El tipo de diseño usado fue cualitativo. La muestra utilizada fue el ladrillo ecológico a base de material reciclado PET y una población en el rango de edad entre 25 a 55 años. Los instrumentos que se aplicaron son de recolección de

información mediante páginas web, análisis de las importaciones y exportaciones. Concluyeron que, al investigar el interés por el emprendimiento, se evaluó un interés esperado de 19,517 ladrillos para el año 2020. Existe una tasa de respaldo del 90% dentro del mercado objetivo. Esta tasa fabricará sus viviendas con bloques ambientales. Mientras que el 85% de los vendedores de equipos comprarían el artículo disponible para ser adquirido. En la actualidad existe una pésima administración de los residuos en el país, lo que genera un innegable grado de desechos en el ambiente y no son reutilizados. Esto podría invertirse reutilizando dichos residuos como sustancia no refinada. Esta consideración aportaría ventajas económicas, pero también sociales y ecológicas. El ideal no está realmente fijado en piedra para ser la ciudad de Lima, explícitamente en la región de Cajamarquilla en la región de San Juan de Lurigancho. El tamaño de la planta es de aproximadamente 24.692 metros cuadrados, que se apoya en el interés por el último año de la tarea, teniendo en cuenta la accesibilidad de las sustancias naturales y la innovación.

Cambell (2021) en su investigación se plantearon analizar la influencia de los Eco ladrillos de PET en el mejoramiento de viviendas. Se trata de una investigación de enfoque cualitativa tipo básica. El tipo de diseño usado fue no experimental-descriptivo. La muestra fue tomada a 25 familias del sector Kumamoto en el distrito El Porvenir. El instrumento que se utilizó fue la estadística SPSS versión 25 y la encuesta realizada para obtener información. Las conclusiones principales fueron que el ladrillo de PET como elemento principal para construir una vivienda es de bajo costo, asimismo no requiere aditivos de precios elevados para su unión en la construcción, siendo más livianos y resistente al sismo. Asimismo, se concluyó que para el desarrollo de

casas en regiones remotas o débiles, los materiales que no son difíciles de introducir son ventajosos para los individuos que no tienen una economía estable; la protección cálida es una parte importante para entrelazar a los individuos y el espacio donde se encuentran; los materiales utilizados en el desarrollo de una casa según el entorno de la ciudad, se suman a la ayuda gubernamental de los individuos; las casas que son autoconstruidas no tienen ninguna gestión experta y por lo tanto se vuelven más indefensas contra los temblores o algún otro tipo de ocasiones; Los elementos de los bloques de plástico reutilizados son comparativos con el clima o el espacio que tiene la casa; la pesadez de los eco-bloques es más ligera que la de los bloques de tierra y adobe terminados; las casas no tienen la suficiente amplitud desde el nivel del piso terminado hasta la azotea, impidiendo que el espacio tenga una ventilación normal satisfactoria; cada casa no tiene los espacios fundamentales para la cantidad de individuos que componen cada familia.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Plástico Polietileno tereftalato.

Es una sustancia fabricada con un diseño macromolecular debido a su enorme número de átomos de hidrocarburos, alcoholes y otras mezclas naturales. Se autorizó como polímero para fibras en 1941 y comenzó a utilizarse en 1955 para el desarrollo de soportes de fluidos y es completamente reciclable, lo que le da una mayor estima. El PET se obtiene a partir de petróleo no refinado, gas y aire. Se compone de un 64 por ciento de petróleo, un 23 por ciento de fluidos subordinados al petróleo gaseoso y un 13 por ciento de aire. Además, se caracteriza por su increíble suavidad y protección mecánica frente a la presión, por su alto nivel de rectitud y esplendor, por salvaguardar el sabor y la fragancia

de los alimentos, por ser un límite contra los gases, por ser 100% reciclable y por la posibilidad de crear soportes reutilizables, lo que le ha llevado a desbancar a otros materiales. El PET es el material plástico con el que se fabrican los compartimentos para los refrescos y el agua mineral, entre otros. Los envases son prescindibles, por lo que su objetivo suele ser el contenedor de basura y, asimismo, los vertederos (Echeverría, 2017).

2.3.2. El plástico PET y sus propiedades

En general, tal como han concluido Alesmar, Rendón y Korody (2008) los plásticos se caracterizan por su alto grado de obstrucción en cuanto a su grosor, protección contra el calor, protección eléctrica, protección contra ácidos, sales y disolventes, entre otros. En particular, el tereftalato de polietileno (PET) tiene las cualidades pertinentes que se acompañan:

- Comportamiento aceptable bajo presión duradera
- Resistencia elevada ante el desgaste
- Gran coeficiente de deslizamiento
- Gran obstrucción de compuestos
- Grandes propiedades de calidez

Con esta información, se tiende a esperar que el PET tenga propiedades apropiadas para ser utilizado como material electivo en mezclas sustanciales.

2.3.3. Moldeos comunes del plástico

a. Moldeo de elevada presión.

Este método utiliza máquinas accionadas por agua que aplican altas presiones adecuadas para dar forma a las piezas. Presión que permite realizar recortes de las piezas (Molina, Vizcaíno, & Ramírez, 2007).

- Presión. En la aplicación de la compresión se usa el plástico en polvo que es calentado y compactado con la acción de dos piezas de un molde por la fuerza de una prensa accionada por agua.

- Infusión. Para la inyección es necesario el uso del agua fría porque al calentar el plástico granulado se va inyectando un taladro a alta presión que da forma al plástico. Es necesario someterlo al agua fría para que se mantenga en una condición (forma y diseño) permanente.

- Expulsión. El plástico es extruido y se desplaza mediante un sistema de tornillo dentro de una cámara que se cierra en un pico, entregando como material final una porción de longitud infinita.

b. Moldeo de reducida presión.

Este tipo de moldeo requiere de la aplicación del calor juntamente con la presión, generalmente se dan forma a las láminas de plástico.

- Proyección. Se basa principalmente en verter plástico como material líquido constante en una forma o diseño que se desee obtener. El fluido que es vertido debe endurecer con el tiempo.

- Espumado. La espuma se debe introducir en forma de aire o gas para formar espacios de aire que duren en la masa de plástico.

- Calandrado. Se requiere la aplicación de la presión para pasar el plástico mediante rodillos de tal manera que se produzcan laminas con diferentes grosores, desde pequeños hasta grandes.

2.3.4. Reciclaje de plástico

Los métodos potenciales de reutilización de los plásticos son de diversa índole, desde la reutilización directa, la incineración con o sin recuperación de energía, hasta su transformación en artículos con un valor agregado que pueden ser utilizados en los hogares, ambientes, parques o cualquier lugar que permita su aplicación. El valor agregado de estos productos es a nivel ambiental ya que reducen en cierto porcentaje la contaminación del ambiente. La elección del sistema de reutilización depende de su estructura, la promulgación ecológica, el coste de los materiales vírgenes y los procedimientos de reutilización (Ramírez, 2011).

a. Tipos de reciclaje

Tal como ha concluido Ramírez (2011) los tres tipos de reciclaje más importantes son:

- Reciclaje de sustancias. Se caracteriza por la descomposición de los residuos de plástico en porciones utilizables para su manipulación adicional en monómeros o diferentes compuestos sintéticos, lo que como resultado debe dar nuevos artículos.

- Reciclaje mecánico. Este ciclo es más económico que la reutilización de sustancias, y se centra en el surtido y la partición de compartimentos de plástico, la destrucción, el lavado y la expulsión del material polimérico. Con este ciclo se obtienen piezas que, mediante la actividad de calor son utilizadas para obtener nuevos productos. Del mismo modo, estos materiales poliméricos se utilizan como insumos finos que al combinarse con cemento son utilizados en la construcción y ahorran material.

- Sometimiento a calor. Toda vez que no se pueda lograr el aprovechamiento adecuado de los plásticos la opción última es la energética. Es decir que los materiales se someten a altas temperaturas con todas las condiciones controladas para de esta manera obtener energía que puede ser utilizada.

2.3.5. Pasos de reciclado del plástico PET

Para Argueta (2006), el proceso de reciclado de plástico debe iniciar con el Acopio (paso 1), Compactado (paso 2), Molido (paso 3), Separación (paso 4), Limpieza (paso 5) y Secado (paso 6):

- a. Paso 1. El material de PET para la reutilización procede de proyectos de clasificación, que contribuyen a la limpieza de las carreteras y a la reducción de la cantidad de residuos que van a parar a los botaderos. La meta es que el consumidor debe tener listos sus desechos sólidos en sus hogares y trasladarlos al centro de acopio más cercano. Es importante y necesario la participación de las autoridades para mejorar la recolección, así como el compromiso de los habitantes consumidores de un lugar.
- b. Paso 2. Es necesario la compactación del material reciclado para reducir su volumen y obtener condiciones seguras para su transporte. Se han

determinado que los cubos ideales en compactación de los plásticos tienen dimensiones 153x130x85 cm con una capacidad de carga de 200 a 600 kg. Una vez compactados los paquetes o bloques deben estar abiertos y picados exteriormente con un correcto rotulo y etiquetado, indicando las dimensiones exactas y el peso de estas para que faciliten la continuación del proceso de reciclado.

- c. Paso 3. La trituración o el picado se completa para trabajar con la partición de los distintos tipos de polímeros del material, como resultado se puede obtener diferentes tamaños de material desde media pulgada hasta polvillo de PET, dependiendo a las características de la trituradora que se utiliza.
- d. Paso 4. La partición o separación permite la liberación del PET de otros materiales (vidrio, papel o metales). Es necesario la separación para no tener inconvenientes con la mezcla de materiales, para esta etapa se requiere aplicar cuatro métodos diferentes. Primero, la separación en un nivel macro se destapa el bloque y se separa manualmente. Segundo, la separación en un nivel micro, se tiene en cuenta las propiedades físicas de los materiales como es la densidad, peso y tamaño. Tercero, separación a nivel molecular, en este punto se requiere la disolución de los materiales PET sometidos a temperaturas. Por último, una de las alternativas también es la flotación donde se usa una faja transportadora y por diferencias de densidad el PET cae a la base y es separada.
- e. Paso 5. El PET triturado normalmente está contaminado con aceites, grasas, comidas, piedras, incluso con pegamentos. Por este motivo deben ser lavados mediante hidrociclones para acreditar la correcta limpieza.

Las hojuelas se mantendrán en la superficie y las sustancias extrañas caerán al fondo por la diferencia de densidades.

- f. Paso 6. La última etapa está vinculada con la eliminación de la humedad, para ello se requiere la aplicación de secadores de aire. Una vez finalizada esta etapa quedan listas para ser utilizados por las industrias y a provecharlos como materia prima.

2.3.6. Aprovechamiento del PET

El PET puede ser aprovechado desde el punto de vista económico volviéndolo a lavar a fondo y su posterior fundición, descomposición química a sus componentes iniciales de tal manera de formar nuevas resinas. Los resultados del aprovechamiento del PET son muy buenos ya que se pueden obtener botellas, frascos, alfombras, ropa, cuerdas, partes de máquinas y materiales para construcción. Además, El PET se utiliza para elaborar cuerpos sintéticos, primero se funde el plástico, posterior filtrado y extrusión hasta que se observe un material poliéster liso, con alta resistencia y mínima capacidad de absorción. Adicionalmente, la construcción se ve influenciada positivamente por el PET ya que se aprovechan en forma de fibra para mejorar sus condiciones asfaltos y concreto como insumos (Botero, Muñoz, Ossa & Romo, 2014).

2.3.7. Ladrillo PET

Según Akinyele, Igba & Adigun (2020) es un bloque más inofensivo para el ecosistema que otros bloques habituales disponibles a la luz del hecho de que su sustancia vitalmente natural se compone de residuos de plástico reutilizados. Asimismo, la elaboración de bloques de tierra de fuerte terminación, típicamente utilizados en la fabricación de ladrillos, a partir de la extracción de la capa

superficial de tierra madura (humus) y su consiguiente terminación en enormes hornos al aire libre, produce la desertización del suelo, la contaminación ambiental (por el humo creado) y la tala de árboles para adquirir la leña vital para la actividad del horno. Según la perspectiva especializada, los ladrillos de PET también sobresalen en cuanto a la delicadeza y la protección contra el calor.

2.3.8. Ladrillos comunes de concreto

El ladrillo de concreto es un elemento utilizado en la construcción que permite la elaboración de muros, carreteras, fachadas y demás elementos relacionados a la mampostería. Según Fiala, Mikolas, & Krejsova (2019) el ladrillo de concreto es un elemento constructivo que ha sufrido diferentes procesos en sus dimensiones, esto se denota en la historia hasta el siglo XXI. Su forma no ha variado demasiado a comparación de la moda que hay una resistencia a esta. Por el contrario, los cursos en la construcción han tenido periodos diferentes donde los usos han sido variables. Hoy en día, los diferentes métodos de reciclaje influyen en su aprovechamiento ya que viene relacionado con la protección del ambiente, el ladrillo de plástico PET con las dimensiones comunes formarán un papel importante que irá incrementando. Las formas y funcionalidades de los ladrillos se verán marcadas por las tendencias modernas donde su aplicación podrá lograr la reconstrucción de centros históricos.

La norma técnica peruana (NTP) 399.601 2006 define al ladrillo de concreto como unidad de albañilería elaborada a base de agregados, agua y cemento portland con la facilidad de transportarlos con la mano por poseer dimensiones modulares.

a. Clasificación de ladrillos de concreto según NTP 399.601 2006

Según la normativa peruana existen cuatro tipos de ladrillos con diferentes características:

Tabla 1. Clasificación de ladrillos de concreto según NTP 399.601 2006.

Clasificación de ladrillos de concreto				
Tipo	Resistencia a la compresión	Resistencia a la penetración de la humedad	Resistencia a la acción del frío	Uso
24	Alta	Alta	Alta	Muros exteriores sin revestimiento
17	Moderada	Moderada	Moderada	General
14	Moderada	N/A	N/A	General
10	Moderada	N/A	N/A	General

b. Requisitos físicos mínimos de ladrillos de concreto según NTP 399.601 2006.

Tabla 2. Requisito físico de resistencia a la compresión.

Resistencia mínima a la compresión (Mpa)		
Tipo	Promedio 3 unidades	Unidad individual

24	24	21
17	17	14
14	14	10
10	10	8

Tabla 3. Requisito físico de resistencia a la absorción.

Absorción máxima de agua (%)	
Tipo	Promedio 3 unidades
24	8
17	10
14	12
10	12

2.3.9. Propiedades del ladrillo de concreto

Según Arrieta y Peñaherrera (2001) las propiedades del concreto son las siguientes:

a. Minimización.

La cantidad de agua utilizada para mezclar el hormigón con el cemento normalmente es superior a la que requiere el cemento para que obtenga una hidratación ideal. Esta cantidad de agua utilizada para el amasado

debe ser, en lo posible, mínima de tal manera que al realizar el amasado no queden poros. Una vez realizado la mezcla con una cantidad mínima de agua se disipará y se requerirá otra porción para dar trabajabilidad.

b. Impermeabilidad.

Esta propiedad está en función de su capacidad de conservación. Uno de los factores que está relacionado a la impermeabilidad es la granulometría, quien tiene un rol importante. La granulometría del agregado debe ser continua y mínima para que al mezclarse con el cemento posean una mejor impermeabilidad.

c. Resistencia a la compresión.

Es la principal variable de las propiedades del cemento. La resistencia que soporta las combinaciones de sustancias mezcladas, diseñadas y elaboradas mediante las vibraciones extremas tienen mejores condiciones.

d. Resistencia al desgaste.

Esta propiedad depende directamente de la compacidad. Si después del amasamiento quedan poros considerables los ladrillos se podrían desgastar con mayor facilidad. Asimismo, si se ha tenido un correcto amasado con una mínima cantidad de agua no se tendrá problemas con las heladas porque no habrá poros y será más compactado.

2.3.10. Dosificación de insumos para diseñar un ladrillo de concreto

Según Echeverría (2017) la característica de la fabricación de unidades de albañilería (ladrillo) es que las mezclas pueden proporcionarse para obtener unidades de resistencia cambiante dentro de un tipo de unidad similar. Los ladrillos de concreto más comunes se fabrican únicamente con hormigón, portland y agua. Generalmente dependiendo de los requisitos explícitos del cliente, las mezclas pueden contener también diferentes fijaciones, como tonos y agregados diferenciados.

No existe diseño explícito proporcionado en la legislación peruana respecto a la dosificación insumos para la elaboración de ladrillos de concreto, sin embargo, en la norma técnica peruana 399.603 indica que los criterios para la elaboración del ladrillo de concreto en cuanto a las dimensiones dependen del cliente en o en su defecto de quien elaborará el ladrillo. Sin embargo, sí menciona el tipo de ladrillo dependiendo a su resultado de resistencia a la compresión y porcentaje de absorción. Asimismo, Echeverría (2017) considera que las medidas dependen básicamente de la resistencia definitiva requerida y las propiedades específicas de los agregados. La dosis ideal para los agregados es 2:5:1:4 (piedra chancada: arena: cemento: agua), por cada dos unidades de volumen de piedra chancada se agregan cinco unidades de arena, una unidad de volumen de cemento y cuatro unidades de volumen de agua. Esta proporción se determinó durante varias pruebas realizadas progresivamente en laboratorio. El tamaño más grande tendrá aspectos subestándares en comparación con el tercio del espesor de los divisores de la unidad de obra. Se debe tener como prioridad principal que las medidas mostradas sean de un tipo razonable y deben ser validadas por pruebas de instalaciones de investigación. de persona de

sentido común y deben ser autenticadas o alteradas por fuerza de trabajo particular.

2.3.11. Ladrillos de concreto y sus aplicaciones

Las aplicaciones del ladrillo de concreto están orientadas de acuerdo con sus capacidades de resistencia a la compresión. Se han observado que el ladrillo es producido a partir de insumos industriales, así como desechos de diferentes tipos. Los ladrillos de concreto pueden ser utilizados en construcciones de centros recreacionales, viviendas, supermercados, entre otros, con fines de resistencia a la compresión, resistencia al fuego, unidad de estructura y con fines estéticos. Para la construcción se requiere la cimentación con los materiales comunes hormigón, piedra chancada, arena y agua (Haylay & Tesfaye, 2021).

Según Echeverría (2017) los bloques de concreto entran en la clasificación de los impedimentos de trabajo de ladrillos están destinados exclusivamente a la mano de obra ligada y apoyada. Los bloques sustanciales se utilizan en el desarrollo de barandillas, separadores para alojamiento (exterior e interior), revestimientos, etc.

2.3.12. *Jarava Ichu*

El *Jarava Ichu* es una de las plantas silvestres que se encuentran en las zonas altoandinas del Perú. Tienen una altura de 70 cm y pueden llegar hasta los 90 cm considerando su floración, su diámetro puede llegar hasta los 100 cm. Esta planta crece de manera natural a lo largo de todo el año basta con el riego de las lluvias. En invierno generalmente el ichu es de color verde claro y en verano su color pasa a ser más dorado. Se recomienda podar en el cierre de periodo otoño con el fin de renovar la mata (Gutiérrez & Castañeda, 2014).

El ichu es conocido en las zonas altoandinas del Perú como paja brava. Tiene propiedades de aislamiento térmico y acústico, por lo que son utilizados en construcciones de viviendas. En la sierra el Perú generalmente se usa para elaborar adobes ya que ayudan en la adherencia y no se rompen en su transporte (Atahuachi & Carcausto, 2018).

2.3.13. Viviendas comunes de los asentamientos humanos

Las viviendas de los asentamientos humanos están construidas de material noble y en la mayoría de los casos de madera debido al bajo sustento económico de los habitantes. Las personas no consideran las propiedades térmicas de los materiales que utilizan para construir su hogar. Se ha evidenciado que el autoconstrucción es común en los asentamientos. De esta forma se exponen a enfermedades respiratorias en las épocas de invierno. Al acceder a los precios más baratos los principales materiales para sus muros son madera y para sus techos la calamina. No poseen diseños adecuados y en muchos casos presentan aberturas que permiten el ingreso de vientos (Prieto, 2021).

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivos generales

- Diseñar un prototipo de ladrillo a base de PET y *Jarava ichu* para evaluar sus propiedades físico-mecánicas.
- Diseñar un prototipo de vivienda a base de ladrillos PET para evaluar las propiedades termoaislantes en el asentamiento humano “El Lejano Oeste” - Ventanilla.

3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la materia prima de residuos sólidos inorgánicos (polietileno tereftalato y polietileno de baja densidad) puntos críticos del distrito de Villa María del Triunfo y *Jarava Ichu* en la provincia Paucar del Sara Sara - Ayacucho.
- Determinar la proporción de volumen de los insumos para la elaboración de ladrillos termoaislantes.
- Diseñar y elaborar el ladrillo con los insumos PET y *Jarava ichu*; y comparar sus propiedades físico-mecánicas.
- Construir un prototipo de vivienda con base en ladrillos PET y *Jarava ichu*; y comparar las características termoaislantes de una vivienda típica con el prototipo de vivienda construida.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada, debido que se realizaron trabajos en campo donde se analizaron las variaciones de peso y resistencia a la compresión en el laboratorio de la facultada de ingeniería civil de la Universidad Nacional de ingeniería. Además de comparar las temperaturas de las habitaciones en el asentamiento humano El Lejano Oeste del distrito de Ventanilla. El diseño de la investigación es experimental ya que las muestras de ladrillos fueron manipuladas (causa) de manera intencional para obtener diferentes valores (efectos) y seleccionar el óptimo. Asimismo, el enfoque es cuantitativo ya que a partir de los valores numéricos recolectados (Peso, resistencia a la compresión, Temperatura y Humedad) se hacen prueba de hipótesis mediante análisis estadístico y se hacen comparaciones. Por último, el alcance o nivel es explicativo porque al analizar las variaciones de los resultados se busca especificar sus rasgos, características o propiedades (Hernández, Fernández & Baptista, 2010).

4.2. Supuesto y variables operacionales

4.2.1. Supuesto

Las propiedades físico-mecánicas del ladrillo a base de PET y *Jarava Ichu* cumplen con los estándares establecidos en la legislación para la construcción de viviendas y estos son capaces de mantener el confort térmico en el interior de las viviendas.

4.2.2. Variables operacionales

El PET (variable independiente - X_1) se caracteriza por ser 100% reciclable y por la posibilidad de crear diferentes composiciones (manipulable), del cual se debe evaluar sus propiedades físicas y mecánicas (variable dependiente - Y_1) como son peso y resistencia a la compresión. Asimismo, las habitaciones (variable dependiente - X_2) del asentamiento se diferencian por sus cerramientos, en muchos casos no se encuentran totalmente herméticas y existen aberturas que alteran las propiedades termoaislantes (variable dependiente - Y_2) evaluadas a partir de las temperaturas internas y el porcentaje de humedad (tabla 4).

Tabla 4. Variable dependiente e independiente de la investigación.

Variable Independiente (X)	Variable Dependiente (Y)
X1: Porcentaje de PET y <i>Jarava Ichu</i> en los ladrillos	Y1: Propiedades físicas y mecánicas (Peso y resistencia a la compresión del ladrillo)
X2: Habitaciones del asentamiento (Prototipo de ladrillos PET y habitaciones de madera)	Y2: Propiedades termoaislantes (Temperatura y humedad)

4.3. Caracterización del área de estudio

El presente estudio se realizó en el asentamiento humano El Lejano Oeste, distrito de Ventanilla, provincia de Callao, departamento de Callao-Perú (figura 1), ubicada a 260 msnm, con una latitud sur de 11°52'18.74"S y latitud oeste de 77° 6'4.18"O. La temperatura referencial máxima promedio es de 21°C y la temperatura mínima es de 11 °C en invierno, alcanzando los 97.5% de humedad según la estación meteorológica de Puente Piedra (Senamhi, 2022).

Figura 1. Localización del asentamiento humano El Lejano Oeste.



4.4. Diseño de investigación

4.4.1. Caracterización de insumos

a. Polvillo de PET.

La elaboración de los ladrillos termoaislantes inicia con la recolección y clasificación de polietileno tereftalato (envases plásticos post consumo como los envases de bebidas descartables) y polietileno de baja densidad (bolsas de mercado, bolsas de pan, etc.). Inicialmente se planteó recolectar los plásticos de diferentes botaderos con la ayuda de algunos recolectores, sin embargo, por los inconvenientes de la pandemia se optó por buscar una empresa trituradora de residuos plásticos. Se compró el polvillo de PET de la empresa Inversiones Berrios ubicada en el distrito Villa María del Triunfo, cerca de la SENATI sede Villa el Salvador (figura 2).

Figura 2. Ubicación de la planta trituradora de plásticos.



b. Jarava Ichu (Ichu)

Asimismo, se recolectó la planta *Jarava ichu* (ichu) en el centro poblado de Mirmaca, distrito de Pausa, provincia de Paucar del Sara Sara, al sur del departamento de Ayacucho (figura 3).

Figura 3. Ubicación del centro poblado de Mirmaca.



Se visitó el terreno (figura 4) y se detectó la presencia del ichu como parte del alimento cotidiano de sus animales, por ello se solicitó la donación (**anexo 1**) de este a la dueña del terreno ubicado en las siguientes coordenadas (tabla 5):

Tabla 5. Coordenadas del terreno en el centro poblado de Mirmaca.

PUNTOS	LATITUD	LONGITUD
PUNTO 1	15°14'53.72"S	73°20'58.67"O
PUNTO 2	15°14'52.98"S	73°20'58.57"O
PUNTO 3	15°14'52.95"S	73°20'57.69"O
PUNTO 4	15°14'53.61"S	73°20'57.70"O

Figura 4. Ubicación del terreno en la localidad de Mirmaca.



En la recolección del ichu (figura 5) se utilizó la hoz o segadera (herramienta utilizada por los pobladores para cortar pastos que son alimentos de sus animales) para cortar con mayor facilidad. Se recolectó aproximadamente 10 gramos de *Jarava ichu* seco para realizar una unidad de ladrillo, para la elaboración de 9 repeticiones se necesitaron 90 gramos. El ichu se recolectó y se deshidrató mediante la radiación solar durante 15 días.

Figura 5. Recolección de ichu en la localidad de Mirmaca.



c. Arena.

Se consideraron los criterios de fácil acceso, transporte y distancia para optar por la arena fina. Este insumo fue adquirido en la cantera de Villa el Salvador latitud 12°13'46.60"S, longitud 76°57'40.84"O (figura 6).

Figura 6. Cantera de arena fina de Villa el Salvador.



d. Cemento.

Según la NTP 334.009, existen diferentes tipos de cementos portland (tabla 6). Para esta investigación el cemento portland se caracteriza por ser un compuesto de silicatos de calcio generados al pulverizar el Clinker. La mezcla del Clinker portland con el yeso forman el cemento Portland que es un polvo fino verdoso. La acción del cemento es con el uso del agua donde se genera una masa elástica que al pasar un tiempo se empieza a endurecer (Ahumada, 2020).

Tabla 6. Tipos de cementos según Norma Técnica Peruana 334.009:2016

TIPO CEMENTO	NOMBRE	APLICACIÓN
--------------	--------	------------

TIPO I	Normal	Este tipo de cemento es de uso general, no se requieren aditivos adicionales para protegerse de los sulfatos.
TIPO IA	Normal con inductor de aire	Es de uso general similar al Tipo I pero con aire incluido.
TIPO II	Moderada resistencia a los sulfatos	Este tipo de cemento es para uso general principalmente en zonas donde hay moderado sulfato.
TIPO IIA	Moderada resistencia a los sulfatos con inductor de aire	Es similar al cemento tipo II, pero con aire incluido.
TIPO III	Alta resistencia	Este tipo de cemento se usa cuando requieres que la resistencia sea efectiva más rápido de lo normal.
TIPO IIIA	Alta resistencia con inductor de aire	Similar al cemento tipo III, pero con inductor de aire.
TIPO IV	Bajo calor de hidratación	El uso de este cemento se da cuando exista un bajo calor de hidratación.
TIPO V	Alta resistencia a los sulfatos	Este cemento es de uso general principalmente cuando hay elevados porcentajes de sulfatos.

Se puede utilizar cualquier tipo de cemento para la elaboración del ladrillo, sin embargo, para esta investigación se utilizó cemento portland tipo I (figura 7).

Figura 7. Cemento portland tipo I.



e. Agua.

El agua utilizada en la presente investigación fue de consumo humano libre de impurezas como grasas o aceites. Asimismo, libre de sulfatos, se evitó el uso de

agua salada de mar ya que según Vélez (2010) contienen aproximadamente 0,004 de concentración de sulfato de sodio. Tampoco se usó agua procedente de las industrias porque se considera como una de las fuentes principales de sulfatos.

4.4.2. Trituración

Para la reducción del tamaño de los residuos sólidos inorgánicos (polietileno tereftalato y polietileno de baja densidad) se utilizó una trituradora de un eje para obtener un producto en forma de escama (Martínez & Cote, 2014). Para agilizar el triturado se coordinó con una planta recicladora donde procesan residuos plásticos para que nos apoyen con el triturado en el cual se mantuvo una mezcla homogénea menores a 2.5 centímetros (Maldonado, Corvalan, Cohenca, & Monteiro, 2018) y estos fueron almacenados en un costal de polipropileno (figura 8).

Figura 8. Almacenamiento del polvillo de PET.



Asimismo, se redujo el tamaño del ichu con el uso de un machete (figura 9). El tamaño reducido fue entre 5 a 10 cm.

Figura 9. Reducción del tamaño del ichu.



4.4.3. Elaboración de molde

Se diseñó un (01) molde manual (figura 10) (Martínez y Cote, 2014) con las dimensiones largo (23 cm), ancho (12.5 cm) y alto (8 cm) tomando como referencia la norma E.070 para albañilería. Luego, se elaboró el molde a base de madera (figura 11) para la posterior elaboración del ladrillo mediante la compactación manual.

Figura 10. Diseño del molde de madera.

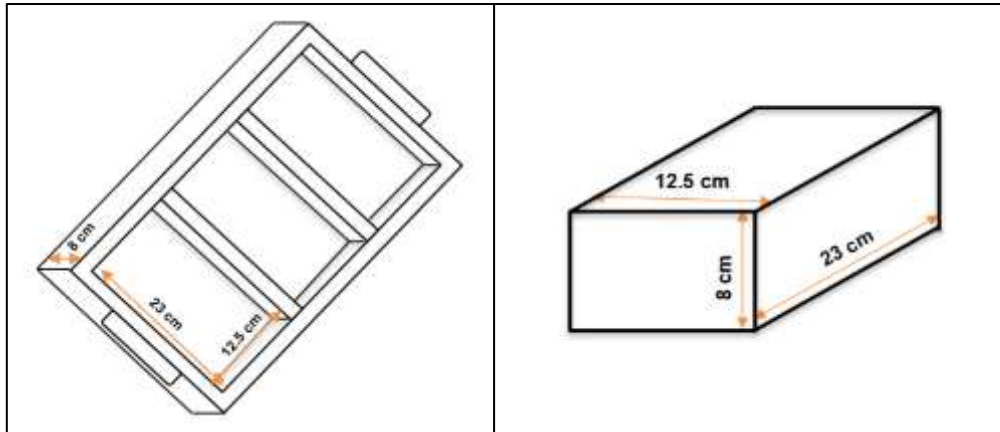
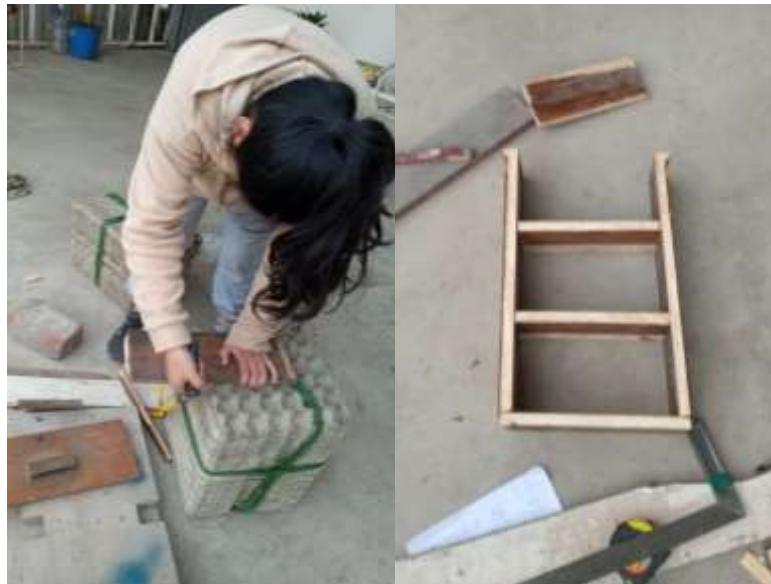


Figura 11. Elaboración del molde de madera



4.4.4. Dosificación y mezcla

La dosificación, mezclado y demás etapas en adelante fueron realizados en un espacio de 200 metros cuadrados brindados por la empresa IMEX 2000 S.A. ubicado en cooperativa las vertientes, manzana x, lote 9, Villa el Salvador (figura 12). Los ladrillos fueron elaborados con todos los cuidados correspondientes (se utilizó ropa de trabajo, casco de seguridad, guantes de badana, lentes de seguridad transparente y zapato de seguridad).

Figura 12. Ubicación de la empresa IMEX 2000 S.A.



Se procedió a elaborar un mortero partiendo de la relación en volumen de 1: 3: 1, lo que significa que, por volumen de cemento, se mezclaron tres volúmenes iguales de agregado y un volumen igual de agua (Corvalan, Maldonado, Cohenca, Monteiro, & Martinez, 2018). Esta relación se considera la óptima para una mezcla de mortero estándar.

De la relación anterior, el volumen de agregado fue dividido en los volúmenes de PET, Arena e ichu (tabla 7). Las 6 muestras se midieron mediante un beaker o vaso precipitado de 1 litro en las proporciones de 35% PET - 60% arena - 5% ichu (figura 13), 40% PET - 60% arena (figura 14), 45% PET - 50% arena - 5% ichu (figura 15), 50% PET - 50% arena (figura 16), 55% PET - 40% arena - 5% ichu (figura 17) y 60% PET - 40% arena (figura 18).

Una vez triturado el polietileno tereftalato y polietileno de baja densidad se mezcla con el *Jarava ichu*, que usualmente es utilizado en la fabricación de adobes artesanales, cemento tipo portland I, arena de río y agua (Martínez & Cote, 2014) en las siguientes proporciones:

Tabla 7. Muestras y sus respectivas proporciones de insumos (en mL).

Relación		1	3			1
Muestra	N° de repeticiones	Cemento	Arena	PET	<i>ichu</i>	Agua
PET-35%	3	920	1656	966	138	920
PET-40%	3	920	1656	1104	-	920
PET-45%	3	920	1380	1242	138	920
PET-50%	3	920	1380	1380	-	920
PET-55%	3	920	1104	1518	138	920
PET-60%	3	920	1104	1656	-	920

Figura 13. Medición de volúmenes de la muestra PET - 35%



Figura 14. Medición de volúmenes de la muestra PET - 40%



Figura 15. Medición de volúmenes de la muestra PET - 45%



Figura 16. Medición de volúmenes de la muestra PET - 50%



Figura 17. Medición de volúmenes de la muestra PET - 55%



Figura 18. Medición de volúmenes de la muestra PET - 60%



4.4.5. Moldeo, secado y curado

Posterior al mezclado (figura 19) de los insumos se llenaron en el molde y se compactaron con una varilla de madera para que no queden espacios vacíos (figura 20). Se esperó entre 30 minutos a 45 minutos para retirarlos del molde y luego trasladarlo al espacio destinado para el secado durante 24 horas a temperatura ambiente (figura 21). Una vez cumplido el día de secado se llevó a cabo el “curado” de ladrillo en una tina y baldes con agua (figura 22) por 7 días (Martínez & Cote, 2014).

Figura 19. Mezcla de insumos.



Figura 20. Compactación manual del mortero.



Figura 21. Secado de ladrillos por 24 horas.



Figura 22. Curado de ladrillo por un periodo de 7 días.



Después de los 7 días de “curado” se retiraron los ladrillos y se dejaron a temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) entre 21 días (Islam, Meherier, & Islam,

2016) a 28 días (figura 23) con la finalidad de que adapten condiciones mecánicas adecuadas (Fraternali, Spadea, & Berardi, 2014).

Figura 23. Secado del ladrillo a temperatura ambiente durante 20 días.



4.4.6. Pruebas de ladrillos según norma E.070

Se pesaron las muestras PET 35% (figura 24), PET 40% (figura 25), PET 45% (figura 26), PET 50% (figura 27), PET 55% (figura 28), PET 60% (figura 29) y se compararon los datos con los criterios establecidos en las normas para determinar cuál fue el óptimo para la construcción de viviendas.

Figura 24. Prueba física de la Muestra - Peso PET 35%.



Figura 25. Prueba física de la Muestra - Peso PET 40%.



Figura 26. Prueba física de la Muestra - Peso PET 45%.



Figura 27. Prueba física de la Muestra - Peso PET 50%.



Figura 28. Prueba física de la Muestra - Peso PET 55%.



Figura 29. Prueba física de la Muestra - Peso PET 60%.



Por otro lado, la prueba más común de los ladrillos de concreto es la resistencia a la compresión, por lo que se llevó al laboratorio N° 1 de ensayo de materiales

“Ing. Manuel Gonzales de la Cotera - UNI” donde se sometieron a las pruebas la muestra 1 (PET 35%) (Anexo 2), muestra 2 (PET 40%) (Anexo 3), muestra 3 (PET 45%) (Anexo 4), muestra 4 (PET 50%) (Anexo 5), muestra 5 (PET 55%) (Anexo 6) y muestra 6 (PET 60%) (Anexo 7) considerando lo establecido en las Normas Técnicas Peruanas 399.613 y 339.604.

Los datos obtenidos en el ensayo realizado en el laboratorio fueron evaluados estadísticamente, por lo que, se utilizó el programa SPSS con la finalidad de realizar un análisis de varianza mediante ANOVA y comparación de medias con la prueba Tukey. De esta manera se identificó al ladrillo óptimo que se asemeje a las mejores condiciones y requisitos según la NTP 399.601 2006.

4.4.7. Elaboración de ladrillo para la construcción del prototipo de habitación.

Una vez establecida la muestra óptima, se realizó el mismo procedimiento de elaboración (anexo 8) de ladrillo con las proporciones (tabla 8) correspondientes para realizar 575 unidades. Para las mediciones de las proporciones de insumos se utilizó un balde transparente de 20 litros.

Tabla 8. Porcentajes en Volumen (Litros) de la muestra PET-35%

Relación	1 balde	3 baldes			1 balde
Muestra	Cemento	Arena	PET	Ichu	Agua
PET-35%	25	45	26	4	25

Con las proporciones del cuadro anterior, un balde de 20 litros en volumen de cemento mezclados con el agregado arena (36 L), PET (21 L) e ichu (3L) y 20 litros de agua (figura 30) se elaboraron 23 ladrillos.

Figura 30. Proporciones de insumos en balde transparente de 20 litros.



De acuerdo con estas cantidades se elaboraron 575 unidades de ladrillos (figura 31) cumpliendo el tiempo de secado 24 horas posterior a la compactación. Por consiguiente, se pasó a realizar el curado por 7 días consecutivos en cilindros de polietileno de 55 galones (200 litros). Una vez cumplido el curado se colocaron los ladrillos en un ambiente libre por 21 días (Islam, Meherier, & Islam, 2016).

Figura 31. Elaboración de ladrillos y curado en cilindros.



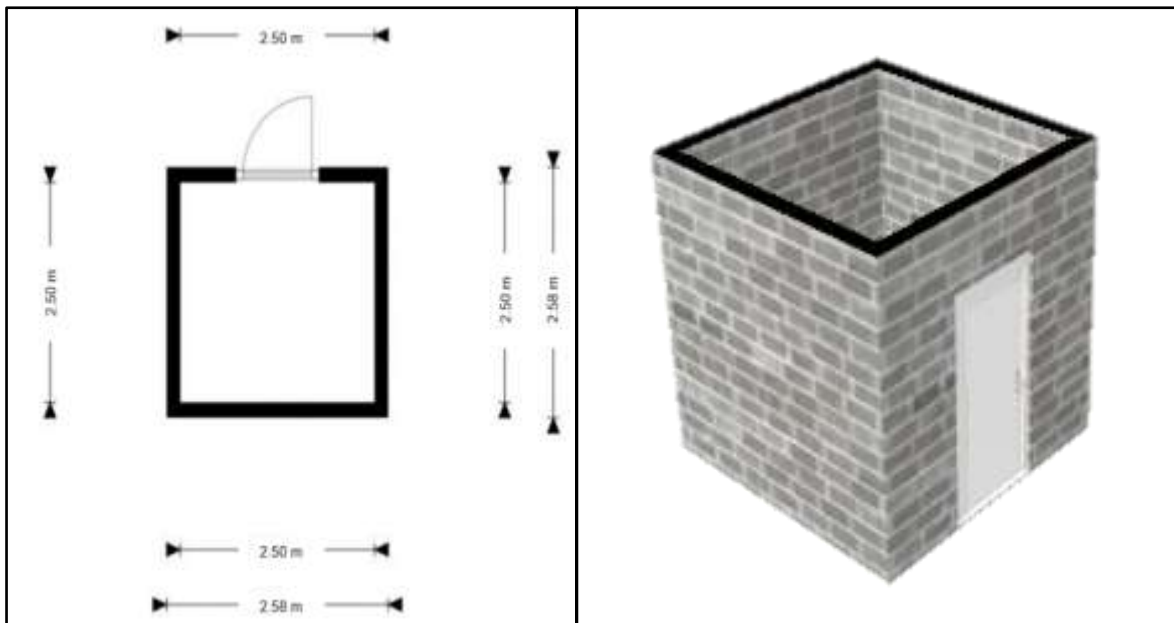
4.4.8. Construcción del prototipo de vivienda

Para la construcción del prototipo de vivienda social (anexo 9) se trasladaron los materiales desde el área de producción de ladrillo hasta el asentamiento humano “El lejano oeste” en el distrito de Ventanilla, para ello, se utilizó un camión de 6 toneladas que facilitó el traslado de los ladrillos, arena y cemento.

Se tomó en cuenta el procedimiento de construcción establecido en la norma (E.070, 2006). Para empezar con las bases (cimentación) se utilizaron una pala y un pico y se procedió con la excavación de la zanja de 50 centímetros (pudo ser más o menos centímetros, dependiendo de las características del suelo y el criterio del constructor), en este estudio solo se construyó una habitación de 2.5 metros por 2.5 metros equivalentes a 6.25 metros cuadrados lo que no implica una cimentación profunda. Se eligieron estas dimensiones porque los tamaños de las habitaciones en los asentamientos son similares, en la mayoría de veces construyen viviendas pequeñas por la escasa economía, según Azuela & Tomas

(1996) la vivienda que construyen los pobladores para iniciar con su vivencia son precarias de aproximadamente 4 metros cuadrados. Asimismo, la construcción del prototipo debe ser de bajo costo ya que el fin principal es hacer pruebas de Temperatura interna y porcentaje de humedad en el interior de la vivienda con fines de demostrar la conservación de calor en su interior (Figura 32).

Figura 32. Diseño del prototipo de vivienda.



La zanja fue rellena y compactada con piedras y cemento. Después, se empezó a levantar las paredes utilizando un plomo y cordel (figura 33), Se requirieron 575 ladrillos que fueron adheridos con mortero (combinación de cemento, arena gruesa y agua) de espesor 1.5 centímetros (Silva, 2007).

Figura 33. Cimentación y colocación de puntos de la vivienda.



La construcción de la habitación fue no estructurada, por lo que, no fue necesario utilizar columnas con fierros. Solo se entrecruzan los ladrillos en cada esquina hasta llegar a los 2 metros y 10 centímetros de altura (Figura 34).

Figura 34. Entrecruzado de ladrillos y trabajo a nivel con plomada.



Se dejó un espacio de 0.92 m de ancho con 1.95 metros de alto para colocar una puerta de madera, asimismo se dejó otro espacio para colocar la ventana de

madera con dimensiones 1.20 metros de ancho por 0.70 metros de alto debidamente cubierta para que no permita liberar el calor interior del prototipo de vivienda. Luego, se procedió con el techado donde se requirió tres maderas de 3 metros para el soporte y 3 maderas cruzadas denominadas tirantes para clavar las calaminas corrugadas opacas de polipropileno con dimensiones 3.00 metros de alto con 1.10 metros de ancho (3 unidades), se colocó ichu, arena y cemento en las esquinas superiores que tiene contacto con la calamina corrugada para evitar ingreso de masas de aire frías (figura 35).

Figura 35. Techado del prototipo de vivienda.



4.5. Recopilación de datos

Después de la construcción del prototipo de vivienda se designaron seis (06) espacios diferentes de una vivienda común del asentamiento humano “El lejano oeste” incluida la habitación construida. Se colocó un termohigrómetro H15 (anexo 10) en cada espacio: dormitorio 1 (HC1), cocina (HC2), dormitorio 2 (HC3), sala de estudio (HC4), comedor (HC5) y prototipo habitación (control) (figura 36).

Figura 36. Ubicación de los termohigrómetros en las 6 habitaciones.



Todas las habitaciones comunes seleccionadas para el presente estudio poseen paredes de madera de un espesor aproximado de 5 mm unidas entre sí con

techos de calamina plástica aplastadas con maderas y piedras construidos de manera precaria, en la mayoría de habitaciones con aberturas en los techos y paredes (figura 37).

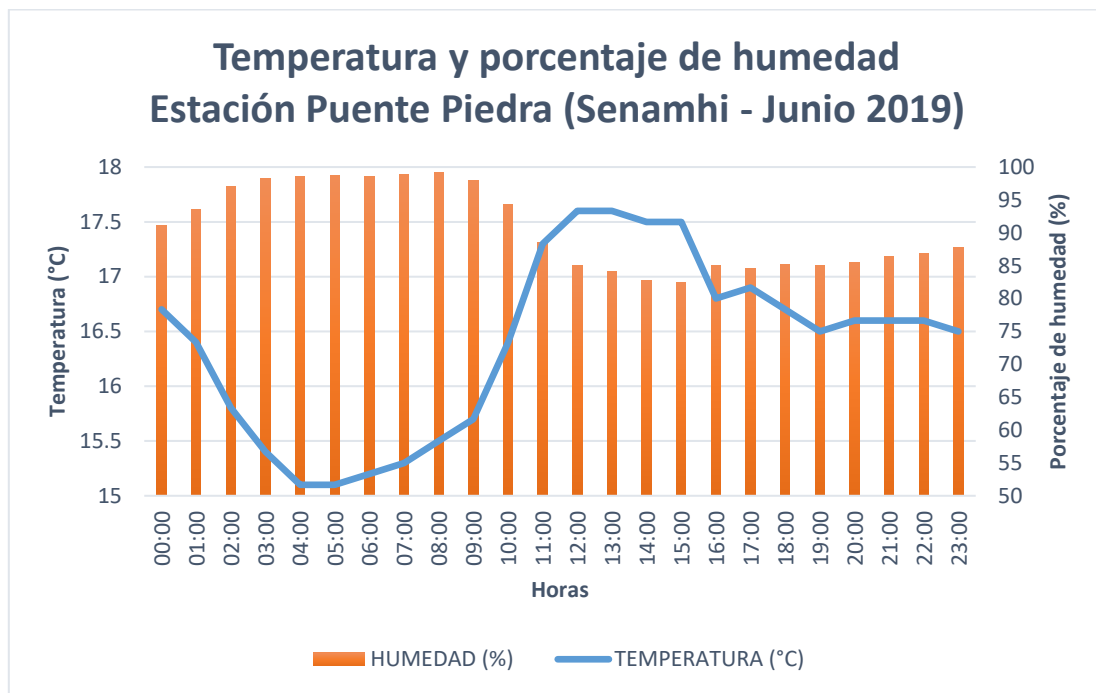
Figura 37. Habitaciones comunes en los asentamientos humanos con cobertura de madera y techos de calamina plástica construidas de manera precaria.



Se evaluaron las temperaturas internas y el porcentaje de humedad en simultaneo (Miyashiro & Orejón, 2015) desde las 4 pm hasta las 10 pm cada 30 minutos ya que en ese horario inicia la disminución de temperatura y el aumento del porcentaje de humedad que durante la mañana se han captado en las habitaciones, esto es una tendencia normal en invierno según la información recopilada de la estación meteorológica Puente Piedra en el mes de julio 2019 (figura 38) desde las 16:00 horas hasta las 22:00 horas, las medidas se

realizaron por 5 días consecutivos para tener un promedio y se hizo la comparación correspondiente entre las 6 habitaciones.

Figura 38. Tendencia de temperatura y porcentaje de humedad en el mes de junio 2019. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>



4.6. Análisis de datos

Los datos fueron comparados estadísticamente por lo que se utilizó el programa SPSS con la finalidad de realizar un análisis de varianza mediante ANOVA y comparación de medias con el test Dunnet. Para determinar la significancia o no de la muestra control (Prototipo habitación) comparadas con las muestras HC1, HC2, HC3, HC4 y HC5 y si es factible utilizar ladrillos elaborados con PET y *Jarava ichu* en la construcción de viviendas para combatir las bajas temperaturas y elevados porcentajes de humedad que sufren los pobladores del mencionado asentamiento.

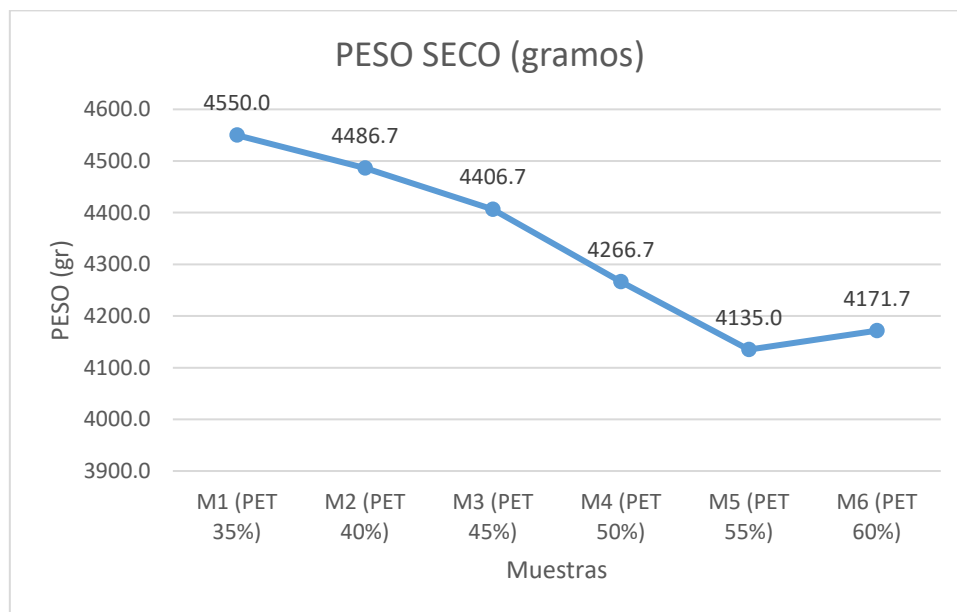
V. RESULTADOS

5.1. Peso de las muestras de ladrillos después del curado

Tabla 9. Peso seco de los ladrillos.

	M1 (PET 35%)	M2 (PET 40%)	M3 (PET 45%)	M4 (PET 50%)	M5 (PET 55%)	M6 (PET 60%)
R1	4495	4430	4285	4240	4075	4115
R2	4495	4445	4385	4220	4115	4150
R3	4660	4585	4550	4340	4215	4250
Promedio	4550.0	4486.7	4406.7	4266.7	4135.0	4171.7

Figura 39. Gráfico del promedio de los pesos de ladrillos.



5.2. Compresión de los ladrillos.

Tabla 10. Prueba mecánica - Resistencia a la compresión de PET 35%.

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M1-R1	21.5	11.7	9.6	251.6	34800	138.300
M1-R2	21.6	11.7	9.8	252.7	35000	138.500
M1-R3	21.6	12.2	9.9	263.5	36000	136.600

Tabla 11. Prueba mecánica - Resistencia a la compresión de PET 40%.

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M2-R1	22.0	11.7	9.6	275.4	27000	104.900
M2-R2	22.0	12.1	9.6	266.2	31800	119.500
M2-R3	21.8	12.5	10.0	272.5	27600	101.300

Tabla 12. Prueba mecánica - Resistencia a la compresión de PET 45%.

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M3-R1	21.8	12.3	9.3	268.1	27800	103.700
M3-R2	21.8	12.0	9.9	261.6	27600	105.500
M3-R3	21.8	12.4	9.2	270.3	30000	111.000

Tabla 13. Prueba mecánica - Resistencia a la compresión de PET 50%.

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M4-R1	21.7	11.7	10.0	253.9	29800	117.400
M4-R2	21.6	11.7	9.7	252.7	28000	110.800
M4-R3	21.7	12.2	9.7	264.7	33400	126.200

Tabla 14. Prueba mecánica - Resistencia a la compresión de PET 55%.

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M5-R1	21.5	11.6	9.8	249.4	30200	121.100
M5-R2	21.6	11.6	9.6	250.6	27600	110.100
M5-R3	21.6	12.2	9.5	263.5	26600	100.900

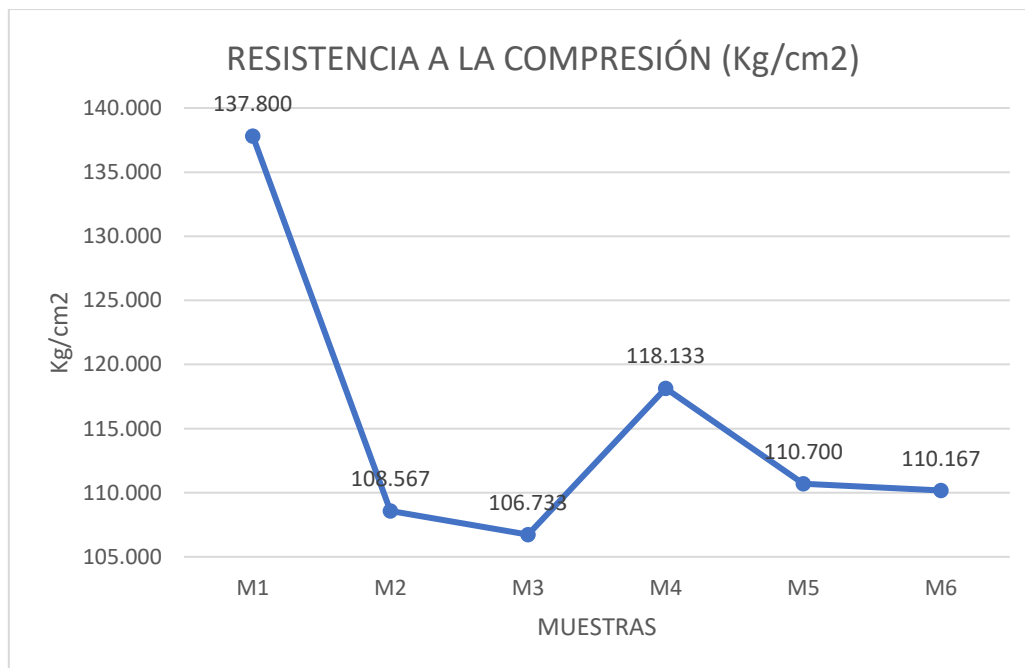
Tabla 15. Prueba mecánica - Resistencia a la compresión de PET 60%.

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M6-R1	21.7	12.1	9.6	262.6	28600	108.900
M6-R2	21.7	11.8	10.0	256.1	26200	102.300
M6-R3	21.6	11.8	9.9	254.9	30400	119.300

Tabla 16. Promedio de la prueba mecánica (resistencia a la compresión) de las seis muestras.

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M1	21.6	11.9	9.8	255.9	35266.7	137.800
M2	21.9	12.1	9.7	271.4	28800.0	108.567
M3	21.8	12.2	9.5	266.7	28466.7	106.733
M4	21.7	11.9	9.8	257.1	30400.0	118.133
M5	21.6	11.8	9.6	254.5	28133.3	110.700
M6	21.7	11.9	9.8	257.9	28400.0	110.167

Figura 40. Gráfico del promedio de resistencia a la compresión de ladrillos.



5.2.1. Comparación de medias mediante Tukey de las Compresiones.

Tabla 17. Análisis estadístico de la resistencia a la compresión de los ladrillos.

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: COMPRESIÓN						Intervalo de confianza al 95%	
(I) MUESTRA		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior	
HSD Tukey M1	M2	29,23333*	6.18127	0.005	8.4709	49.9957	
	M3	31,06667*	6.18127	0.003	10.3043	51.8291	
	M4	19,66667	6.18127	0.067	-1.0957	40.4291	
	M5	27,10000*	6.18127	0.009	6.3376	47.8624	
	M6	27,63333*	6.18127	0.008	6.8709	48.3957	
M2	M1	-29,23333*	6.18127	0.005	-49.9957	-8.4709	
	M3	1,83333	6.18127	1.000	-18.9291	22.5957	
	M4	-9,56667	6.18127	0.644	-30.3291	11.1957	
	M5	-2,13333	6.18127	0.999	-22.8957	18.6291	
	M6	-1,60000	6.18127	1.000	-22.3624	19.1624	
M3	M1	-31,06667*	6.18127	0.003	-51.8291	-10.3043	
	M2	-1,83333	6.18127	1.000	-22.5957	18.9291	
	M4	-11,40000	6.18127	0.476	-32.1624	9.3624	
	M5	-3,96667	6.18127	0.985	-24.7291	16.7957	
	M6	-3,43333	6.18127	0.992	-24.1957	17.3291	
M4	M1	-19,66667	6.18127	0.067	-40.4291	1.0957	
	M2	9,56667	6.18127	0.644	-11.1957	30.3291	
	M3	11,40000	6.18127	0.476	-9.3624	32.1624	
	M5	7,43333	6.18127	0.828	-13.3291	28.1957	
	M6	7,96667	6.18127	0.786	-12.7957	28.7291	
M5	M1	-27,10000*	6.18127	0.009	-47.8624	-6.3376	
	M2	2,13333	6.18127	0.999	-18.6291	22.8957	
	M3	3,96667	6.18127	0.985	-16.7957	24.7291	
	M4	-7,43333	6.18127	0.828	-28.1957	13.3291	
	M6	0,53333	6.18127	1.000	-20.2291	21.2957	
M6	M1	-27,63333*	6.18127	0.008	-48.3957	-6.8709	
	M2	1,60000	6.18127	1.000	-19.1624	22.3624	
	M3	3,43333	6.18127	0.992	-17.3291	24.1957	
	M4	-7,96667	6.18127	0.786	-28.7291	12.7957	
	M5	-0,53333	6.18127	1.000	-21.2957	20.2291	

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

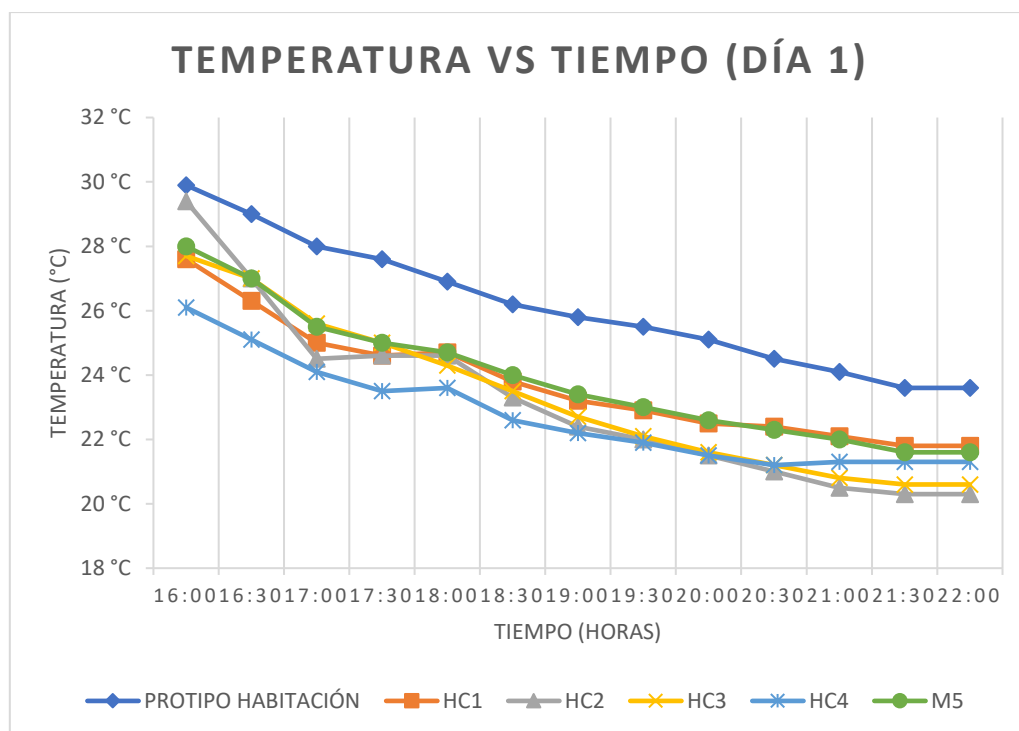
5.3. Temperaturas internas

5.3.1. Comparación de temperaturas internas día 1.

Tabla 18. Temperaturas internas de las habitaciones en el día 1.

TEMPERATURAS (Día 1)						
Tiempo (Horas)	PROTIPO HABITACIÓN	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5
16:00	30 °C	28 °C	29 °C	28 °C	26 °C	28 °C
16:30	29 °C	26 °C	27 °C	27 °C	25 °C	27 °C
17:00	28 °C	25 °C	25 °C	26 °C	24 °C	26 °C
17:30	28 °C	25 °C	25 °C	25 °C	24 °C	25 °C
18:00	27 °C	25 °C	25 °C	24 °C	24 °C	25 °C
18:30	26 °C	24 °C	23 °C	24 °C	23 °C	24 °C
19:00	26 °C	23 °C	22 °C	23 °C	22 °C	23 °C
19:30	26 °C	23 °C	22 °C	22 °C	22 °C	23 °C
20:00	25 °C	23 °C	22 °C	22 °C	22 °C	23 °C
20:30	25 °C	22 °C	21 °C	21 °C	21 °C	22 °C
21:00	24 °C	22 °C	21 °C	21 °C	21 °C	22 °C
21:30	24 °C	22 °C	20 °C	21 °C	21 °C	22 °C
22:00	24 °C	22 °C	20 °C	21 °C	21 °C	22 °C
Media	26 °C	24 °C	23 °C	23 °C	23 °C	24 °C

Figura 41. Gráfico de temperatura vs tiempo de las habitaciones en el día 1.

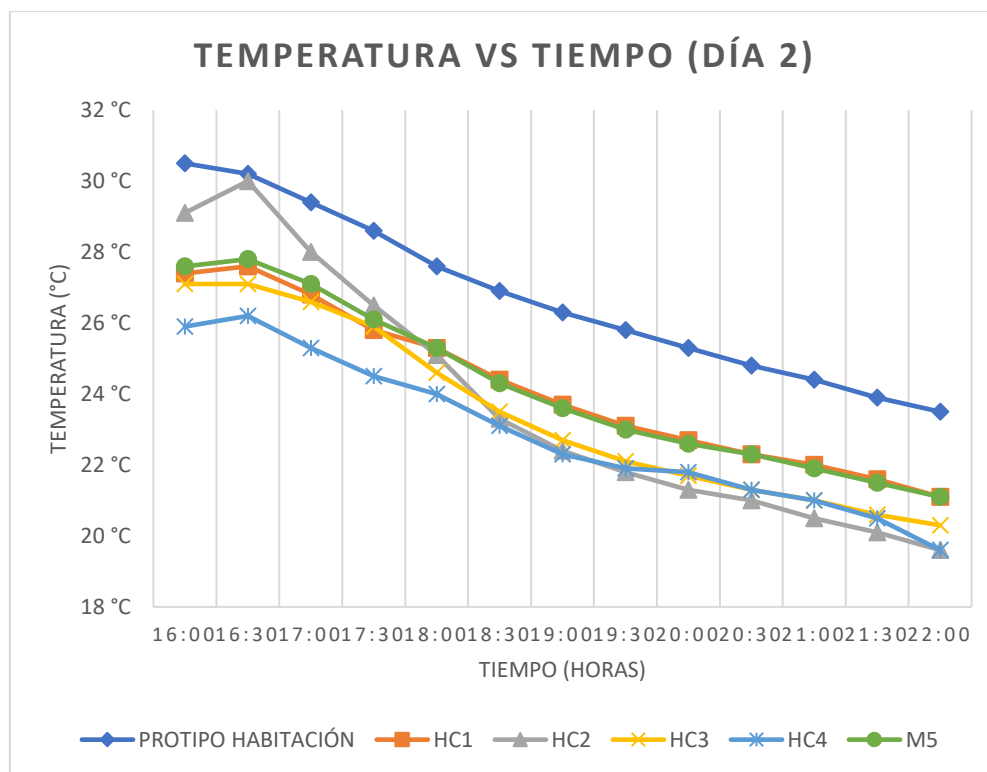


5.3.2. Comparación de temperaturas internas día 2.

Tabla 19. Temperaturas internas de las habitaciones en el día 2.

TEMPERATURAS (Día 2)						
Tiempo (Horas)	PROTIPO HABITACIÓN	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5
16:00	31 °C	27 °C	29 °C	27 °C	26 °C	28 °C
16:30	30 °C	28 °C	30 °C	27 °C	26 °C	28 °C
17:00	29 °C	27 °C	28 °C	27 °C	25 °C	27 °C
17:30	29 °C	26 °C	27 °C	26 °C	25 °C	26 °C
18:00	28 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C
18:30	27 °C	24 °C	23 °C	24 °C	23 °C	24 °C
19:00	26 °C	24 °C	22 °C	23 °C	22 °C	24 °C
19:30	26 °C	23 °C	22 °C	22 °C	22 °C	23 °C
20:00	25 °C	23 °C	21 °C	22 °C	22 °C	23 °C
20:30	25 °C	22 °C	21 °C	21 °C	21 °C	22 °C
21:00	24 °C	22 °C	21 °C	21 °C	21 °C	22 °C
21:30	24 °C	22 °C	20 °C	21 °C	21 °C	22 °C
22:00	24 °C	21 °C	20 °C	20 °C	20 °C	21 °C
Media	27 °C	24 °C	24 °C	23 °C	23 °C	24 °C

Figura 42. Gráfico de temperatura vs tiempo de las habitaciones en el día 2.

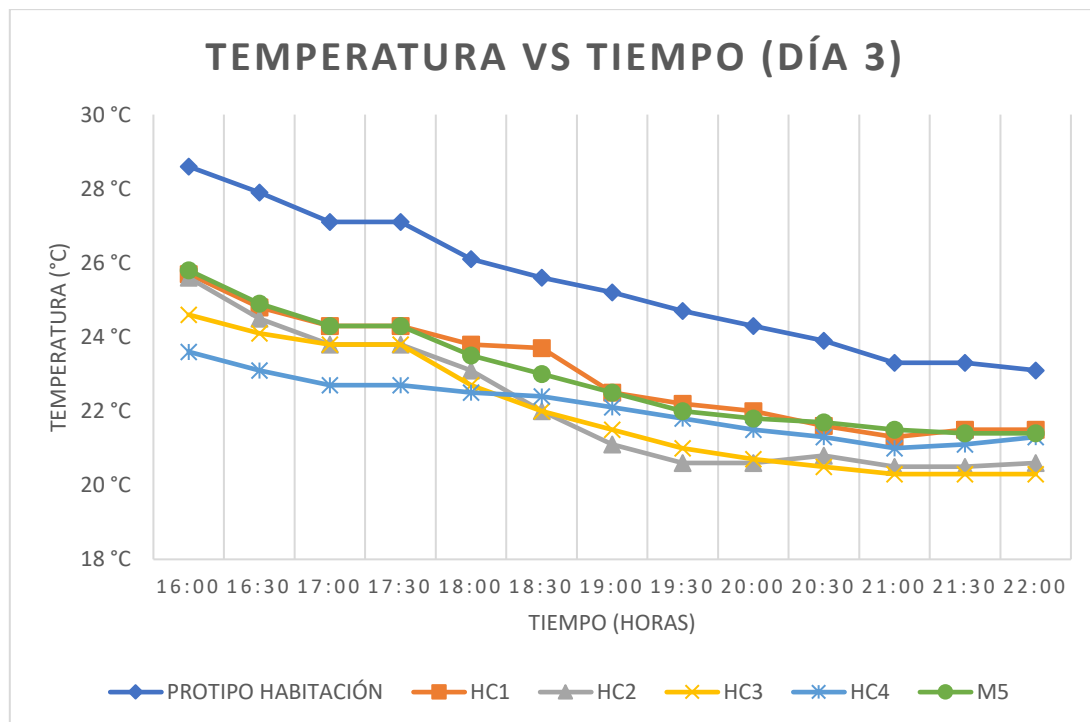


5.3.3. Comparación de temperaturas internas día 3.

Tabla 20. Temperaturas internas de las habitaciones en el día 3.

TEMPERATURAS (Día 3)						
Tiempo (Horas)	PROTIPO HABITACIÓN	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5
16:00	29 °C	26 °C	26 °C	25 °C	24 °C	26 °C
16:30	28 °C	25 °C	25 °C	24 °C	23 °C	25 °C
17:00	27 °C	24 °C	24 °C	24 °C	23 °C	24 °C
17:30	27 °C	24 °C	24 °C	24 °C	23 °C	24 °C
18:00	26 °C	24 °C	23 °C	23 °C	23 °C	24 °C
18:30	26 °C	24 °C	22 °C	22 °C	22 °C	23 °C
19:00	25 °C	23 °C	21 °C	22 °C	22 °C	23 °C
19:30	25 °C	22 °C	21 °C	21 °C	22 °C	22 °C
20:00	24 °C	22 °C	21 °C	21 °C	22 °C	22 °C
20:30	24 °C	22 °C	21 °C	21 °C	21 °C	22 °C
21:00	23 °C	21 °C	21 °C	20 °C	21 °C	22 °C
21:30	23 °C	22 °C	21 °C	20 °C	21 °C	21 °C
22:00	23 °C	22 °C	21 °C	20 °C	21 °C	21 °C
Media	25 °C	23 °C	22 °C	22 °C	22 °C	23 °C

Figura 43. Gráfico de temperatura vs tiempo de las habitaciones en el día 3.

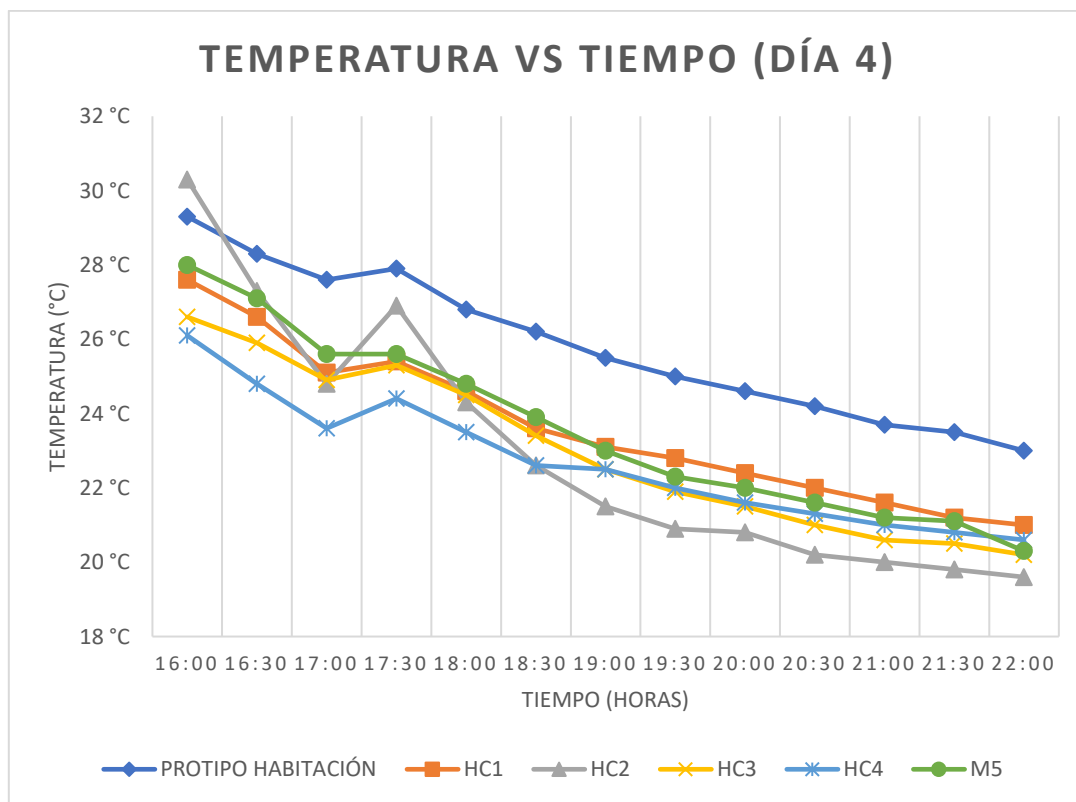


5.3.4. Comparación de temperaturas internas día 4.

Tabla 21. Temperaturas internas de las habitaciones en el día 4.

TEMPERATURAS (Día 4)						
Tiempo (Horas)	PROTIPO HABITACIÓN	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5
16:00	29 °C	28 °C	30 °C	27 °C	26 °C	28 °C
16:30	28 °C	27 °C	27 °C	26 °C	25 °C	27 °C
17:00	28 °C	25 °C	25 °C	25 °C	24 °C	26 °C
17:30	28 °C	25 °C	27 °C	25 °C	24 °C	26 °C
18:00	27 °C	25 °C	24 °C	25 °C	24 °C	25 °C
18:30	26 °C	24 °C	23 °C	23 °C	23 °C	24 °C
19:00	26 °C	23 °C	22 °C	23 °C	23 °C	23 °C
19:30	25 °C	23 °C	21 °C	22 °C	22 °C	22 °C
20:00	25 °C	22 °C	21 °C	22 °C	22 °C	22 °C
20:30	24 °C	22 °C	20 °C	21 °C	21 °C	22 °C
21:00	24 °C	22 °C	20 °C	21 °C	21 °C	21 °C
21:30	24 °C	21 °C	20 °C	21 °C	21 °C	21 °C
22:00	23 °C	21 °C	20 °C	20 °C	21 °C	20 °C
Media	26 °C	24 °C	23 °C	23 °C	23 °C	24 °C

Figura 44. Gráfico de temperatura vs tiempo de las habitaciones en el día 4.

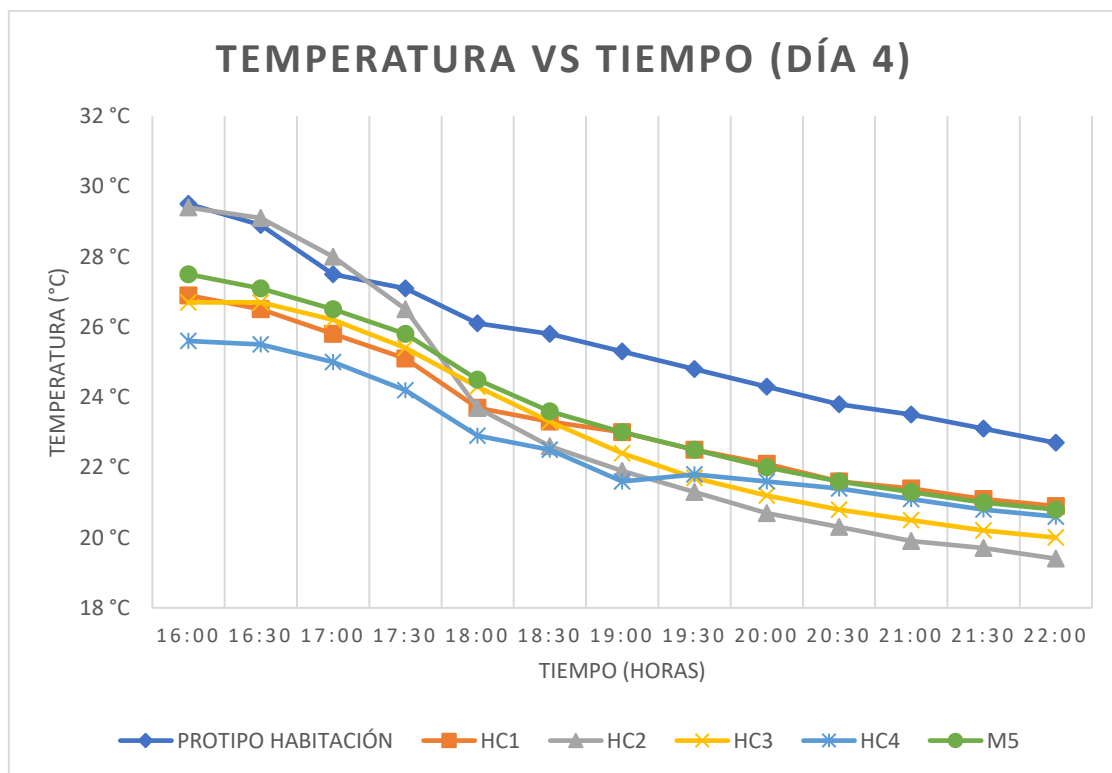


5.3.5. Comparación de temperaturas internas día 5.

Tabla 22. Temperaturas internas de las habitaciones en el día 5.

TEMPERATURAS (Día 5)						
Tiempo (Horas)	PROTIPO HABITACIÓN	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5
16:00	30 °C	27 °C	29 °C	27 °C	26 °C	28 °C
16:30	29 °C	27 °C	29 °C	27 °C	26 °C	27 °C
17:00	28 °C	26 °C	28 °C	26 °C	25 °C	27 °C
17:30	27 °C	25 °C	27 °C	25 °C	24 °C	26 °C
18:00	26 °C	24 °C	24 °C	24 °C	23 °C	25 °C
18:30	26 °C	23 °C	23 °C	23 °C	23 °C	24 °C
19:00	25 °C	23 °C	22 °C	22 °C	22 °C	23 °C
19:30	25 °C	23 °C	21 °C	22 °C	22 °C	23 °C
20:00	24 °C	22 °C	21 °C	21 °C	22 °C	22 °C
20:30	24 °C	22 °C	20 °C	21 °C	21 °C	22 °C
21:00	24 °C	21 °C	20 °C	21 °C	21 °C	21 °C
21:30	23 °C	21 °C	20 °C	20 °C	21 °C	21 °C
22:00	23 °C	21 °C	19 °C	20 °C	21 °C	21 °C
Media	26 °C	23 °C	23 °C	23 °C	23 °C	24 °C

Figura 45. Gráfico de temperatura vs tiempo de las habitaciones en el día 5.

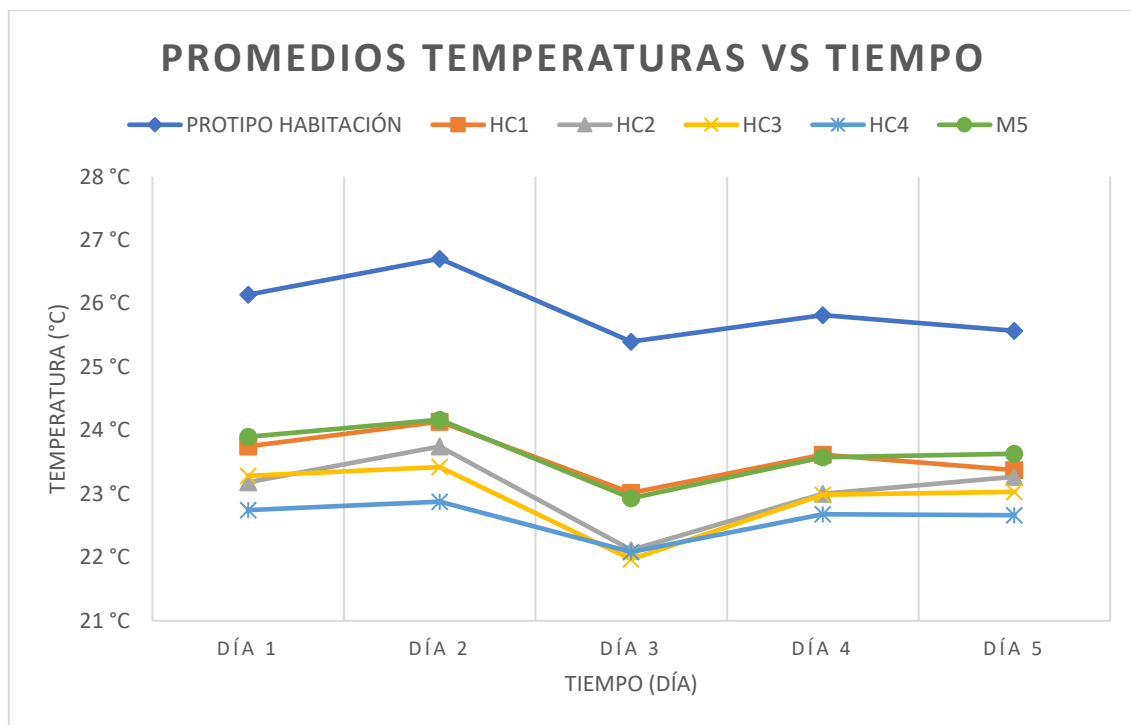


5.3.6. Promedio de temperaturas internas de las habitaciones.

Tabla 23. Promedio de temperaturas internas de las habitaciones.

PROMEDIO TEMPERATURAS						
Tiempo (Días)	PROTIPO HABITACIÓN	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5
Día 1	26 °C	24 °C	23 °C	23 °C	23 °C	24 °C
Día 2	27 °C	24 °C	24 °C	23 °C	23 °C	24 °C
Día 3	25 °C	23 °C	22 °C	22 °C	22 °C	23 °C
Día 4	26 °C	24 °C	23 °C	23 °C	23 °C	24 °C
Día 5	26 °C	23 °C	23 °C	23 °C	23 °C	24 °C
Media	26 °C	24 °C	23 °C	23 °C	23 °C	24 °C

Figura 46. Gráfico del promedio de temperatura vs tiempo de las habitaciones.



En la comparación de medias mediante el test de dunnet (anexo 11) del control prototipo de vivienda con las muestras HC1, HC2, HC3, HC4 y HC5 se determinó el nivel de significancia de 0.00 para todas las muestras.

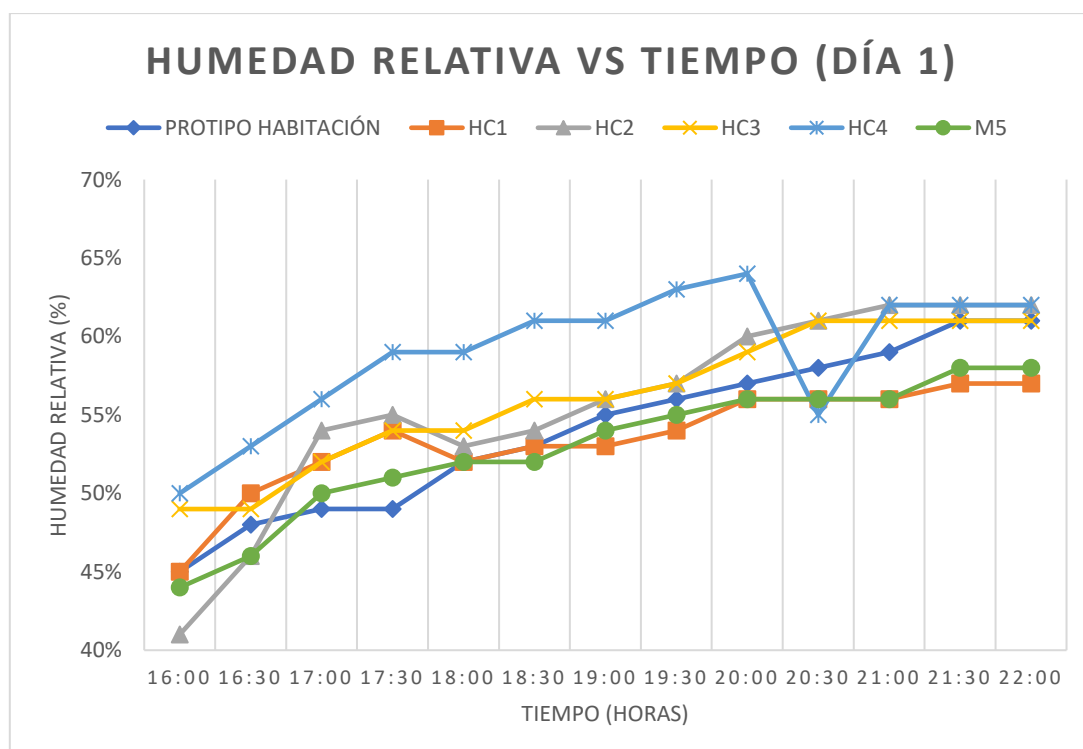
5.4. Humedad relativa de las habitaciones.

5.4.1. Comparación de humedad relativa día 1.

Tabla 24. Humedad relativa de las habitaciones en el día 1.

HUMEDAD RELATIVA (Día 1)						
Tiempo (Horas)	PROTIPO HABITACIÓN	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5
16:00	45%	45%	41%	49%	50%	44%
16:30	48%	50%	46%	49%	53%	46%
17:00	49%	52%	54%	52%	56%	50%
17:30	49%	54%	55%	54%	59%	51%
18:00	52%	52%	53%	54%	59%	52%
18:30	53%	53%	54%	56%	61%	52%
19:00	55%	53%	56%	56%	61%	54%
19:30	56%	54%	57%	57%	63%	55%
20:00	57%	56%	60%	59%	64%	56%
20:30	58%	56%	61%	61%	55%	56%
21:00	59%	56%	62%	61%	62%	56%
21:30	61%	57%	62%	61%	62%	58%
22:00	61%	57%	62%	61%	62%	58%
Media	54%	53%	56%	56%	59%	53%

Figura 47. Gráfico de humedad relativa de las habitaciones en el día 1.

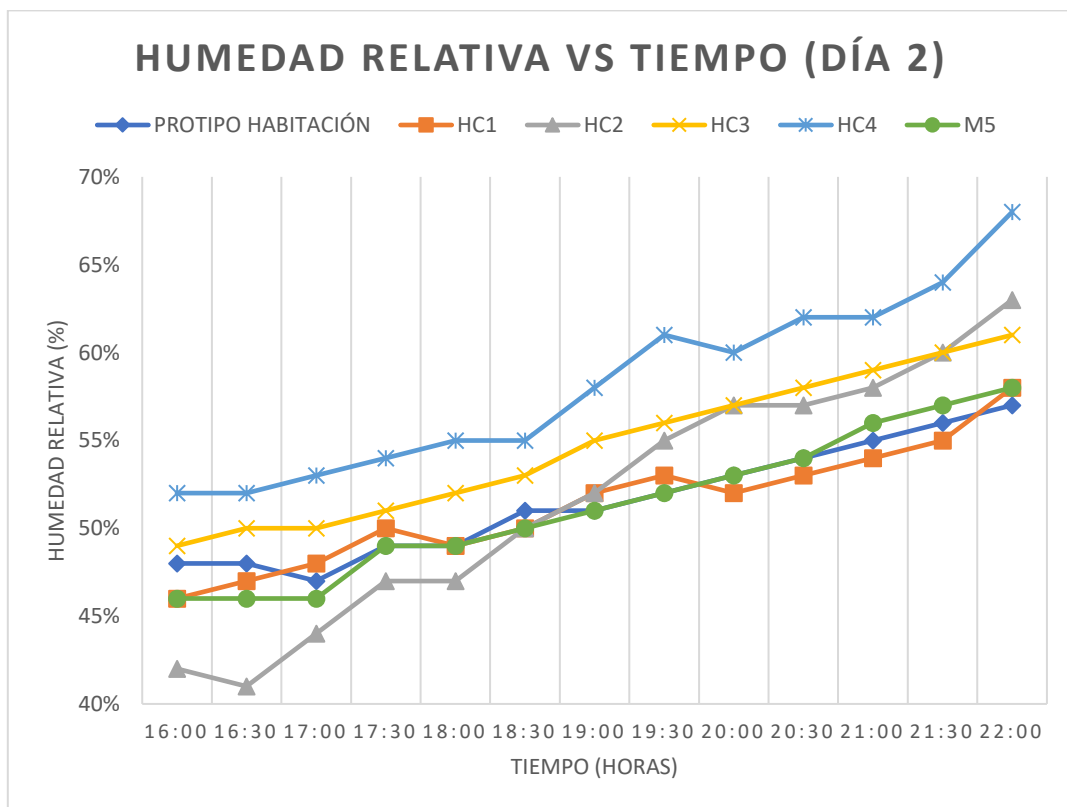


5.4.2. Comparación de humedad relativa día 2.

Tabla 25. Humedad relativa de las habitaciones en el día 2.

HUMEDAD RELATIVA (Día 2)						
Tiempo (Horas)	PROTIPO HABITACIÓN	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5
16:00	48%	46%	42%	49%	52%	46%
16:30	48%	47%	41%	50%	52%	46%
17:00	47%	48%	44%	50%	53%	46%
17:30	49%	50%	47%	51%	54%	49%
18:00	49%	49%	47%	52%	55%	49%
18:30	51%	50%	50%	53%	55%	50%
19:00	51%	52%	52%	55%	58%	51%
19:30	52%	53%	55%	56%	61%	52%
20:00	53%	52%	57%	57%	60%	53%
20:30	54%	53%	57%	58%	62%	54%
21:00	55%	54%	58%	59%	62%	56%
21:30	56%	55%	60%	60%	64%	57%
22:00	57%	58%	63%	61%	68%	58%
Media	52%	51%	52%	55%	58%	51%

Figura 48. Gráfico de humedad relativa de las habitaciones en el día 2.

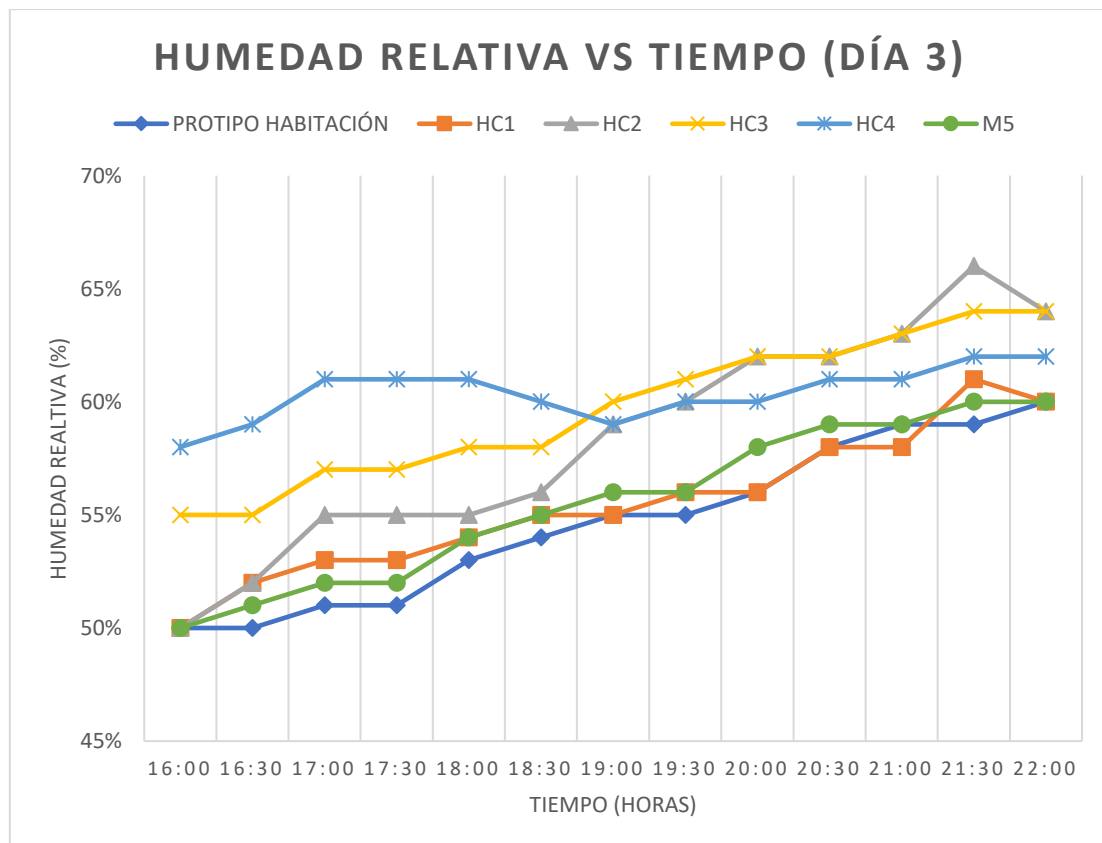


5.4.3. Comparación de humedad relativa día 3.

Tabla 26. Humedad relativa de las habitaciones en el día 3.

HUMEDAD RELATIVA (Día 3)						
Tiempo (Horas)	PROTIPO HABITACIÓN	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5
16:00	50%	50%	50%	55%	58%	50%
16:30	50%	52%	52%	55%	59%	51%
17:00	51%	53%	55%	57%	61%	52%
17:30	51%	53%	55%	57%	61%	52%
18:00	53%	54%	55%	58%	61%	54%
18:30	54%	55%	56%	58%	60%	55%
19:00	55%	55%	59%	60%	59%	56%
19:30	55%	56%	60%	61%	60%	56%
20:00	56%	56%	62%	62%	60%	58%
20:30	58%	58%	62%	62%	61%	59%
21:00	59%	58%	63%	63%	61%	59%
21:30	59%	61%	66%	64%	62%	60%
22:00	60%	60%	64%	64%	62%	60%
Media	55%	55%	58%	60%	60%	56%

Figura 49. Gráfico de la humedad relativa de las habitaciones en el día 3.

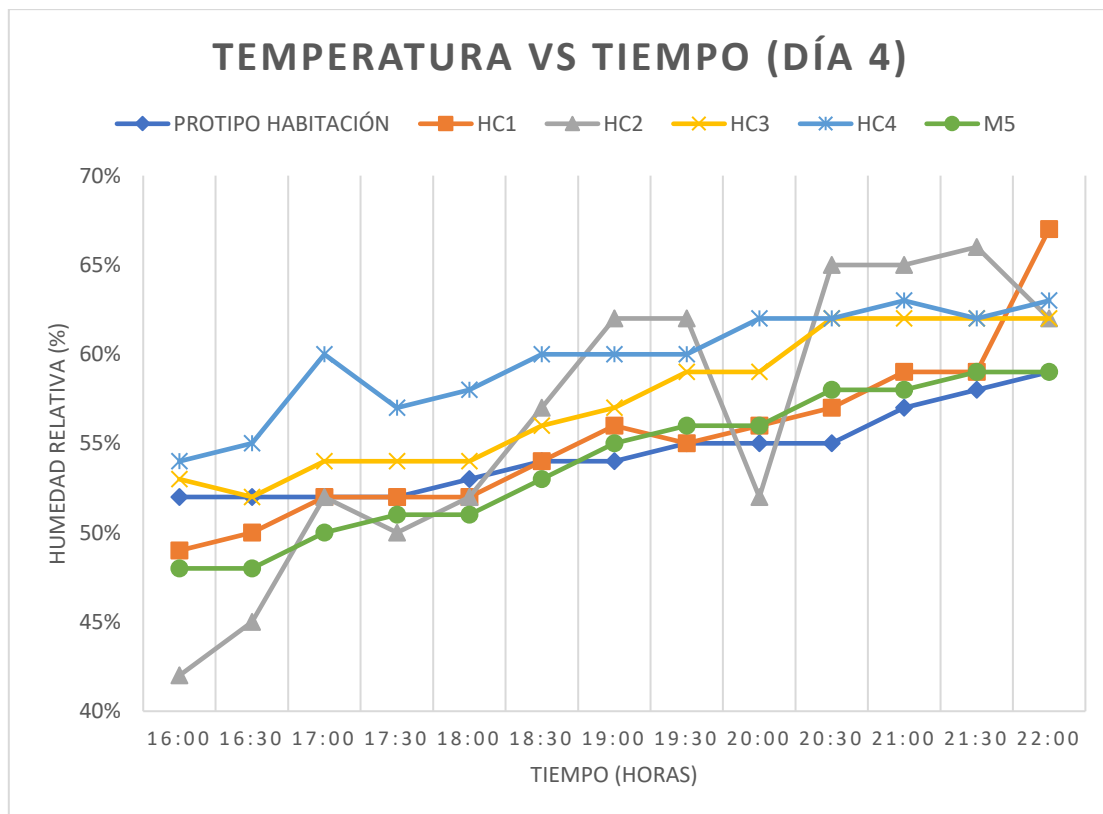


5.4.4. Comparación de humedad relativa día 4.

Tabla 27. Humedad relativa de las habitaciones en el día 4.

HUMEDAD RELATIVA (Día 4)						
Tiempo (Horas)	PROTIPO HABITACIÓN	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5
16:00	52%	49%	42%	53%	54%	48%
16:30	52%	50%	45%	52%	55%	48%
17:00	52%	52%	52%	54%	60%	50%
17:30	52%	52%	50%	54%	57%	51%
18:00	53%	52%	52%	54%	58%	51%
18:30	54%	54%	57%	56%	60%	53%
19:00	54%	56%	62%	57%	60%	55%
19:30	55%	55%	62%	59%	60%	56%
20:00	55%	56%	52%	59%	62%	56%
20:30	55%	57%	65%	62%	62%	58%
21:00	57%	59%	65%	62%	63%	58%
21:30	58%	59%	66%	62%	62%	59%
22:00	59%	67%	62%	62%	63%	59%
Media	54%	55%	56%	57%	60%	54%

Figura 50. Gráfico de humedad relativa de las habitaciones en el día 4.

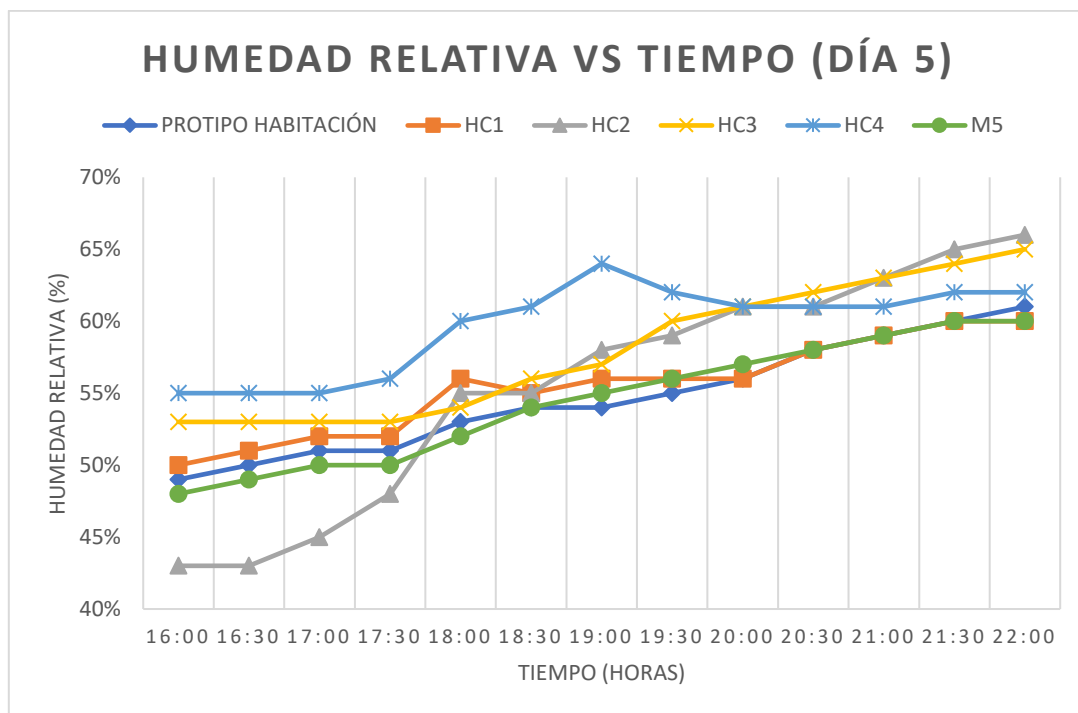


5.4.5. Comparación de humedad relativa día 5.

Tabla 28. Humedad relativa de las habitaciones en el día 5.

HUMEDAD RELATIVA (Día 5)						
Tiempo (Horas)	PROTIPO HABITACIÓN	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5
16:00	49%	50%	43%	53%	55%	48%
16:30	50%	51%	43%	53%	55%	49%
17:00	51%	52%	45%	53%	55%	50%
17:30	51%	52%	48%	53%	56%	50%
18:00	53%	56%	55%	54%	60%	52%
18:30	54%	55%	55%	56%	61%	54%
19:00	54%	56%	58%	57%	64%	55%
19:30	55%	56%	59%	60%	62%	56%
20:00	56%	56%	61%	61%	61%	57%
20:30	58%	58%	61%	62%	61%	58%
21:00	59%	59%	63%	63%	61%	59%
21:30	60%	60%	65%	64%	62%	60%
22:00	61%	60%	66%	65%	62%	60%
Media	55%	55%	56%	58%	60%	54%

Figura 51. Gráfico de humedad relativa de las habitaciones en el día 5.

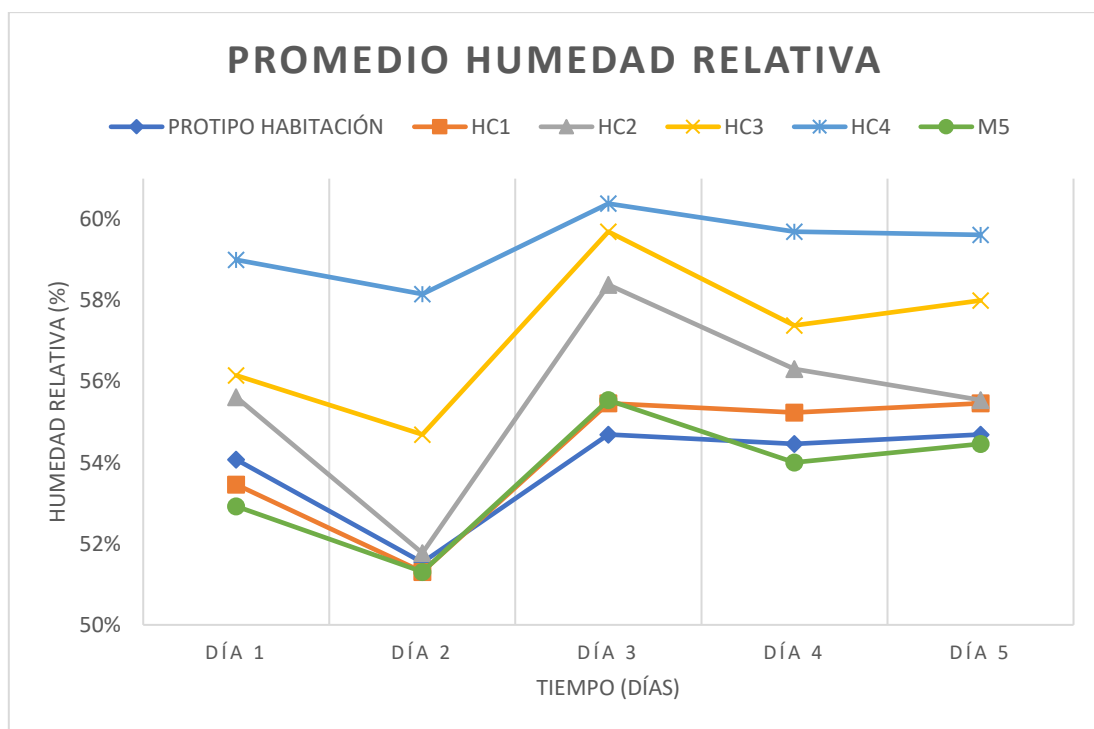


5.4.6. Promedio de humedad relativa de las habitaciones.

Tabla 29. Promedio de humedad relativa de las habitaciones.

PROMEDIO HUMEDAD RELATIVA						
Tiempo (Horas)	PROTIPO HABITACIÓN	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5
Día 1	54%	53%	56%	56%	59%	53%
Día 2	52%	51%	52%	55%	58%	51%
Día 3	55%	55%	58%	60%	60%	56%
Día 4	54%	55%	56%	57%	60%	54%
Día 5	55%	55%	56%	58%	60%	54%
Media	54%	54%	56%	57%	59%	54%

Figura 52. Gráfico del promedio de humedad relativa vs tiempo de las habitaciones.



En la comparación de medias mediante test de dunnet en SPSS (anexo 12), Se observa una diferencia significativa del control (prototipo de vivienda) con HC3 y HC4, por el contrario, las muestras de habitación HC1, HC2 y HC5 no presenta diferencia significativa con el control.

VI. DISCUSIÓN

6.1. Peso de las muestras de ladrillo.

Con respecto al peso de los ladrillos de concreto a base de PET e ichu, la muestra PET 35% posee mayor peso en comparación con las demás muestras. Esta variación se puede dar porque hay una menor cantidad de PET en M1 a diferencia de M2, M3, M4, M5 y M6 donde el volumen de PET aumenta consecutivamente en 5% lo que tiene concordancia con Rueda (2014), quien mencionó que las unidades de ladrillos elaborados con insumos reciclados (plásticos) son más densos comparados con los ladrillos de concreto común, por ende, sugiere el uso de estos ladrillos en la construcción de viviendas como muros divisorios. Asimismo, Gareca, Andrade, Pool, Barrón, y Villarpando (2020) indican que, la arena, al ser reemplazada en menor porcentaje por plástico reciclado da como resultado una disminución de su densidad. Es decir que a mayor cantidad de PET como parte del agregado la densidad del ladrillo será menor.

Con respecto al ichu también juega un rol importante en el peso de los ladrillos. Paredes y Arce (2017) estudiaron la introducción de la paja en los adobes artesanales donde los ensayos indicaron que a una mayor dosis de paja la densidad y resistencia disminuye, al igual que el PET es un material termoaislante y por su baja densidad debe ser utilizado en porcentajes regulados. En comparación con otros ensayos el uso de la paja ayuda en eliminar grietas y a cohesionar mejor los ladrillos, es decir que su aporte principal es que no se dejen huecos vacíos y no se rompan en los diferentes procesos de la elaboración, desde el moldeado hasta el secado a temperatura ambiente, y posterior traslado y construcción de la vivienda.

6.2. Resistencia a la compresión de los ladrillos.

Las muestras PET-40%, PET-45%, PET-50%, PET-55% y PET-60% presentan diferencia significativa con la muestra PET 35%. Según Gareca, Andrade, Pool, Barrón, y Villarpando (2020) la aplicación de PET triturado en mayor porcentaje que la arena influye directamente en la disminución de la resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión de la muestra PET 35% se asemeja al ladrillo tipo 17 de la norma técnica peruana para ladrillos de concreto, las demás muestras solo logran alcanzar el tipo 10 y 14.

La cantidad de PET en la dosis y su tamaño de partícula también pueden influir en las resistencias a la compresión obtenidas. Según Córdoba, Martínez, Díaz, Nuñez, y Yañes (2015) mayores concentraciones y diámetros de partículas de PET pueden causar un aumento de huecos en las muestras y una reducción de la resistencia a la compresión. Así mismo, Gautam, Kalla, Jethoo, Agrawal y Singh (2018) menciona que el PET es termoplástico, se crea una unión deficiente entre la matriz y los agregados y el estrés excesivo puede provocar el desacoplamiento de ladrillos y fallas estructurales.

Con respecto a las muestras PET-40%, PET-45%, PET-50%, PET-55% y PET-60% no tienen diferencia significativa entre sí, los valores de resistencia a la compresión son bajos en comparación con la muestra PET-35%, esto puede ser por la falta de compactación y el tipo de aditivo utilizado para su elaboración. Katale, Kamara y Adedeji (2014) afirman que el cemento Portland es el mejor aditivo para estabilizar los suelos arenosos con PET. Sin embargo, en este caso las resistencias a la compresión pueden haber surgido a raíz de que las escamas de PET no reaccionaron químicamente con el cemento Portland. Del Angel y Vázquez (2012) estudiaron hormigones hechos con adición de fibras de PET, no

notaron reacción entre el cemento Portland, el agua, la arena y el PET, sino solo una cierta cantidad de adherencia. Según los autores, el PET solo reacciona cuando se somete a altas temperaturas. Silva, et al. (2005) tampoco encontraron ninguna influencia significativa de las fibras de PET en la resistencia a la compresión del mortero.

De acuerdo con López-Lara et al. (2014) podrían alcanzarse mejores valores de resistencia a la compresión utilizando mayores energías de compactación para la fabricación de ladrillos. Es decir, las muestras que no alcanzaron valores elevados de resistencia pueden deberse a la inadecuada compactación que se realizó al elaborar el ladrillo. Esta falta de compactación de los insumos puede dejar espacios vacíos o huecos con aire atrapado que contribuiría a una baja resistencia a la compresión de la estructura. Una pequeña cantidad de aire atrapado es suficiente para alterar la estructura de los ladrillos.

Con respecto a la influencia del ichu en la resistencia a la compresión está directamente relacionado, es decir a medida que se aumente el volumen de ichu el valor de la resistencia disminuye. Lizárraga y González (2015) quienes determinaron que la incorporación de materiales orgánicos como residuos agrícolas en la elaboración de ladrillos permiten mejorar la capacidad de absorción al incorporarlo en mayores cantidades, y con respecto a la resistencia a la compresión, a mayor volumen de material orgánico disminuye su valor. Por otro lado, Nabilah y Zulaikha (2018) refieren que al aumentar la cantidad de PET disminuye la resistencia a la compresión de los ladrillos producidos. Asimismo, si la cantidad de desechos plásticos que actúa como agregado es demasiado alta, los vacíos residuales sin llenar aumentarán y, a su vez, aumentará la absorción de agua y disminuirán su resistencia a la compresión.

6.3. Temperaturas internas de las habitaciones.

La temperatura del prototipo vivienda construido con los ladrillos a base de PET en comparación con las demás habitaciones se ven diferenciados en 2 °C. Sosa, Hobaica y Rosales (2000) refiere que durante el día la mayor cantidad de calor almacenada en la parte interior de las habitaciones ingresan por el techo, sin embargo, a medida que va disminuyendo el ángulo de incidencia, empieza el atardecer y durante el horario nocturno el calor se disipa por las paredes y por los espacios vacíos. En este caso se considera la influencia del recubrimiento lateral ya que en el caso de las habitaciones HC1, HC2, HC3, HC4 y HC5 solo están recubiertas con madera que tienen espacios vacíos en las paredes a diferencia del prototipo de habitación que está completamente recubierta. Asimismo, Sosa, Hobaica y Rosales (2000) compara dos tipos de techos (uno liviano y otro cielo raso) donde observa que el techo liviano tiene poca amplitud en referencia a la temperatura interna, lo que se debe a la elevada capacidad de transmitir el calor a través del material. Por lo que al presentar componentes con espesores menores a los 10 mm y con problemas de recubrimiento, las temperaturas internas se liberan con facilidad a diferencia de concretos prefabricados que amortiguan mejor las temperaturas por tener mayor espesor (casi 8 veces más que los recubrimientos comunes en los asentamientos). Esto es reforzado por Hormazábal y Sarmiento (2003), quienes indican que las diferencias de las temperaturas en las diferentes habitaciones no solo se ven influenciadas por el clima sino también por los diferentes aspectos constructivos de la vivienda tales como el tipo de material utilizados en las paredes. Lo que apoya los resultados obtenidos en la habitación prototipo de vivienda al estar en un punto cercano y sometidos al mismo clima se nota la diferencia en 2 ° C en promedio con las demás habitaciones.

Castañeda, Argüello, y Vecchia (2010) consideran al aserrín y al PET como materiales térmicos ya que tuvieron una diferencia significativa con los recubrimientos de concreto armado. El PET como material termoaislante por su baja densidad y mayor volumen permite retardar el paso del calor. Ante esto, Castillo, Mite y Pérez (2019) dieron a conocer que los envoltentes o recubrimientos de las viviendas sociales constituidas por materiales termoaislantes permiten obtener temperaturas elevadas y optimas en el interior. A partir de su investigación los materiales que se empiecen a utilizar en la actualidad y posterior deberían tener una adecuada protección y amortiguamiento ya que la pared se considera como una piel que protege al cuerpo de diferentes tipos de ataques por parte del ambiente (vientos, rayos solares). Las fibras de vidrio, PET, poliuretano y poliestireno expandido retienen la radiación del sol, y mejoran la estética de las viviendas, así como el diseño en las fachadas permiten regular la radiación generando ambientes confortables.

Según Litibari, Mehrali, Mahlia y Metselaar (2013) el cemento, ladrillo, agregado y concreto acumulan la energía en el transcurso del día y empiezan a liberarlos durante la noche de esta forma contribuyen en la adecuada calefacción durante las noches ya que se empieza a intensificar el frío. Castillo, Mite y Pérez (2019) mencionan que los materiales que tiene como insumo principal el petróleo se denominan materiales térmicas o aislantes, por ejemplo, los materiales plásticos, el poliestireno, así como productos naturales como la celulosa y la fibra de vidrio contienen por su propia composición un alto grado de aislamiento térmico y acústico. Estos materiales permiten que el calor que ingresa por los techos no se propague fácilmente y actúen por convección, es decir las temperaturas de las zonas frías son desplazadas por las temperaturas calientes.

Además, Holguino, Olivera y Escobar (2018) enfocan su investigación en las dimensiones que posee el material para el recubrimiento de las viviendas (el ancho del material), de esta manera al evaluar los adobes agrupados en gran masa que contienen mayor espesor, grosor y sumado el tipo de material utilizado son buenos en reducir el tiempo de transferencia de calor. Los materiales que sirven como aislantes térmicos utilizados en las paredes de las viviendas tienen un rol fundamental para ahorrar la energía, ya que permite mantener un confort interior del hogar a comparación de los materiales convencionales que cuentan con una conductividad térmica elevada y las instalaciones son hechas de manera rustica sin cerrar bien los espacios por donde se liberan las temperaturas con facilidad y penetran las olas de frío.

6.4. Humedad relativa de las habitaciones.

No se observó una diferencia significativa entre los promedios de las humedades relativas de HC1, HC2 y HC5, sin embargo, la vivienda prototipo tuvo diferencia significativa con HC3 y HC4 (niveles bajos en las mediciones de los 5 días). El no tener una diferencia significativa puede ser a consecuencia del inadecuado diseño y las ubicaciones de las ventanas, así como las aberturas en las paredes que no garantizan un aprovechamiento de la temperatura en el interior de la vivienda, por el contrario, por la mala posición de ventanas pueden ingresar corrientes de vientos fríos. Según Campos (2016) es importante el cerramiento de las viviendas más allá de que el clima varíe en el tiempo se debe asegurar una correcta hermeticidad. Para esto el ladrillo es un material que puede mejorar las condiciones de confort térmico tanto para la temperatura y humedad relativa en asentamientos húmedos de la costa.

Prieto (2021) refiere que las personas que viven en los asentamientos de la zona sur de Lima construyen sus hogares con cerramientos de madera menores a 10 mm de espesor y generalmente utilizan un techo de calamina el cual tiene una alta conductividad térmica. Estos materiales no brindan un correcto aislamiento de la temperatura en el interior de las viviendas, a medida que pasa el tiempo no se observa un mejoramiento en su infraestructura y se ven afectados principalmente en las épocas de otoño en invierno. Asimismo, Campos (2016) coincide que las viviendas en los asentamientos son conformadas por módulos prefabricados con paneles de 10 mm de grosor con dimensiones 6 metros de largo por 6 metros de ancho con pisos de tierra apisonada en el mismo lugar. Además, los techos por la forma ondeada de la calamina muchos pobladores al no conocer el correcto clavado hacen huecos incorrectos en el techado lo que permite infiltraciones de las lluvias y vientos.

Para Sakurai, Barreda y Sota (2010) los ladrillos deben poseer una baja capacidad de absorción porque no retiene el vapor en su cuerpo. Esta capacidad tiene íntima relación con la estructura porosa de los insumos y su adecuada compactación en la elaboración. Asimismo, es importante seguir los procedimientos de secado de los ladrillos aproximadamente 28 días a temperatura ambiente. A pesar de que Neville (2011) no considera al porcentaje de absorción como una medida de calidad del concreto recomienda que el valor sea menor a diez por ciento de su masa, de esta manera el material puede servir para reducir la retención en su cuerpo de vapores. Asimismo, las mediciones y encuestas realizadas por Urquieta, Martínez y Sarmiento (2005) definieron que la elevada humedad relativa en el interior de las habitaciones evaluadas se debe principalmente al excesivo valor de vapor de agua en el exterior de la vivienda, además ciertas condiciones que apoyan al incremento en el interior como es el

uso de la cocina, respiración y transpiración del habitante en el interior. De donde se puede precisar que los habitantes de las viviendas también influyen en la variación de los valores de humedad relativa.

VII. CONCLUSIONES

7.1. Los pesos de los ladrillos se diferencian entre las muestras por la baja densidad de los insumos (PET e ichu), por lo que la muestra PET 35% cuenta con mayor valor en peso. Los ladrillos a base de PET e ichu, considerando sus pesos, pueden ser utilizados en cerramientos de las viviendas comunes en los asentamientos humanos de Lima.

7.2. La resistencia a la compresión de los ladrillos está influenciada directamente por las cantidades de los insumos (PET e ichu), la muestra PET 35% tiene una diferencia significativa con las demás muestras y se asemeja a los ladrillos tipo 14 y 17, según la norma técnica peruana tiene moderada resistencia a la compresión, adecuada resistencia a la penetración de la humedad y el frío.

7.3. Las temperaturas internas de las habitaciones comunes en el asentamiento humano tuvieron una diferencia de 2°C con el promedio de temperaturas en el prototipo vivienda. Esta diferencia se debe al grosor de los ladrillos en base a PET e ichu y sus propiedades térmicas en comparación a los materiales comunes. Por las condiciones mencionadas se ratifica el uso de estos ladrillos para las construcciones de viviendas en los asentamientos de Lima.

7.4. La humedad relativa de HC1, HC2 y HC5 no tuvo diferencia significativa, debido al correcto cerramiento en la parte de los techos y las paredes, además del uso de aparatos electrónicos y la presencia de los habitantes que generan variación de humedad. Sin embargo, los valores en el prototipo vivienda fueron inferiores con respecto a HC3 y HC4, por lo que pueden ser utilizados como una alternativa de solución para construcciones de viviendas en los asentamientos humanos de Lima.

VIII. RECOMENDACIONES

Una vez determinada las cantidades de insumo a utilizar en la elaboración de ladrillos se recomienda implementar una máquina que ayude a realizar mejor compactación mecánica al elaborar los ladrillos, ya que pudo haber sido una de las causas para tener una baja resistencia a la compresión en algunas muestras. A pesar de que las muestras lleguen a tener resistencias cercanas a las solicitadas en la norma técnica peruana se podría lograr un mejor valor.

Con respecto al prototipo de vivienda se recomienda trabajar en el techado de la vivienda ya que es el principal captador de calor, de la misma forma se debe tener la seguridad de que esté correctamente cerrada para que no permita la liberación de temperatura por los espacios abiertos. La actividad de una vivienda debe ser unificada tanto los techos como las paredes.

Ampliar los horarios de registro de información de las mediciones de temperaturas y porcentajes de humedad, si bien el tema económico es vital para desarrollar el proyecto se puede considerar para posteriores investigaciones los horarios de madrugada entre las 4:00 horas y las 6:00 horas donde las temperaturas son las más bajas y los porcentajes de humedad son altos.

Por último, se recomienda plantear dosificaciones de mezclas partiendo de la muestra óptima y realizar pruebas adicionales como porcentaje de absorción, pruebas acústicas y de resistencia al fuego para ampliar la información de los ladrillos elaborados a base de PET y *Jarava Ichu*.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahumada, M. (2020). *Evaluación de tres tipos de cemento para la fabricación de concreto simple frente a ataque químico*. (Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima, Perú). Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/17789> [Consulta: 29 de julio del 2022].
- Akinyele, J., Igba, U., & Adigun, B. (2020). Effect of waste PET on the structural properties of burnt bricks. *Scientific African*, 7, e00301. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00301> [Consulta: 10 de agosto del 2022].
- Alesmar, L., Rendón, N. & Korody, M. (2008). Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (pet) - cemento. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 23(1), 76-86. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S079840652008000100006&lng=es&tlng=es.
- Angumba, P. (2016). *Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante*. (Tesis de maestría, Universidad de Cuenca, Escuela de posgrado. Cuenca, Ecuador). Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25297> [Consulta: 26 de julio del 2022].
- Argueta, A. (2006). *Proyecto de Inversión en una Planta Recicladora de PET en el Estado de Puebla*. (Tesis de maestría, Universidad de las Américas, escuela de posgrado. Puebla, México). Recuperado de <http://repositorio.udlap.mx/xmlui/handle/123456789/8402> [Consulta: 26 de abril del 2022].

- Arrieta, J. & Peñaherrera, E. (2001). *Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora*. Proyecto de investigación. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería en convenio CISMID. 67 p. Recuperado de <http://www.cismid.uni.edu.pe/wp-content/uploads/2019/12/E01A.pdf>
- Atahuachi, L. & Carcausto, Y. (2018). *Aislante termoacústico a base de stipa ichu para atenuar el ruido y cambios drásticos de temperatura en viviendas de sectores en expansión urbana de la ciudad de puno*. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Puno, Perú). Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/11138> [Consulta: 20 de marzo del 2022].
- Azuela, A., & Tomas, F. (1996). *El acceso de los pobres al suelo urbano*. Centro de estudios mexicanos y centroamericanos. Recuperado de <https://doi.org/10.4000/books.cemca.903>
- Barnes, D., Galgani, F., Thompson, R., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *The Royal Society*, 364, 1985-1998. Recuperado de <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205> [Consulta: 10 de febrero del 2022].
- Borda, B., Lahura, N., & Iannacone, J. (2021). Diagnóstico sobre el consumo de bolsas de plástico de un solo uso y su impacto negativo en el ambiente. *Cátedra Villarreal*, 8(2), 121–135. <https://doi.org/10.24039/cv202082962> [consulta: 29 de julio del 2022].
- Botero, E., Muñoz, L., Ossa, A., & Romo, M. (2014). Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas. *Revista*

Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, (70), 201-219.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012062302014000100020&lng=en&tlng=es [Consulta: 02 de marzo del 2022].

Brooks, A., Wang, S., & Jambeck, J. (2018). The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade. *Science Advances, 4(6)*, 1-8. Recuperado de <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat0131> [Consulta: 10 de febrero del 2022].

Cambell, R. (2021). *Eco ladrillos de plástico reciclado PET para el mejoramiento de las viviendas del sector Kumamoto II Etapa, El Porvenir 2021*. (Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Trujillo, Perú) Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/66525>

Campos, X. (2016). Confort térmico y habitabilidad de la vivienda en el AA. HH. Edén del Manantial, en las lomas costeras El Paraíso. *Investiga Territorios, (4)*, 107-123. Recuperado de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/investigaterritorios/article/view/21455>

Castañeda, G., Argüello, T., & Vecchia, F. (2010). Desempeño Térmico de Techo Alternativo para Vivienda en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *Revista de la construcción, 9(1)*, 81-88. Recuperado de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718915X2010000100009&script=sci_abstract

Castellanos, O., Fernández, C., & Avellaneda, B. (2020). Análisis comparativo del desempeño de los ladrillos tradicionales frente a ladrillos

pet. *Sostenibilidad, Tecnología Y Humanismo*, 11(1), 54-64. Recuperado de <https://doi.org/10.25213/2216-1872.36>

Castillo, E., Mite, J. & Pérez, J. (2019). Influencia de los materiales de la envolvente en el confort térmico de las viviendas. Programa Mucho Lote II, Guayaquil. *Universidad y Sociedad*, 11(4), 303-309. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus> [consulta: 10 de abril del 2022].

Córdoba, L., Martínez, G., Díaz, C., Nuñez, F., & Yañes, A. (2015). Effects on mechanical properties of recycled PET in cement-based composites. *International Journal of Polymer Science*, 2014 (2014),1-6. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1155/2013/763276> [consulta: 29 de abril del 2021].

Corvalan, A., Maldonado, A., Cohenca, D., Monteiro, M., & Martínez, M. (2018). Evaluation of compressive strength in samples with cement and pet aggregate mixtures. *CIMA (1)*, 156-162.

Del Angel, C., & Vázquez, J. (2012). Manufacturing light concrete with PET aggregate. *ISRN Civil Engineering*, 2012(2012), ID 287323, 1-10. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.5402/2012/287323> [consulta: 12 de octubre del 2021].

E.070, N. L. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica E.070 Albañilería (pp. 295-309). pp. 295-309.

Echeverría, E. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico pet reciclado*. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería. Cajamarca, Perú). Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1501>

- Esmeray, E., & Atis, M. (2019). Utilization of sewage sludge, oven slag and fly ash in clay brick production. *Construction and Building Materials*, 194, 110-121. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.231>
- Febres, G. y Vargas, M. (2021). *Estudio de prefactibilidad para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de material reciclado PET*. (Tesis de licenciatura, Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Lima, Perú) Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12724/14042> [Consulta: 12 de abril del 2022].
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. Quinta edición. México: McGRAW-HILL.
- Ferrero, A., Pipa, D., Gaggino, R., Gatani, M., & Floreano, A. (2013). Integración tecnológica en una vivienda progresiva sustentable. *CEVE/CONICET*, 28, 1-19.
- Fiala, J., Mikolas, M. & Krejsova, K. (2019). Full Brick, Historia y Futuro. *Serie de conferencias IOP: Ciencias ambientales y de la tierra*, 221, 012139. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/331451250_Full_Brick_History_and_Future
- Flores, A. (2014). Construcción de una vivienda solar en base a las propiedades termofísicas y evaluación experimental de su confort térmico en llave. *Revista de investigación altoandina*, 16(1), 177-186. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5893905>
- Flores, P. (2020). La problemática del consumo de plásticos durante la pandemia de la covid-19. *South Sustainability*, 1(2), e016. Recuperado de

<https://doi.org/10.21142/SS-0102-2020-016> [Consulta: 29 de julio del 2022].

Fraternali, F., Spadea, S., & Berardi, V. P. (2014). Effects of recycled PET fibres on the mechanical properties and seawater curing of Portland cement-based concretes. *Construction and Building Materials*, 61, 293-302.

Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.03.019>

Gaggino, R. (2008). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. *Revista INVI*, 23(063), 137-163.

Gareca, M., Andrade, M., Pool, D., Barrón, F., & Villarando, H. (2020). Nuevo Material Sustentable: Ladrillos Ecológicos a Base de Residuos Inorgánicos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 18(21), 25-61.

Recuperado de <http://www.scielo.org.bo/pdf/rcti/v18n21/v18n21a03.pdf>

Gautam, P., Kalla, P., Jethoo, A., Agrawal, R. & Singh, H. (2018). Sustainable use of waste in flexible pavement: A review. *Construction and Building Materials*. 180,239-253. Recuperado de

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.067>

Geyer, R., Jambeck, J., & Law, K. (2017). Production, use and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), 25-29. Recuperado de

<https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

Gutiérrez, E. (2018). *Segregación de residuos sólidos domiciliarios y su incidencia en la inadecuada recolección y eliminación en la protección ambiental, distrito Villa María del Triunfo*. (Tesis de doctorado en medio ambiente y desarrollo sostenible. Lima, Perú). Recuperado de

<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2105>

- Gutiérrez, H. & Castañeda, R. (2014). Diversidad de las gramíneas (Poaceae) de Lircay (Angaraes, Huancavelica, Perú). *Ecología Aplicada*, 13(1), 23-33. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v13i1-2.451>
- Hailay, H. & Tesfaye, T. (2021). Manufacturing of Ecofriendly Bricks Using Microdust Cotton Waste, *Journal of Engineering*, 2021, 8815965, 10 pages, 2021. Recuperado de <https://doi.org/10.1155/2021/8815965>
- Holguino, A., Olivera, L., y Escobar, K. (2018). Confort térmico en una habitación de adobe con sistema de almacenamiento de calor en los andes del Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(3), 289-300. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v20n3/a03v20n3.pdf>
- Hormazábal, N. & Sarmiento, P. (2003). Habitabilidad térmica en las viviendas básicas de la zona central de Chile, a la luz de los resultados preliminares del proyecto FONDEF D00I1039. *Revista INVI*, 18(46),23-32. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25804603> [fecha de Consulta 15 de abril de 2022].
- Islam, M., Meherier, M. & Islam, A. (2016). Effects of waste PET as coarse aggregate on the fresh and harden properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 125(946-951). Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.128>
- Jambeck, J., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T., Perryman, M., Andrady, A., & Law, K. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223). Recuperado de <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Katale, D., Kamara, V., & Adedeji, A. (2014). Investigation of the use of clayey soil mixed with cow dung to produce sustainable bricks. *Trends in Applied*

Sciences Research, 8(9), 406-424. Recuperado de <https://scialert.net/fulltext/?doi=tasr.2014.406.424>

Lahtela, V., Hyvärinen, M., & Kärki, T. (2019). Composition of Plastic Fractions in Waste Streams: Toward More Efficient Recycling and Utilization. *Polymers*, 11(1), 69. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/polym11010069>

Litibari, S., Mehrali, M., Mahlia, T., & Metselaar, H. (2013). Synthesis characterization and thermal properties of nanoencapsulated phase change material via sol-gel method. *Energy*; 61, 664-72. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.09.012>

Lizárraga, L. & González, E. (2015). Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de arcilla recocida, elaborados con incorporación de residuos agrícolas, caso Chiapas, México. *Ingeniería*, 19(2),91-101. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46750925002> [fecha de Consulta 16 de abril de 2022].

Lopez-Lara, T., Gonzalez-Vega, C.L., Hernandez-Zaragoza, J.B., Rojas-Gonzalez, E., Carreón-Freyre, D., Salgado-Delgado, R., Garcia-Hernandez, E., & Cerca, M. (2014). Application of optimum compaction energy in the development of bricks made with construction trash soils. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2014(2014), ID 835620, 1-5. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1155/2014/835620>

Maldonado, A., Corvalan, A., Cohenca, D., & Monteiro, M. (2018). Setting time of ecological bricks with different percentage PET. *KnE Engineering*, 3(1), 354-362. Recuperado de <https://doi.org/10.18502/keg.v3i1.1440>

- Mano, J. (2003). Propiedades térmicas de los polímeros en la enseñanza de la ciencia de materiales de ingeniería - Estudios DSC sobre (tereftalato de Polietileno). *Journal of Materials Education*, 25 (4-6). 155-170. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/266/26625607.pdf>
- Martínez, A., & Cote, M. (2014). Diseño y Fabricación de Ladrillo Reutilizando Materiales a Base de PET. *INGE CUC*, 10(2), 76-80.
- Maure, J., Candanedo, M., Madrid, J., Bolobosky, M., & Marín, M. (2018). Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas. *Revista De Iniciación Científica*. 4(1), 33-38. Recuperado de <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1816> [Consulta: 20 de marzo del 2022].
- Mercado, M., Esteves, A. & Filippín, C. (2010). Comportamiento termico-energético de una vivienda social de la ciudad de Mendoza, Argentina. *Ambiente Construido*, 10(2), 87-100. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000200006>
- Minam. (2015). Sigersol. Informe anual. Recuperado de <http://sigersol.minam.gob.pe/2015/verInforme.php?id=1291>
- Miyashiro, J., & Orejón, C. (2015). Reporte urbano ambiental. Una mirada a la periferia de la ciudad. Recuperado de http://urbano.org.pe/descargas/investigaciones/Reportes_vigilancia/Reporte-Ambiental-2016-01.pdf
- Molina, S., Vizcaíno, A. y Ramírez, F. (2007). *Estudio de las características físico - mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado en el municipio de Acacias (META)*. (Tesis de licenciatura, Universidad De La Salle,

Facultad de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia). 155p. Recuperado de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/284/

Moncloa, C. (2017). Confort Térmico: Un sistema aislante para la vivienda alto andina fabricada con materiales reciclados. *Modulo arquitectura-CUC*, 18(1), 73-90. Recuperado de <https://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.18.1.2017.04>

Nabilah, S., & Zulaikha, N. (2018). Plastic in Brick Application. *Trends in civil engineering and its architecture*. 3(1). Recuperado de <http://dx.doi.org/10.32474/TCEIA.2018.03.000152> [Consulta: 23 de marzo del 2022].

Neville, A. (2011). *Properties of Concrete*. 5th Edition. England: Pearson.

Norma Técnica Peruana 334.009. (2020). Cementos. Cementos Portland. Requisitos. 7ª Edición.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014). La inadecuada disposición final de residuos sólidos en Perú. Recuperado de <http://www.oefa.gob.pe/wp-content/uploads/2013/12/reporte-3-botaderos-criticos.jpg>

Paredes, F. & Arce, G. (2017). Estudio de estabilizadores en el adobe. *ResearchGate*. (2), 77 - 82. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/342665847>

Prieto, R. (2021). Combatiendo el frío en Ticlio Chico: el Tetra Brick como aislante térmico para las viviendas. *PLURIVERSIDAD*, (8), 161 - 182. Recuperado de <https://doi.org/10.31381/pluriversidad.v1i8.4587>

- Rahimi, A. & García, J. (2017). Chemical recycling of waste plastics for new materials production. *Nature Reviews Chemistry*, 1, 46. Recuperado de <https://doi.org/10.1038/s41570-017-0046>
- Ramírez, D. (2011). *Propuesta de un Material Compuesto con Base al PET Reciclado con Aplicaciones en Construcción*. (Tesis de maestría, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias Fisicomecánicas. Bucaramanga, Colombia). 109p.
- Ramos, E., Ocupa, D., Molina, J., Natividad, J., Espinoza, R., & Prieto, R. (2013). Acondicionamiento térmico para edificaciones rurales alto andinas. *XX simposio peruano de energía solar*, 13. Recuperado de <http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2013/12/Ramos-Martinez-Eduardo.pdf>
- Rueda, R. (2014). *Análisis del comportamiento mecánico de ladrillos estructurales utilizando el polipropileno de materiales plásticos reciclables*. (Tesis de licenciatura, Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería civil. Bucaramanga, Colombia). Recuperado de http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_27592
- Saikia, N., & De Brito, J. (2014). Mechanical properties and abrasion behaviour of concrete containing shredded PET bottle waste as a partial substitution of natural aggregate. *Construction and Building Materials*, 52, 236-244. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.049>
- Sakurai, C., Barreda, M., y Sota, J. (2010). *Absorción por Succión Capilar del Hormigón Endurecido*. (Tesis de becarios, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de La Plata. La Plata, Argentina).

- Santa María, R. (2008). La iniciativa de vivienda saludable en el Perú / The healthy housing initiative in Peru. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25(4), 419-430. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000400013
- Senamhi (2019). Estación meteorológica de Puente Piedra mes junio 2019. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- Senamhi (2020). Estación Von Humboldt periodo julio 2020. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- Senamhi (2022). Estación meteorológica Puente Piedra periodo junio 2022. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- Silva, D., Betioli, A., Gleize, P., Roman, H., Gómez, L. & Ribeiro, J. (2005). Degradation of recycled PET fibers in Portland Cement-based materials. *Cement and Concrete Research*, 35(9), 1741-1746. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.10.040>
- Silva, G. (2007). Albañilería reciclada para la fabricación de hormigón. (Tesis de licenciatura, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Valdivia, Chile). Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcis586e/doc/bmfcis586e.pdf>
- Sosa, M., Hobaica, M., & Rosales, L. (2000). Influencia de los componentes constructivos en la temperatura del aire interior de viviendas. *Interciencia*, 25(3),136-142. ISSN: 0378-1844. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33904503>

- Tolozano, M. (2016). *Uso de bloques de plástico reciclado para vivienda de interés social para mejoramiento de su micro-clima, plan “socio vivienda”, del Cantón Guayaquil, provincia del Guayas, zona 8.* (Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Guayaquil, Ecuador). Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11464/1/PDF%20TESIS%20DE%20MARTHA%20TOLOZANO%20-%20copia%20%282%29.pdf>
- Urquieta, W., Martínez, P. & Sarmiento, P. (2005). Evaluación de la humedad por condensación al interior de viviendas sociales. *Revista INVI*, 20(55), 154-165. ISSN: 0718-1299. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25805509> [Consulta: 29 de julio del 2022].
- Vélez, L. (2010). Permeabilidad y porosidad en concreto. *Revistas Tecnológicas*. 25(2010), 169-187. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12622/869> [Consulta: 29 de julio del 2022].
- Vidaud, E. & Vidaud, I. (2015). Método mecánico para la compactación del concreto: la vibración. *Revista Construcción y Tecnología* 4(11): 22-25. Recuperado de <http://www.revistacyt.com.mx/pdf/marzo2015/ingenieria.pdf> [Consulta: 10 de marzo del 2022].

X. ABREVIATURAS

PET: Polietileno tereftalato

M1: Muestra 1 (PET 35%)

M2: Muestra 2 (PET 40%)

M3: Muestra 3 (PET 45%)

M4: Muestra 4 (PET 50%)

M5: Muestra 5 (PET 55%)

M6: Muestra 6 (PET 60%)

HC1: Habitación común 1

HC2: Habitación común 2

HC3: Habitación común 3

HC4: Habitación común 4

HC5: Habitación común 5

ICHU: *Jarava Ichu*

XI. ANEXOS

Anexo 1. Solicitud de donación de *Jarava Ichu* a la dueña de predio en el centro poblado de Mirmaca, Pausa, Paucar de la Sara Sara Ayacucho.

SOLICITUD DE DONACIÓN

27 de febrero del 2021

Sra. Victoria De La Cruz,


Por medio de la presente me dirijo a usted para solicitarle la donación de *Jarava Ichu* (Ichu), planta que se encuentra en su terreno según se adjunta el cuadro con las coordenadas ubicadas en el centro poblado de Mirmaca, distrito de Pausa, Provincia Paucar del Sara Sara – Ayacucho.

PUNTOS	LATITUD	LONGITUD
PUNTO 1	15°14'53.72"S	73°20'58.67"O
PUNTO 2	15°14'52.98"S	73°20'58.57"O
PUNTO 3	15°14'52.95"S	73°20'57.69"O
PUNTO 4	15°14'53.51"S	73°20'57.70"O

Somos tesistas, egresados de la carrera Ingeniería ambiental de la universidad Científica del Sur. Su donación será para fines de la elaboración de nuestra tesis que se denomina "DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE LADRILLO A BASE DE PET Y *Jarava ichu* PARA CONSTRUCCIONES TERMOAISLANTES EN EL AA.HH. CIUDAD DE GOSEN (TICLIO CHICO) - LIMA".

Agradezco de antemano su atención y consideración.

Atentamente,


 Tesista John Walter
 Navarrete Huachallanqui


 Tesista Danyely
 Condori Santivañez


 Firma de recepción
 Sra Victoria De La Cruz

Anexo 2. Informe del resultado de la prueba mecánica resistencia a la compresión de M1 - PET 35%.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Centro de Ingeniería Civil Acreditado por
 Engineering
 Technology
 Accreditation
 Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : DANYELY ANYERY CONDORI SANTIVANÉZ / JOHN WALTER NAVARRETE HUACHALLANQUI
Obra : "DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE LADRILLO A BASE DE PET Y JARAVA ICHU PARA CONSTRUCCIONES TERMOAISLANTES"
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería
Expediente N° : 22-0152-1
Recibo N° : 76630
Fecha de emisión : 31/01/2022

1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillos de concreto elaborados en el LEM, los materiales fueron proporcionados e identificados por el solicitante.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de calibración: CMC-049-2021

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604.
 Procedimiento interno AT-PR-09.

4.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura de almacenamiento = 23.5 °C H.R. = 67 %

5.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo, 31 de Enero del 2022

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M1 - R1	21.5	11.7	9.6	251.6	34800	138.3
M1 - R2	21.6	11.7	9.8	252.7	35000	138.5
M1 - R3	21.6	12.2	9.9	263.5	36000	136.6

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sres. E.G.V./C.G.A.
 Digitado : C.V.M.


 Ing. Oscar Miranda Hospital
 Jefe (a) del Laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, 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 nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 3. Informe del resultado de la prueba mecánica resistencia a la compresión de M2 - PET 40%.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carerra de Ingeniería Civil Acreditada por
 Engineering Technology Accreditation Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : DANYELY ANYERY CONDORI SANTIVÁNEZ / JOHN WALTER NAVARRETE HUACHALLANQUI
Obra : "DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE LADRILLO A BASE DE PET Y JARAVA ICHU PARA CONSTRUCCIONES TERMOAISLANTES"
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería
Expediente N° : 22-0152-2
Recibo N° : 76630
Fecha de emisión : 31/01/2022

1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillos de concreto elaborados en el LEM, los materiales fueron proporcionados e identificados por el solicitante.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
Certificado de calibración: CMC-049-2021

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604.
Procedimiento interno AT-PR-09.

4.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura de almacenamiento = 23.5 °C H.R. = 67 %

5.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo, 31 de Enero del 2022

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M2 - R1	22.0	11.7	9.6	257.4	27000	104.9
M2 - R2	22.0	12.1	9.6	266.2	31800	119.5
M2 - R3	21.8	12.5	10.0	272.5	27600	101.3

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
Técnico : Sres. E.G.V./C.G.A.
Digitador : C.V.M.

Ing. Oscar Miranda Hospital
Jefe (e) del Laboratorio

NOTAS:
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, 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 nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
(511) 381-3343
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

Anexo 4. Informe del resultado de la prueba mecánica resistencia a la compresión de M3 - PET 45%.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carretera de Ingeniería Civil Acreditada por
 Engineering Technology Accreditation Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : DANYELY ANYERY CONDORI SANTIVÁÑEZ / JOHN WALTER NAVARRETE HUACHALLANQUI
Obra : "DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE LADRILLO A BASE DE PET Y JARAVA ICHU PARA CONSTRUCCIONES TERMOAISLANTES"
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería
Expediente N° : 22-0152-3
Recibo N° : 76630
Fecha de emisión : 31/01/2022

1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillos de concreto elaborados en el LEM, los materiales fueron proporcionados e identificados por el solicitante.
2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
Certificado de calibración: CMC-049-2021
3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604.
Procedimiento interno AT-PR-09.
4.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura de almacenamiento = 23.5 °C H.R. = 67 %
5.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo, 31 de Enero del 2022

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M3 - R1	21.8	12.3	9.3	258.1	27800	103.7
M3 - R2	21.8	12.0	9.9	261.6	27800	105.5
M3 - R3	21.8	12.4	9.2	270.3	30000	111.0

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
Técnico : Sres. E.G.V./C.G.A.
Digitador : C.V.M.



Ing. Oscar Miranda Hospital
Jefe (e) del Laboratorio

NOTAS:
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, 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 nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001

📍 Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
📞 (511) 381-3343
📞 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

🌐 www.lem.uni.edu.pe
✉ lem@uni.edu.pe
🏢 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 5. Informe del resultado de la prueba mecánica resistencia a la compresión de M4 - PET 50%.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carera de Ingeniería Civil Acreditada por
 Engineering
 Technology
 Accreditation
 Commission

INFORME

Del **A** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 : DANYELY ANYERY CONDORI SANTIVANÉZ / JOHN WALTER NAVARRETE
 HUACHALLANQUI

Obra : "DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE LADRILLO A BASE DE PET Y JARAVA ICHU
 PARA CONSTRUCCIONES TERMOAISLANTES"

Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería
 Expediente N° : 22-0152-4
 Recibo N° : 76630
 Fecha de emisión : 31/01/2022

1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillos de concreto elaborados en el LEM, los materiales fueron proporcionados e identificados por el solicitante.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de calibración: CMC-049-2021

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604.
 Procedimiento interno AT-PR-09.

4.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura de almacenamiento = 23.5 °C H.R. = 67 %

5.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo, 31 de Enero del 2022

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M4 - R1	21.7	11.7	10.0	253.9	29800	117.4
M4 - R2	21.6	11.7	9.7	252.7	28000	110.8
M4 - R3	21.7	12.2	9.7	264.7	33400	126.2

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sres. E.G.V./C.G.A.
 Dictador : C.V.M.


 Ing. Osper Miranda Hospital
 Jefe (e) del Laboratorio



NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, 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 nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 6. Informe del resultado de la prueba mecánica resistencia a la compresión de M5 - PET 55%.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carreres de Ingeniería Civil Acreditada por
 Engineering Technology Accreditation Commission

INFORME

Del A : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 : DANYELY ANYERY CONDORI SANTIVANEZ / JOHN WALTER NAVARRETE HUACHALLANQUI

Obra : "DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE LADRILLO A BASE DE PET Y JARAVA ICHU PARA CONSTRUCCIONES TERMOAISLANTES"

Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería

Expediente N° : 22-0152-5

Recibo N° : 76630

Fecha de emisión : 31/01/2022

1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillos de concreto elaborados en el LEM, los materiales fueron proporcionados e identificados por el solicitante.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de calibración: CMC-049-2021

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604.
 Procedimiento interno AT-PR-09.

4.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura de almacenamiento = 23.5 °C H.R. = 67 %

5.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo, 31 de Enero del 2022

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M5 - R1	21.5	11.6	9.8	249.4	30200	121.1
M5 - R2	21.6	11.6	9.6	250.6	27600	110.1
M5 - R3	21.6	12.2	9.5	263.5	26600	100.9

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sres. E.G.V./C.G.A.
 Dictador : C.V.M.


 Ing. Oscar Miranda Hospinal
 Jefe (e) del Laboratorio

NOTAS:

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, 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 nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 7. Informe del resultado de la prueba mecánica resistencia a la compresión de M6 - PET 60%.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Centro de Ingeniería Civil Acreditado por
 Engineering Technology Accreditation Commission

INFORME

Del A : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : DANYELY ANYERY CONDORI SANTIVÁÑEZ / JOHN WALTER NAVARRETE HUACHALLANQUI
Obra : "DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE LADRILLO A BASE DE PET Y JARAVA ICHU PARA CONSTRUCCIONES TERMOAISLANTES"
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería
Expediente N° : 22-0152-6
Recibo N° : 76630
Fecha de emisión : 31/01/2022

1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillos de concreto elaborados en el LEM, los materiales fueron proporcionados e identificados por el solicitante.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de calibración: CMC-049-2021

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604.
 Procedimiento interno AT-PR-09.

4.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura de almacenamiento = 23.5 °C H.R. = 67 %

5.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo, 31 de Enero del 2022

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M6 - R1	21.7	12.1	9.6	262.6	28600	108.9
M6 - R2	21.7	11.8	10.0	256.1	26200	102.3
M6 - R3	21.6	11.8	9.9	254.9	30400	119.3

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sres. E.G.V./C.G.A.
 Digitador : C.V.M.



 Ing. Oscar Miranda Hospital
 Jefe (e) del Laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del Laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



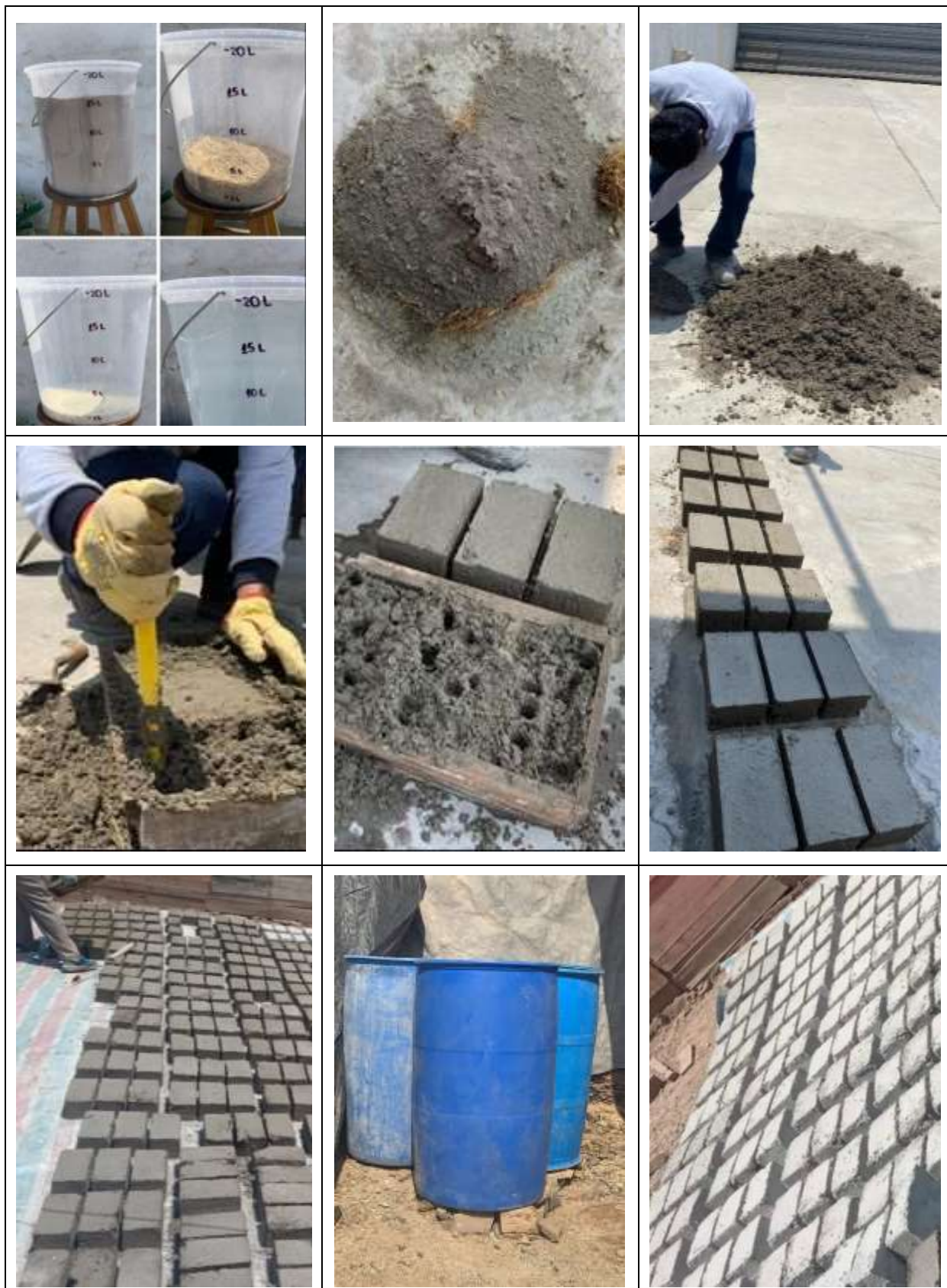
UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Anexo 8. Panel fotográfico del procedimiento de la elaboración de 575 ladrillos.



Anexo 9. Panel fotográfico del procedimiento de construcción del prototipo vivienda.



Anexo 10. Manual de operación y ficha técnica del termohigrómetro H15.

MANUAL DE OPERACIÓN

EQUIPO: TERMHIGRÓMETRO DIGITAL
CÓDIGO: 10305
MARCA: IPC
MODELO: HT-15



Configuración de Fecha/hora:

- Presionar el botón "MODE" por 3 segundos para ingresar a la configuración, presionar el botón "ADJ." para seleccionar al modo 12 horas o modo 24 horas, presionar el botón "MODE" una vez para cambiar la hora, utilizando el botón "ADJ." Una vez configurada la hora presionar el botón "MODE" una vez para volver a la pantalla normal.

Configuración de Alarma de Temperatura (Sensor externo):

- Para activar la función presione el botón "ALERT" una vez, la configuración aparecerá "90.0°C" (High Alarm) y con el botón "ADJ." se podrá activar \square y desactivar la alarma. Manteniendo presionado el botón "ALERT" por 3 segundos, se podrá ajustar la temperatura de la alarma haciendo uso del botón "ADJ.", una vez configurado la temperatura, volver a presionar el botón "ALERT", aparecerá "90.0°C" (Low Alarm) y con el botón "ADJ." se podrá activar \square o desactivar la alarma. Manteniendo presionado el botón "ALERT" por 3 segundos, se podrá ajustar la temperatura de alarma haciendo uso del botón "ADJ.", una vez configurado la temperatura la temperatura presionar el botón "ALERT" para finalizar.

FICHA TÉCNICA

EQUIPO: TERMHIGRÓMETRO DIGITAL
CÓDIGO: 10305
MARCA: IPC
MODELO: HT-15



CARACTERÍSTICAS:

- Display con Temperatura Interior (Sensor Interno), Temperatura Exterior (Sensor externo) y sensor de humedad relativa.
- Grabación de temperaturas MIN y MAX.
- Presenta alarma sonora de temperatura MIN y MAX configurable para el sensor externo.
- Medición en °C y °F.
- Presenta función de hora y alarma.
- Dimensiones: 145x62x24 mm
- Operación con 1.5 v (1 pila AAA)

Rango de medición de Temperatura	IN	-30 °C a 50 °C
	OUT	-50 °C a +95 °C
Rango de medición de Humedad	20% HR a 90% HR	
	Temperatura	0.1 °C
Resolución	Humedad	1% HR
	Temperatura	±1 °C
Exactitud	Humedad	±5% HR

Garantía de 12 meses

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 002439

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0546-TH-IPC-2022
Página 1 de 2

1. CLIENTE: JENI LOPEZTE MARCALANDA

DIRECCIÓN: Avda. Andrés Bello, San Juan de los Rios, 1300, Lina

2. EQUIPO DE MEDICIÓN: TERMHIGRÓMETRO DIGITAL

Marca: IPC

Modelo: HT-15

Fecha de compra: 22/06/2022

Medida de referencia: 10.0 °C ± 0.05
20.0 °C ± 0.05
30.0 °C ± 0.05
20% HR a 90% HR

Temperatura ambiente: 21.5 °C

Resolución: 0.1 °C

Presión: 1013.25 hPa

Identificación: HT-15-024

Etiqueta: 02/05/2022

TICHA 05: 0000000

URL: www.ipc.com.co

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN: Calibración por comparación con el estándar de referencia y comparación de resultados con estándares certificados.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN: Laboratorio de Metrología de Instrumental Project Consulting Associates S.A. Av. Páez E. 50, Páez, Tolima, 1700, Colombia

5. OBSERVACIONES: Los resultados de la calibración dependen del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

6. RESULTADOS:

INDICACIONES OBSERVADAS	CONCORDANCIA	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE ESTABLECIDA	INCERTIDUMBRE
10.0 °C	0.00	10.0	0.05
20.0 °C	0.00	20.0	0.05
30.0 °C	0.00	30.0	0.05

Temperatura Convencionalmente Establecida = Referencia del Tratamiento = Constante

INDICACIONES OBSERVADAS	CONCORDANCIA	HUMEDAD CONVENCIONALMENTE ESTABLECIDA	INCERTIDUMBRE
20%	0.0	20%	0.5
30%	0.0	30%	0.5
90%	0.0	90%	0.5

Humedad Convencionalmente Establecida = Referencia del Tratamiento = Constante

Página 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 002440

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0546-TH-IPC-2022
Página 2 de 2

1. CONDICIONES AMBIENTALES:

Temperatura T	21.5	21.5
Humedad relativa RH	50	50

2. TRAZABILIDAD: Este certificado de calibración incorpora la trazabilidad a los patrones nacionales, por medio del estándar de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

CONDICIÓN	UNIDAD	CERTIFICADO DE TRAZABILIDAD
Temperatura de referencia de 10.0 °C	Temperatura Punto de triple punto del agua	11-194-0007
Temperatura de referencia de 20.0 °C	Temperatura Punto de triple punto del agua	11-194-0007

3. OBSERVACIONES: Los resultados de la calibración dependen del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

4. RESULTADOS:

INDICACIONES OBSERVADAS	CONCORDANCIA	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE ESTABLECIDA	INCERTIDUMBRE
10.0 °C	0.00	10.0	0.05
20.0 °C	0.00	20.0	0.05
30.0 °C	0.00	30.0	0.05

Temperatura Convencionalmente Establecida = Referencia del Tratamiento = Constante

INDICACIONES OBSERVADAS	CONCORDANCIA	HUMEDAD CONVENCIONALMENTE ESTABLECIDA	INCERTIDUMBRE
20%	0.0	20%	0.5
30%	0.0	30%	0.5
90%	0.0	90%	0.5

Humedad Convencionalmente Establecida = Referencia del Tratamiento = Constante

Página 2 de 2

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL o PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO

International Project Consulting Associates S.A.
Calle Páez E. 50, Páez, Tolima, 1700, Colombia. Teléfono: +57 (312) 800 0007 / +57 (312) 800 0023
E-mail: info@ipc.com.co Web: www.ipc.com.co

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL o PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO

International Project Consulting Associates S.A.
Calle Páez E. 50, Páez, Tolima, 1700, Colombia. Teléfono: +57 (312) 800 0007 / +57 (312) 800 0023
E-mail: info@ipc.com.co Web: www.ipc.com.co

Anexo 11. Análisis de temperaturas mediante SPSS, test de Dunnett.

Unidireccional

[ConjuntoDatos0]

ANOVA

TEMPERATURA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	37,067	5	7,413	23,411	,000
Dentro de grupos	7,600	24	,317		
Total	44,667	29			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: TEMPERATURA

T de Dunnett (bilateral)^a

(I) VIVIENDA	(J) VIVIENDA	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de ...
					Límite inferior
HC1	CONTROL	-2,4000*	,3559	,000	-3,359
HC2	CONTROL	-3,0000*	,3559	,000	-3,959
HC3	CONTROL	-3,2000*	,3559	,000	-4,159
HC4	CONTROL	-3,2000*	,3559	,000	-4,159
HC5	CONTROL	-2,2000*	,3559	,000	-3,159

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: TEMPERATURA

T de Dunnett (bilateral)^a

(I) VIVIENDA	(J) VIVIENDA	Intervalo de ...
		Límite superior
HC1	CONTROL	-1,441
HC2	CONTROL	-2,041
HC3	CONTROL	-2,241
HC4	CONTROL	-2,241
HC5	CONTROL	-1,241

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Anexo 12. Análisis de humedad relativa mediante SPSS, test de Dunnett.

Unidireccional

ANOVA

HUMEDAD_RELATIVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	134,000	5	26,800	9,295	,000
Dentro de grupos	69,200	24	2,883		
Total	203,200	29			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: HUMEDAD_RELATIVA

T de Dunnett (bilateral)^a

(I) VIVIENDA	(J) VIVIENDA	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de ...
					Límite inferior
HC1	CONTROL	-,2000	1,0739	1,000	-3,095
HC2	CONTROL	1,6000	1,0739	,447	-1,295
HC3	CONTROL	3,2000*	1,0739	,027	,305
HC4	CONTROL	5,4000*	1,0739	,000	2,505
HC5	CONTROL	-,4000	1,0739	,995	-3,295

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: HUMEDAD_RELATIVA

T de Dunnett (bilateral)^a

(I) VIVIENDA	(J) VIVIENDA	Intervalo de ...
		Límite superior
HC1	CONTROL	2,695
HC2	CONTROL	4,495
HC3	CONTROL	6,095
HC4	CONTROL	8,295
HC5	CONTROL	2,495

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Anexo 13. Ficha técnica de ladrillo King Kong de concreto tipo 10 y tipo 14.

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA									
PRODUCTO: LADRILLO MACIZO KING KONG TIPO 10 Y TIPO 14									
		D-CC-EST-17 Versión 04							
<p>Descripción: Unidad de albañilería de dimensiones modulares fabricado con cemento portland, agua, agregados, con o sin aditivos que puede ser manipulada con una sola mano, su diseño y composición le confieren propiedades como aislante acústico y térmico.</p>									
Ensayo	Requisito	Norma de Referencia	Norma de Ensayo						
DIMENSIONES	Largo: 24 cm Ancho: 13 cm Alto: 9 cm	NTP 399.601	NTP 399.604						
TIPO DE SECCIÓN Unidad sólida (Maciza)	Sección sólida: $\geq 75\%$	NTP 399.601	NTP 399.604						
VARIACIÓN DIMENSIONAL	Largo, Ancho y Alto: ± 3.2 mm	NTP 399.601	NTP 399.604						
ABSORCIÓN, Máx., % (Promedio de 3 Unidades)	$\leq 12\%$ del peso seco	NTP 399.601	NTP 399.604						
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Min, MPa Respecto al área bruta promedio (Promedio de 3 Unidades) (Unidad Individual)	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">KING KONG TIPO 10</td> <td style="text-align: center;">KING KONG TIPO 14</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10 MPa (102 kg/cm²)</td> <td style="text-align: center;">14 MPa (142.8 kg/cm²)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">8 MPa (81.6 kg/cm²)</td> <td style="text-align: center;">10 MPa (102 kg/cm²)</td> </tr> </table>	KING KONG TIPO 10	KING KONG TIPO 14	10 MPa (102 kg/cm ²)	14 MPa (142.8 kg/cm ²)	8 MPa (81.6 kg/cm ²)	10 MPa (102 kg/cm ²)	NTP 399.601	NTP 399.604
KING KONG TIPO 10	KING KONG TIPO 14								
10 MPa (102 kg/cm ²)	14 MPa (142.8 kg/cm ²)								
8 MPa (81.6 kg/cm ²)	10 MPa (102 kg/cm ²)								
COLOR, TEXTURA Y APARIENCIA:	Conforme a la muestra aprobada	NTP 399.601	Procedimiento interno: SGC-PRO-06-D1008						
<p>Usos: En muros portantes, tabiquería, parapetos de albañilería armostrada, etc. Su uso está especificado por norma en donde se requiera moderada resistencia a la compresión. El ladrillo DINO cumple ampliamente el requisito de absorción (máx. 7%), lo cual hace que sea altamente resistente a la penetración del agua y la acción del frío. Su forma y uniformidad dimensional representan un ahorro al requerir espesores mínimos de terraje y también puede ser usado en aplicaciones cara vista.</p>									
Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:						
Mena Nieves, José Jefe de Gestión de Calidad	Fernando Gastañadul Ruiz Superintendente de Gestión de Calidad, Alindor Sánchez Ramos / Luciano Jave Shirley Espinoza Berrú / Manuel Chunga Supervisores de Planta	Gastañadul Ruiz, Fernando Superintendente de Gestión de Calidad	07/12/2016						
<p>Cambios respecto a la versión anterior: Se modificó el requisito de tipo de sección.</p>									