

Mejoramiento de calidad térmica en viviendas rurales utilizando bloques de fibrocemento en Masacruz, región Puno

Improvement of thermal quality in rural houses using fiber cement blocks, in Masacruz, Puno region

William Josue Ccopa Peralta^{1,a}, Yvan Huaricallo Vilca^{2,b}, Angel Dario Poma Flores^{1,c}

Recibido: 30/04/2023 - Aprobado: 08/06/2023 - Publicado: 06/10/2023

RESUMEN

Esta investigación evalúa y propone una vivienda rural térmica, construida con bloques de cemento con fibras de stipa ichu (fibrocemento), con el fin de ahorrar energía y mejorar el confort térmico de los habitantes. Se llevó a cabo una evaluación técnica de los materiales utilizados en la construcción de la vivienda y se construyó la vivienda prototipo de 7.5 m² con los bloques, donde se evaluó y comparó la temperatura en el interior de una vivienda rural típica de la zona con la vivienda prototipo a la variación térmica. Se reportó un máximo de 22.2 °C y un mínimo de 10.1 °C en la vivienda prototipo, mientras que en la vivienda típica rural, un máximo de 14.6 °C y un mínimo de -2.3 °C en los meses de setiembre a diciembre de 2021, el cual mejoró las condiciones térmicas. La propuesta técnica de una vivienda rural térmica, construida con bloques de cemento adicionado con fibras de stipa ichu, puede emplearse como material para la construcción en las viviendas rurales para atenuar las bajas temperaturas. Los resultados obtenidos indican que la vivienda construida con bloques de fibrocemento mejora significativamente las características térmicas, en comparación con viviendas construidas con otros materiales convencionales.

Palabras claves: Stipa ichu, rural, confort térmico, bloque fibrocemento, temperatura, prototipo.

ABSTRACT

This research evaluates and proposes a thermal rural house built with cement blocks added Stipa Ichu fibers (fibre-cement), in order to save energy and improve the thermal comfort of the inhabitants, a technical evaluation of the materials used in the building was carried out. the construction of the house, the 7.5 m² prototype house was built with the blocks, where the temperature inside a typical rural house in the area was evaluated and compared with the prototype house to the thermal variation reported a maximum of 22.2°C and a minimum of 10.1°C in the prototype house, while in the typical rural house a maximum of 14.6°C and a minimum of -2.3°C in the months of September to December 2021, which improved the conditions thermal, finally the technical proposal of a rural thermal house built with cement blocks added with Stipa ichu fibers can be used as a material for construction in rural houses thus attenuating low temperatures, the results obtained indicate that the house built with blocks of fiber cement significantly improves thermal characteristics compared to houses built with other conventional materials.

Keywords: Stipa Ichu, rural, thermal comfort, fiber cement block, temperature, prototype.

1 Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Puno, Perú.

2 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Lima, Perú.

a. Ingeniero Civil. E-mail: wccopa.armar@gmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2222-2455>

b. Docente. Autor para correspondencia: yhuaricallov@unmsm.edu.pe – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7641-0730>

c. Ingeniero Civil. E-mail: dario_tronic@hotmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2955-5167>

I. INTRODUCCIÓN

En las zonas rurales del Perú, especialmente en la región andina, la construcción de viviendas es una necesidad latente. La falta de tecnología y recursos económicos se convierte en una barrera para el desarrollo de habitaciones eficientes y sostenibles; por tanto, el objetivo principal de esta investigación es evaluar y proponer la construcción de una habitación térmica con bloques de cemento adicionado con fibras de stipa ichu (conocido como fibrocemento).

La presente investigación pretende mejorar la calidad térmica en viviendas rurales utilizando bloques de fibrocemento. Consiste en la construcción de un prototipo de vivienda utilizando bloques de cemento adicionado con fibras de stipa ichu, que son producidos con material de la zona, lo que reduce los costos y favorece la economía de la comunidad. Además, se ha capacitado a los habitantes de la comunidad en técnicas de construcción y en el manejo de los bloques de fibrocemento. El objetivo es mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en las viviendas rurales, brindándoles un ambiente más saludable y confortable.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, ha construido viviendas térmicas en zonas altas de la sierra del Perú, sin embargo, los pobladores de estas zonas altas utilizan estas viviendas como almacenes.

Care (2015) precisa que las viviendas rurales adecuadas logran reducir enfermedades pulmonares porque disminuyen el frío, el viento y otras condiciones climatológicas y mejora el confort. En el Perú la pobreza extrema y dispersión, crean una población rural vulnerable ante climas extremos en regiones altoandinas; un 35% de viviendas rurales presenta déficit por la falta de calidad, las condiciones de temperatura en su interior son muy bajas, a pesar de la presencia de personas, las temperaturas fluctúan de 0 °C hasta 3 °C, según Reiser, J., & Wieser, M. (2016).

Suasaca Pelinco, Apaza Mamani, Flores Alfaro, Perca Chura, & Quinto Machaca (2020), en su artículo de investigación denominada Influencia de las pacas de avena en la temperatura y humedad en las viviendas en zonas altoandinas, cuyo objetivo fue construir una vivienda rural típica de la zona altoandina con fardos de avena comprimida, creando un aislamiento térmico para lograr un adecuado confort térmico, concluyeron que la vivienda construida a base de fardos de avena, mostró mayor confort térmico (en 9.6 °C) en comparación a la vivienda tradicional. Según los registros realizados durante 21 días

del mes de octubre del año 2019, a las 5:00 a.m., en el exterior de la vivienda, se midió una temperatura mínima de aproximadamente 0.1 °C y en el interior de la vivienda construida con fardos de avena, se verificó una temperatura mínima de 9.7 °C.

Las viviendas rurales típicas construidas de adobe están siendo reemplazadas por el bloque de concreto (bloqueta), la desventaja de construir con bloques de concreto, es su alta conductividad térmica, pues esto ocasiona que en climas extremos como en el centro poblado de Chullunquiani, distrito de Santa Rosa-Mazocruz, de la provincia de El Collao en la región Puno, las ganancias de calor sean muy bajas, debido al descenso de la temperatura nocturna. El SENAMHI indica que el promedio es de -2 °C, y en la estación de invierno desciende hasta los -22.6 °C. Este descenso de la temperatura se da con un cielo despejado y escasa nubosidad, que se presentan durante todo el año y afecta directamente a la salud de los pobladores de dicha zona. El limitado acceso a los materiales de construcción con bondades térmicas y también las deficiencias de construcción que presentan sus viviendas, por ejemplo, agujeros que generan puentes térmicos, dan lugar a la pérdida de calor en el interior de las viviendas.

Esta realidad nos impulsó a realizar la presente investigación, en la que se propone una vivienda rural térmica construida con bloques de cemento, añadidos con fibras de stipa ichu, un recurso renovable, disponible y abundante en la zona con un costo económico y accesible. Esta propuesta pretende mejorar la calidad de vida, el confort térmico y la salud de los pobladores.

II. MÉTODOS

El método es experimental, razón por la cual se construye una vivienda prototipo.

2.1 Construcción de la vivienda prototipo

La construcción se realizó en el centro poblado de Chullunquiani del distrito de Santa Rosa, ubicada 4167.53 m s.n.m. y a 23 km de Mazocruz, provincia de El Collao.

2.2 Tamaño de la vivienda prototipo

El área de la vivienda prototipo se define realizando las medidas a las viviendas de Chullunquiani, razón por la cual en la Tabla 1 se consideró un área promedio de las viviendas típicas del lugar. Esta medición se hizo a una habitación "dormitorio" que es utilizada por el poblador.

Tabla 1

Tamaño de la vivienda prototipo

Vivienda prototipo		Vivienda rural típica	
	Longitudes		Longitudes
Largo	3.00 m	Largo	3.06 m
Ancho	2.50 m	Ancho	2.52 m
Alto	1.80 m	Alto	1.78 m
Área	7.50 m ²	Área	7.53 m ²
Volumen	13.50 m ³	Volumen	13.48 m ³
Espesor de muro	15.00 cm	Espesor de muro	20-40 cm

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 1 se presenta el proceso constructivo de la vivienda prototipo, para posteriormente realizar el análisis de la temperatura con la vivienda típica.

2.3 Vaciado del piso de la vivienda prototipo

El piso se rellena con material propio de la zona, luego se nivela y compacta hasta un espesor de 10 cm; un siguiente paso es el vaciado del concreto para el falso piso de 2.5 cm sobre la base de material propio compactado y nivelado.

2.4 Acabados

En la Figura 2 se muestra el acabado interior es con yeso, con un espesor de 2 cm, cuya dosificación en volumen para yeso y agua es 4 volúmenes de agua por 10 de yeso, la mezcla se debe emparejar con un frotacho tomando los puntos de referencia, este se debe aplicar de tal manera que se deba conseguir una superficie lisa, la mezcla se convertirá en una pasta que debe emplearse inmediatamente

después del amasado, luego limpiar convenientemente los utensilios de trabajo. Se debe conseguir cubrir la mayor parte de la superficie para mejorar el acabado.

2.5 Colocado de la ventana, puerta y piso

Las dimensiones de la ventana son de 0.70 m de largo y 0.60 m de alto, con doble vidrio de 2 mm y puerta metálica de 0.90 x1.80 m de alto; el piso es de material de PVC diseño madera de 3 mm de espesor.

2.6 Colocado del cielo raso

El cielo raso se construyó con las fibras de stipa ichu en manojos de un diámetro aproximado de 12 cm colocadas en el techo, estas fueron sujetadas por medio de alambre galvanizado N° 23 (1 mm) y amarradas a clavos 1 1/2 pul en los listones, para mejorar el aislamiento térmico y finalmente se colocó una manta arpillera de polipropileno para un mejor acabado.

Figura 1

Procedimiento constructivo - vivienda prototipo

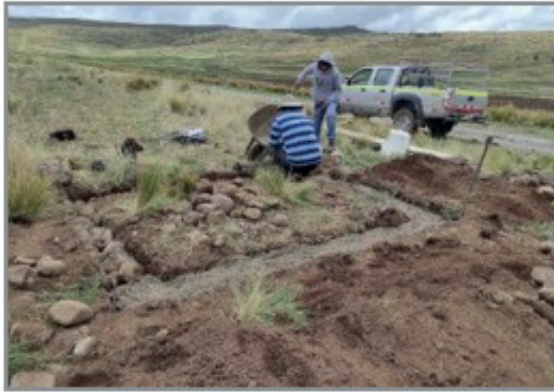


Figura 2

Acabado en el interior de los muros



Nota: (A) Enlucido con yeso, (B) Nivelacion del Enlucido con yeso, (C) Enlucido termiando con yeso, (D) Enlucido termiando con yeso

2.7 Colocación de sensores de temperatura al interior

En la Figura 3 se evidencia el proceso de medición de temperaturas a través de sensores dentro de una vivienda rural ya existente de material de adobe y se colocó un sensor en la vivienda construida por los investigadores para tomar la temperatura de ambas viviendas y poder

obtener los resultados que se muestran en los párrafos más abajo.

2.8 Vivienda tradicional y prototipo

En la Figura 4 se muestra una vivienda típica y una vivienda prototipo concluida, para realizar la lectura de las temperaturas.

Figura 3

Colocación de sensores de temperatura al interior de la vivienda



Figura 4

Comparativo de la vivienda rural típica con el prototipo



Nota: (a) Vivienda rural típica de la zona 16/09/2021

(b) Vivienda construida con bloques de stipa ichu 16/09/2021

III. RESULTADOS

3.1. Resultados de la evaluación térmica de la vivienda prototipo y vivienda rural típica

Se muestran tablas y gráficos de los reportes de la evaluación térmica de la vivienda prototipo y vivienda rural típica del periodo de evaluación (16 de setiembre al 16 de diciembre de 2021). Los instrumentos que se utilizaron fueron 2 termómetros electrónicos modelo Data Logger Elitech RC-5, con capacidad programable para rangos de lectura de temperaturas desde -30°C a 70 °C, tanto en la vivienda prototipo y vivienda rural típica de la zona de estudio.

3.1.1. Registro del mes de setiembre

En la Figura 5 se muestra el reporte de registro de temperaturas durante los últimos 15 días del mes de

setiembre, la vivienda prototipo alcanzó una temperatura máxima y mínima promedio de 22.1 °C y 12.4 °C, mientras que la vivienda rural típica alcanzó una temperatura máxima y mínima promedio de 14.9 °C y 3.5 °C. La variación de la temperatura entre la vivienda prototipo y la vivienda rural típica se da por la diferencia de las temperaturas máximas y mínimas promedio.

$$\Delta T_{max} = 22.1 - (14.9) = 7.2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{min} = 12.4 - (3.5) = 8.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Por tanto, concluimos que la vivienda prototipo propuesta construida con bloques de stipa ichu presenta un mayor confort térmico a comparación de la vivienda rural típica con una $\Delta T_{max} = 7.2 \text{ } ^\circ\text{C}$ y $\Delta T_{min} = 8.9 \text{ } ^\circ\text{C}$.

En la Figura 6 se representa la variación de temperatura en el día más caluroso durante el mes de setiembre entre la vivienda rural típica y la vivienda prototipo, donde se observa que la temperatura máxima en la vivienda rural típica es 16.5 °C.

En la Figura 7 se representa la variación de temperatura en el día más frío durante el mes de setiembre entre la vivienda rural típica y la vivienda prototipo, donde se observa que la temperatura mínima en la vivienda rural típica es de 1.9 °C.

3.1.2. Registro del mes de octubre

En la Figura 8 se muestra el reporte de registro de temperaturas durante los 31 días del mes de octubre, la vivienda prototipo alcanzó una temperatura máxima y mínima promedio de 22.4 °C y 11.7 °C, mientras que la vivienda rural típica alcanzó una temperatura máxima y mínima promedio de 14.7 °C y 3.4 °C, la variación de la temperatura entre la vivienda prototipo y la vivienda rural típica se da por la diferencia de las temperaturas máximas y mínimas promedio.

$$\Delta T_{max} = 22.4 - (14.7) = 7.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{min} = 11.7 - (3.4) = 8.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Por tanto, concluimos que la vivienda prototipo propuesta construida con bloques de stipa ichu presenta un mayor confort térmico a comparación de la vivienda rural típica con una $\Delta T_{max} = 7.7 \text{ } ^\circ\text{C}$ y $\Delta T_{min} = 8.3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

En la Figura 9 se muestra la variación de temperatura en el día más caluroso durante el mes de octubre entre la vivienda rural típica y la vivienda prototipo, donde se observa que la temperatura máxima en la vivienda rural típica es de 17.0 °C.

En la Figura 10 se representa la variación de temperatura en el día más frío durante el mes de octubre entre la vivienda rural típica y la vivienda prototipo, donde se observa que la temperatura mínima en la vivienda rural típica es de 1.4 °C.

En la Figura 11 se muestra el reporte de registro de temperaturas durante los 30 días del mes de noviembre, la vivienda prototipo alcanzó una temperatura máxima y mínima promedio de 22.6 °C y 9.0 °C, mientras que la vivienda rural típica alcanzó una temperatura máxima y mínima promedio de 15.0 °C y 1.7 °C, la variación de la temperatura entre la vivienda prototipo y la vivienda rural típica se da por la diferencia de las temperaturas máximas y mínimas promedio.

$$\Delta T_{max} = 22.6 - (15.0) = 7.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{min} = 9.0 - (1.7) = 7.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Por tanto, concluimos que la vivienda prototipo propuesta y construida con bloques de stipa ichu presenta un mayor confort térmico a comparación de la vivienda rural típica con una $\Delta T_{max} = 7.6 \text{ } ^\circ\text{C}$ y $\Delta T_{min} = 7.3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

En la Figura 12 se representa la variación de temperatura en el día más caluroso durante el mes de noviembre entre la vivienda rural típica y la vivienda prototipo, donde se observa que la temperatura máxima en la vivienda rural típica es de 17.9 °C.

En la Figura 13 se representa la variación de temperatura en el día más frío durante el mes de noviembre entre la vivienda rural típica y la vivienda prototipo, donde se observa que la temperatura mínima en la vivienda rural típica es de -0.9 °C.

En la Figura 14 se muestra el reporte de registro de temperaturas durante los 16 días del mes de diciembre, la vivienda prototipo alcanzó una temperatura máxima y mínima promedio de 21.4 °C y 7.2 °C, mientras que la vivienda rural típica alcanzó una temperatura máxima y mínima promedio de 13.8 °C y 0.7 °C, la variación de la temperatura entre la vivienda prototipo y la vivienda rural típica se da por la diferencia de las temperaturas máximas y mínimas promedio.

$$\Delta T_{max} = 21.4 - (13.8) = 7.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{min} = 7.2 - (0.7) = 6.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Por tanto, concluimos que la vivienda prototipo propuesta y construida con bloques de stipa ichu presenta un mayor confort térmico a comparación de la vivienda rural típica con una $\Delta T_{max} = 7.6 \text{ } ^\circ\text{C}$ y $\Delta T_{min} = 6.5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

En la Figura 15 se representa la variación de temperatura en el día más caluroso durante el mes de diciembre entre la vivienda rural típica y la vivienda prototipo, donde se observa que la temperatura máxima en la vivienda rural típica es 16.5 °C.

En la Figura 16 se representa la variación de temperatura en el día más frío durante el mes de diciembre entre la vivienda rural típica y la vivienda prototipo, donde se observa que la temperatura mínima en la vivienda rural típica es de -1.1 °C.

IV. DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra los modelos de investigaciones anteriores y la investigación actual, obteniendo la ecuación de regresión lineal $y = -0.23x + 9.3$, con la cual se determinaron las temperaturas para los meses de mayo, junio, julio y agosto, lo que nos permite inferir que la investigación actual tiene mucha similitud con las investigaciones anteriores, por lo que la construcción de la vivienda prototipo muestra confort térmico.

Después de realizar la comparación entre las temperaturas máximas y mínimas de SEHNAMI y la vivienda prototipo, se determinó que las temperaturas para los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre tienen una marcada diferencia respecto a las de SEHNAMI, de donde se puede inferir que la construcción de la vivienda prototipo muestra confort térmico.

Figura 5
Comparación de temperaturas mínimas (16 al 30 setiembre 2021)

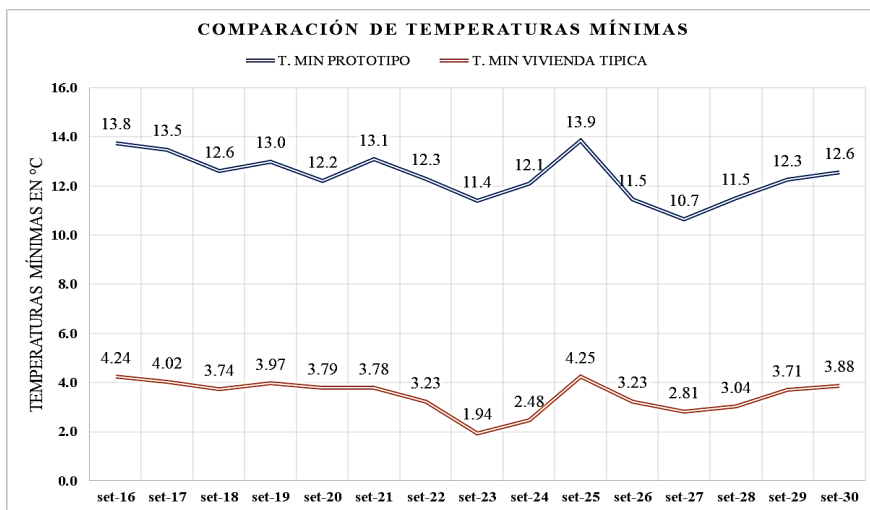


Figura 6
Comparación de temperaturas del día más caluroso (16 al 30 setiembre 2021)

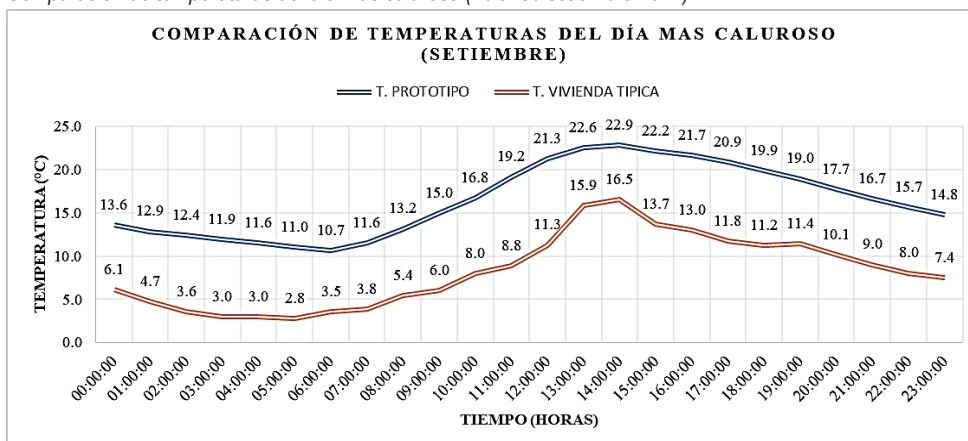


Figura 7
Comparación de temperaturas del día más frío (24 Hrs) (16 al 30 setiembre 2021)

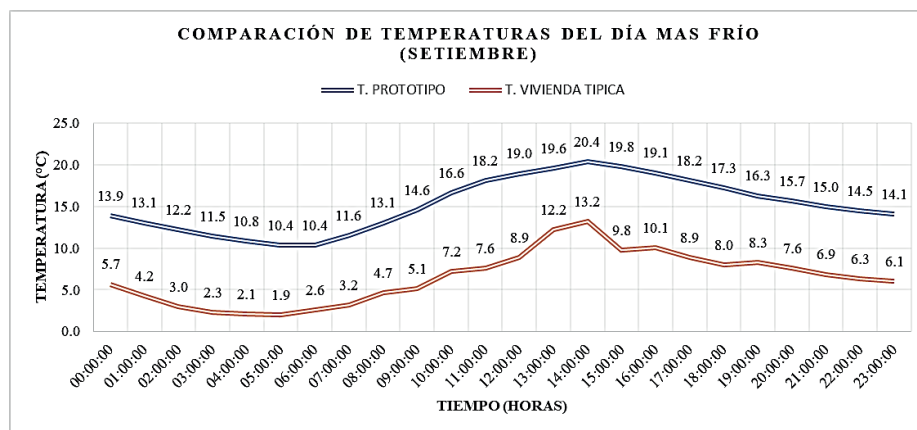


Figura 8
Comparación de temperaturas mínimas (1 a 31 octubre 2021)

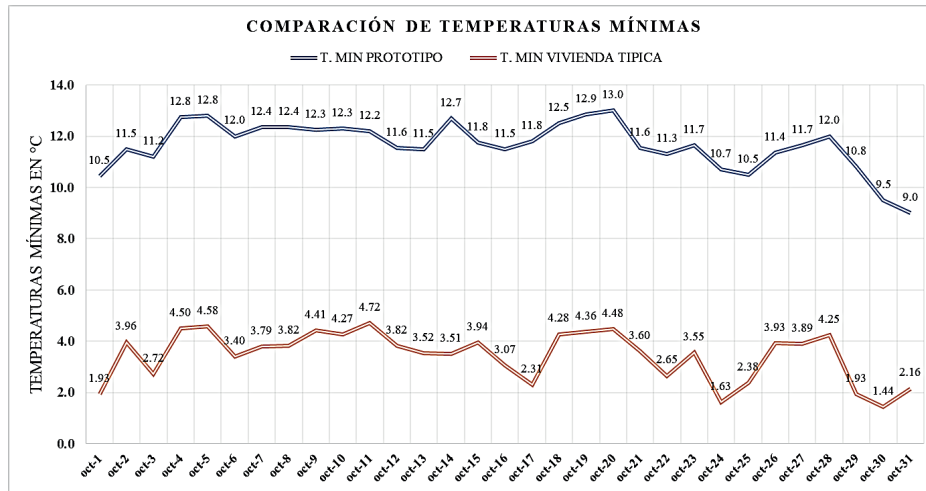


Figura 9
Comparación de temperaturas del día más caluroso (1 al 31 octubre 2021)

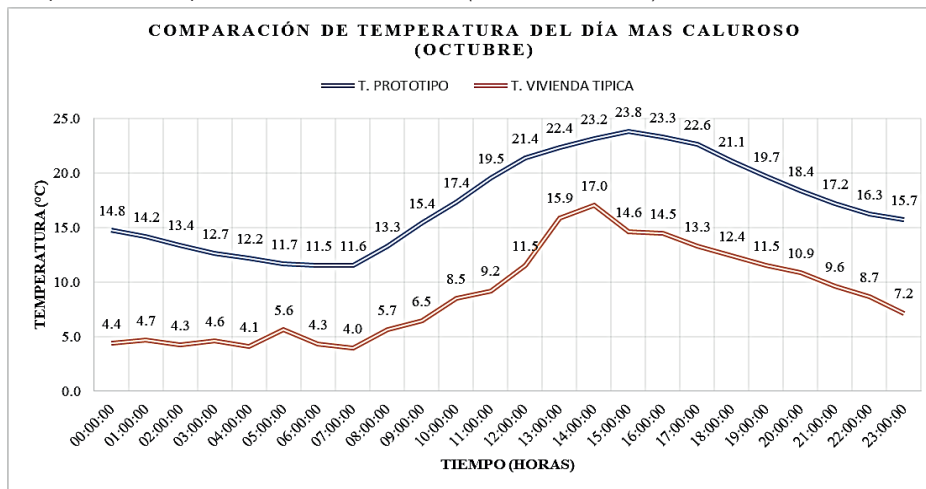


Figura 10
Comparación de temperaturas del día más frío (1 al 31 octubre 2021)

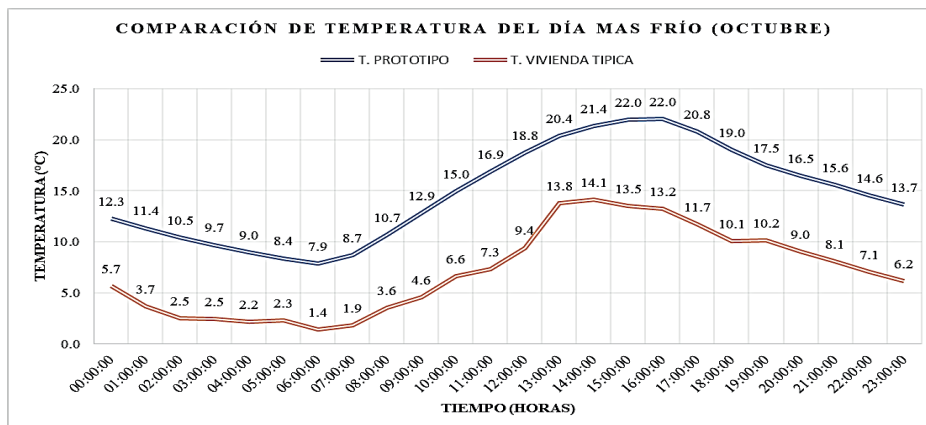


Figura 11
Comparación de temperaturas mínimas (1 a 30 noviembre 2021)

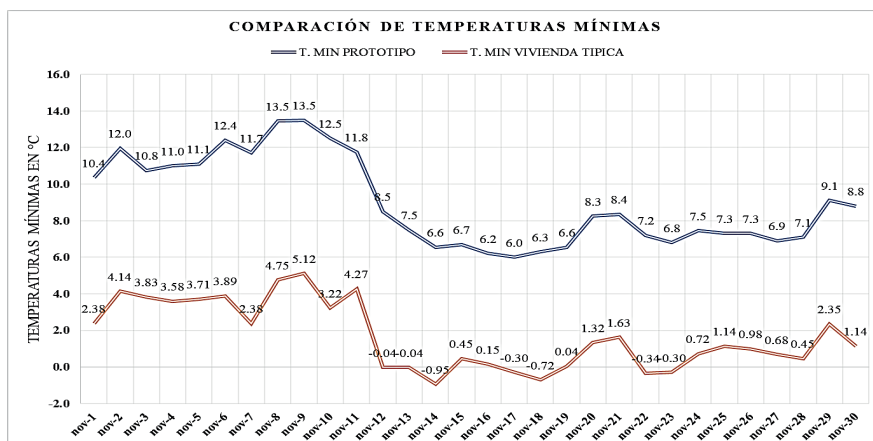


Figura 12
Comparación de temperaturas del día más caluroso (1 al 30 noviembre 2021)

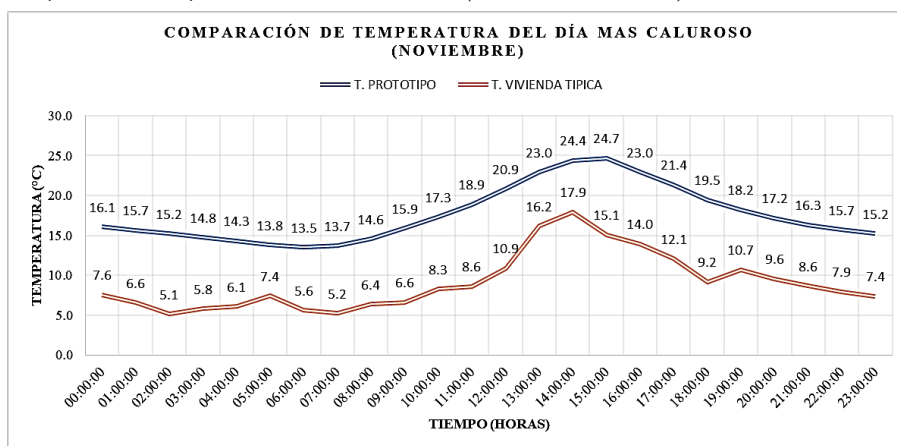


Figura 13
Comparación de temperaturas del día más frío (1 al 30 noviembre 2021)

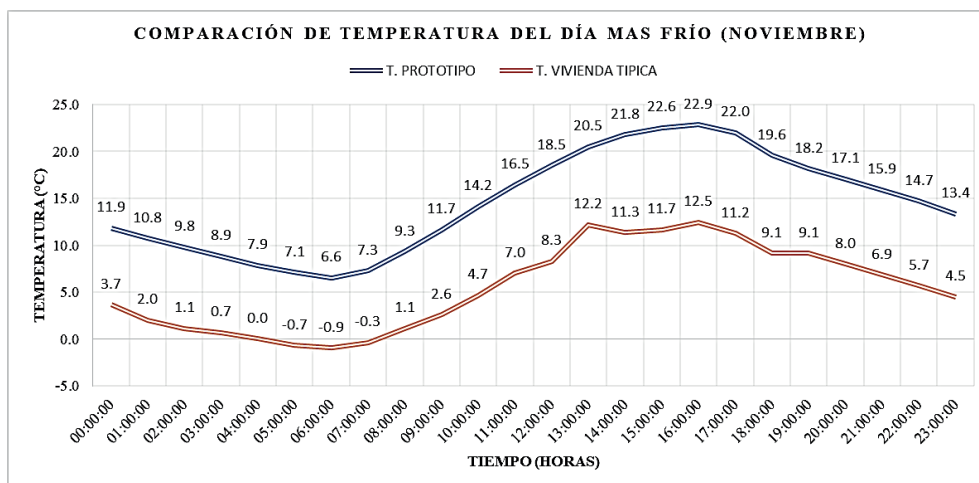


Figura 14
Comparación de temperaturas del día más frío (1 al 16 diciembre 2021)

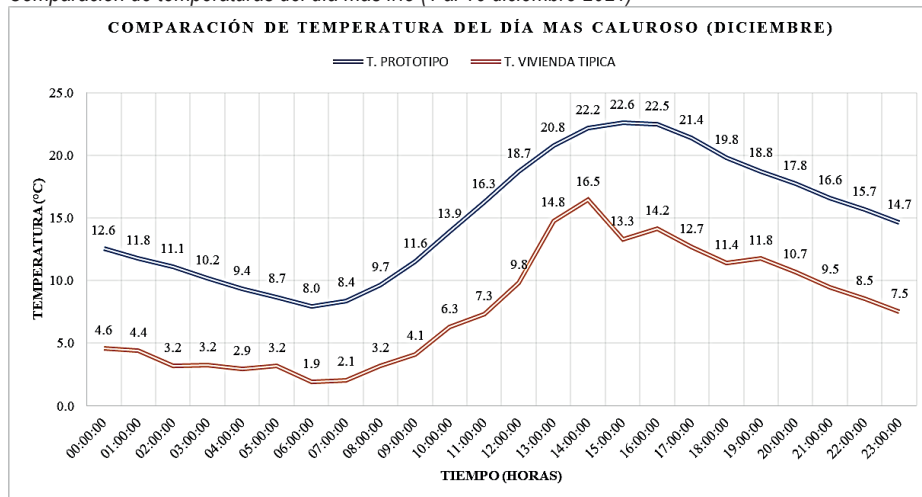


Figura 15
Comparación de temperaturas del día más caluroso (1 al 16 diciembre 2021)

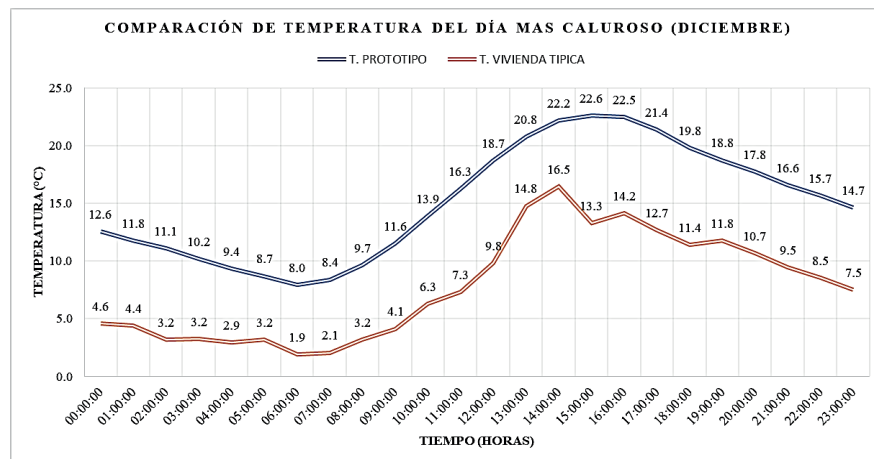


Figura 16
Comparación de temperaturas del día más frío (1 al 16 diciembre 2021)

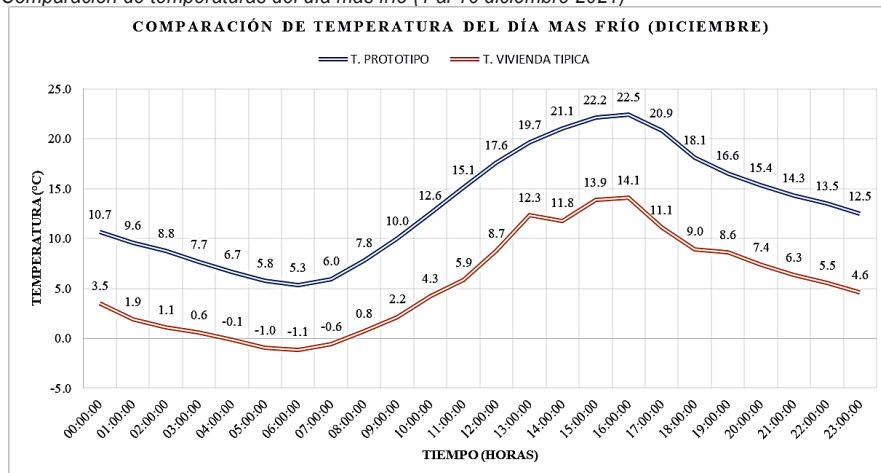


Tabla 2

Comparación de modelos de confort térmico

Autor	b	m
Humphreys (1976)	11.9	0.534
Auliciems (1981)	17.6	0.31
Griffiths (1990)	12.1	0.534
Nicol et al. (1993)	17	0.38
Brager/ de Dear (1998)	17.8	0.31
Humphreys (2000)	13.5	0.54
Investigación actual	9.3	-0.23

V. CONCLUSIONES

- Se realizó la propuesta técnica para la construcción de la vivienda rural térmica empleando los bloques de cemento adicionados con fibras de stipa ichu, estos bloques muestran propiedades físicas y mecánicas aptos para ser empleados como material de construcción debido a que superan los requerimientos mínimos que se establecen en la norma E.070.
- Al evaluar la variación térmica en el interior de la vivienda prototipo y la vivienda rural típica durante los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre se obtuvieron $\Delta T_{max} = 7.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $\Delta T_{min} = 8.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta T_{max} = 7.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta T_{min} = 8.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\Delta T_{max} = 7.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $\Delta T_{min} = 7.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $\Delta T_{max} = 7.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $\Delta T_{min} = 6.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Entonces concluimos que las temperaturas en el interior de la vivienda prototipo construida con bloques de cemento adicionado con fibras de stipa ichu es confortable y agradable para el habitante del centro poblado Chullunquiani.
- El presupuesto para la construcción de la vivienda rural construida con bloques de cemento adicionado con fibras de stipa ichu, respecto de otros materiales es más económico debido a que se utilizan materiales de la misma zona, el costo de la construcción de la propuesta técnica es de S/ 26,687.64, mientras que el costo de fabricación por bloque fue de S/ 2.47, que se logró luego de optimizar la mezcla considerando las diferentes propiedades físicas y mecánicas que debe alcanzar el bloque.

VI. REFERENCIAS

- CARE. (2015). *¿Por qué priorizar la política de vivienda rural?* Retrieved from <https://www.care.org.pe/wp-content/uploads/2015/06/Por-que-priorizar-lapolitica-de-Vivienda-Rural1.pdf>
- Reiser, J., & Wieser, M. (2016). N° 135 - *Transferencia tecnológica para la vivienda altoandina*. (2), 10.

Suasaca Pelinco, L., Apaza Mamani, A., Flores Alfaro, J. A., Perca Chura, O. A., & Quinto Machaca, W. (2020). *Influencia de las pacas de avena en la temperatura y humedad en las viviendas en zonas altoandinas*. *Investigación & Desarrollo*, 20(1), 215–227. <https://doi.org/10.23881/idupbo.020.1-15i>

Contribución de autoría:

Conceptualización: Yvan Huaricallo Vilca, William Jossue Ccopa Peralta; Curación de datos: Angel Dario Poma Flores; Análisis formal: Angel Dario Poma Flores; Adquisición de fondos: Angel Dario Poma Flores; Investigación: Yvan Huaricallo Vilca; Metodología: William Jossue Ccopa Peralta; Administración del proyecto: William Jossue Ccopa Peralta; Recursos: William Jossue Ccopa Peralta; Software: Angel Dario Poma Flores; Supervisión: Yvan Huaricallo Vilca; Redacción: Yvan Huaricallo Vilca.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.