

Bloques de cemento adicionando fibras de stipa ichu, en Mazocruz, región Puno

Cement blocks adding stipa ichu fibers, in Mazocruz, Puno region

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

Recibido: 28/02/2023 – Aprobado: 07/04/2023 – Publicado: 02/06/2023

RESUMEN

En zonas altoandinas del sur del Perú la pobreza extrema es común, sus pobladores están expuestos a las bajas temperaturas en sus viviendas rurales. Para contrarrestar las heladas se propone la fabricación de bloques de cemento adicionando fibras de estipa ichu (fibrocemento) en el distrito de Santa Rosa. Mazocruz. Puno.

Se elaboraron bloques de cemento adicionando fibras de stipa ichu, previamente se evaluaron sus características con ensayos físicos y mecánicos, los resultados obtenidos fueron: variación dimensional: máximo 0.19% de largo, 0.68% de ancho y 0.39% de alto; alabeo: cara 1 promedio de 1.17mm y cara 2 promedio de 1.15mm; absorción: 36.66% a las 24 horas; resistencia a compresión: 61.62 kg/cm² y flexión: 11.23 kg/cm², además se obtuvo un costo de fabricación por bloque de S/ 2.47, que se logró luego de optimizar la mezcla, considerando las diferentes propiedades físicas y mecánicas que debe alcanzar el bloque.

Palabras claves: bloques de hormigón, stipa ichu, mineralización, desfibrado, vértices extremos.

ABSTRACT

In the high Andean areas of southern Peru, extreme poverty is common, being susceptible to low temperatures in rural homes. Therefore, the manufacture of cement blocks is proposed by adding Ichu stipe fibers (Fibrocement) in the district of Santa Rosa-Mazo Cruz-Puno.

Cement blocks were made by adding stipa ichu fibers, where the characteristics of stipa Ichu were evaluated, using physical and mechanical tests, the results obtained from the blocks were: Dimensional variation: maximum 0.19% in length, 0.68% in width and 0.39% high; Warpage: face 1 average of 1.17mm and face 2 average of 1.15mm; Absorption: 36.66% at 24 hours; Compression resistance: 61.62 kg/cm² and Flexion: 11.23 kg/cm².

Keywords: concrete blocks, stipa ichu, mineralization, defibrated, extreme vértices.

1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado, Lima, Perú.

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

a Profesor ordinario. Autor para correspondencia: yhuaricallov@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7641-0730>

b Ingeniero Civil. E-mail: wccopa@sierraaziul.gob.pe - ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2222-2455>

c Ingeniero Civil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2955-5167>

I. INTRODUCCIÓN

Las heladas son constantes en las zonas altoandinas del Perú, según SENAMHI (2021), esto debido al cambio brusco de temperatura que llegan hasta congelar el agua; ante esta realidad, las viviendas rurales son el sitio más seguro para el cobijo de los pobladores.

El Ministerio de Vivienda mediante el Programa Nacional de Vivienda Rural tiene el objetivo de mejorar la calidad de vida y las condiciones de la vivienda rural para el poblador que vive a más de 4167.53 msnm; sin embargo, los beneficiarios de este programa no siempre pernoctan ahí.

Albarracín et al. (2015) precisa que las viviendas rurales adecuadas logran reducir enfermedades pulmonares y mejora el confort, reduce el frío, el viento y otras condiciones climatológicas adversas.

La pobreza extrema y la dispersión convierte a una población rural en vulnerable ante climas extremos en las regiones altoandinas del Perú. Un 35% de las viviendas rurales son deficientes, 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 et wm. (2016).

Pajares, E. (2015), en su artículo de investigación *Propiedades mecánicas y durabilidad de los hormigones de cáñamo-cal*, da a conocer el efecto del tipo de aglomerante sobre la resistencia mecánica y la durabilidad; concluye que la resistencia a la compresión a edades tempranas, con un ligante comercial, con abundantes hidratos presenta la mayor resistencia. Sin embargo, a medida que el hormigón envejece, otros factores, como la carbonatación, contribuyen a la resistencia, mientras que los hormigones de cal/puzolana alcanzan una resistencia similar a los que incluyen cal hidráulica y cemento al cabo de 1 año.

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, provincia El Collao, 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 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, producen la pérdida de calor en el interior de las viviendas. Esta es la razón por la cual es necesario realizar esta investigación, que 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, además de económico y accesible. Los materiales térmicos como los bloques de cemento elaborados con stipa ichu servirán para la construcción de viviendas térmicas, que mejorarán la calidad de vida y la salud de los pobladores.

En este estudio, se plantea determinar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de cemento, adicionados con fibras de stipa ichu.

II. MÉTODOS

2.1 Proceso de fabricación de los bloques

Según Salas, J., & Veras Castro, J. (1985), es fundamental realizar ensayos con los materiales para la obtención de resultados fiables. Para la fabricación de los bloques de cemento se realiza el siguiente proceso:

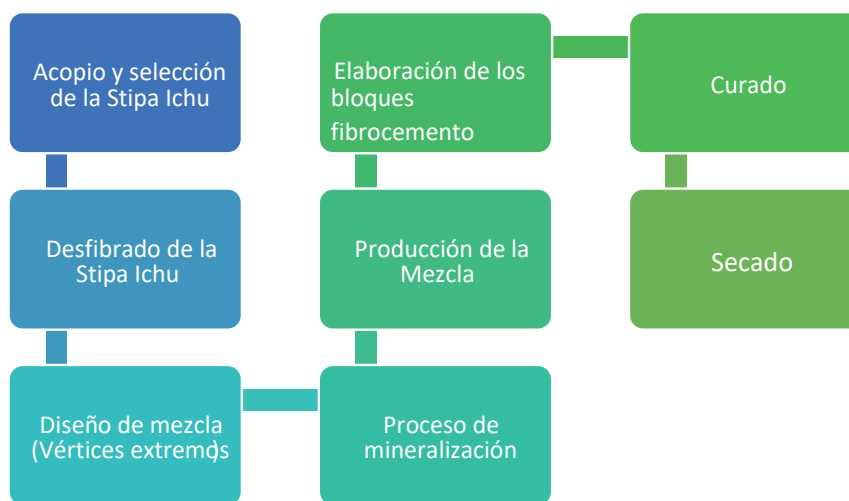


Figura 1. Flujograma del proceso de fabricación de bloques
Fuente: Elaboración propia

Primero: Se realizó el diseño de mezclas mediante el método de vértices extremos, teniendo en cuenta que los componentes o ingredientes están restringidos al área experimental factible o también llamado base de diseño a lo largo de una subserie de puntos de los centroides de la subregión y el centroide global, y se delimitan mediante la siguiente ecuación:

$$0 \leq a_i \leq x_i \leq b_i \leq 1$$

Donde; a_i : límite inferior para la componente;
 x_i , b_i : límite superior de la mezcla.

Para generar la corrida, denominado así a las proporciones o porcentajes utilizadas por cada componente (stipa ichu, cemento, cal y sulfato de aluminio), se usó el programa estadístico STATGRAPHICS, mediante un algoritmo computacional se genera las corridas por el método de vértices extremos, ya que se automatizan todos los vértices cuando se toma este diseño, generando 12 corridas aleatorias.

Con herramientas denominadas segadoras se recogió la stipa ichu en la zona de Chullunquiari, luego fueron transportados en sacos de polipropileno a la trilladora, donde se cortó en pedazos menores a 5 cm de longitud y finalmente se realizó la preparación.

Segundo: Se desfibró la stipa ichu. El proceso se inició con el secado al aire libre, luego se empleó un desfibrador de forraje, se seleccionó haces fibrosos menores a 5 cm; luego las fibras seleccionadas fueron mineralizadas con sulfato de aluminio para neutralizar el azúcar residual de la fibra de stipa ichu por un periodo de 24 horas, así se logra la adherencia con el cemento en la producción de bloques de cemento.

Tercero: Se realizó la mineralización de la stipa ichu con el sulfato de aluminio en estado sólido, en porcentajes del 1% y el 3%, según diseño de mezclas; para su disolución se agregó al agua sulfato de aluminio, esta mezcla se dejó reposar durante 24 horas, para luego recién dejar discurrir el agua y orearlo durante 1 hora.

Cuarto: Para la producción de mezcla de bloques de cemento adicionando fibras de stipa ichu, se utilizaron los siguientes materiales, herramientas y equipos: stipa ichu,

cemento portland (Wari tipo I), cal de obra (Hades), agua potable, mezcladora eléctrica de 1/2 bolsa (Dynamic) y balanza electrónica.

Quinto: Para la elaboración de bloques de fibrocementos adicionado con fibras de stipa ichu se sigue los siguientes pasos: se introducen las fibras de ichu en la mezcladora eléctrica, seguido de la cal y el cemento, para luego agregar el agua hasta que se forme la mezcla cementicia, seguidamente se coloca una base de triplay de sección de 40x15 cm y se pasa al moldeado del bloque en la máquina CETA RAM, cuya sección típica es de 40x15x19 cm largo, ancho y altura, respectivamente. La máquina de moldeo tiene un brazo giratorio de 180°, cuya función es comprimir y empujar los bloques moldeados para ser retirados.

Sexto: El curado y secado del bloque se realizó durante una semana o 7 días, en un ambiente con cobertura para evitar los rayos solares. Los primeros 3 días el curado se realizó con un pulverizador manual y pasados los 7 días, con chorros de agua; el tiempo de secado fue de 28 días bajo sombra y al aire libre.

2.2. Ensayos físicos – bloques de stipa ichu

Se llevaron a cabo ensayos físicos con los bloques de stipa ichu, para ello se realizó la variación dimensional con 10 muestras, utilizando la norma peruana NTP-399.604, luego se realizó el alabeo con 10 unidades enteras y secas por cada mezcla, de acuerdo a la NTP-399.613, después se hizo el ensayo de absorción a 4 unidades enteras por cada mezcla, de acuerdo a la NTP 399.613 y NTP-399.604.

2.3. Ensayos mecánicos- bloques de stipa ichu

Se realizó el ensayo a la resistencia, a la compresión sometiendo 6 unidades secas y enteras entre 2 planchas de acero, en la prensa hidráulica para someterla a una carga axial hasta el punto de falla, y finalmente registrar la carga.

Luego se realizó el ensayo a flexión de bloques, colocando el bloque entre las dos placas de acero y sus apoyos de barras de 30 mm de diámetro en la prensa hidráulica, para someterla a una carga axial hasta el punto de falla, se registra la carga, para cada mezcla, se ensayaron un total de 3 unidades.



a) Oreado de la Stipa Ichu



b) Ichu en secciones menores a 5cm

Figura 2. Cosecha y acopio de la stipa ichu
Fuente: Elaboración propia

III. RESULTADOS

3.1 Resultado de las propiedades mecánicas

3.1.1 Resistencia a la compresión de bloques

La Tabla 1. muestra los resultados de resistencia característica a la compresión para las diferentes mezclas, se aprecia valores mínimos de 16.27kg/cm² (M-9), 19.02kg/cm² (M-1), 26.26kg/cm² (M-8) y 48.83kg/cm² (M-4), las cuales son valores menores al valor mínimo establecido para bloques portantes, de acuerdo al RNE-E.070. (2006), albañilería; sin embargo las mezclas M-2, M-3, M-5, M-6, M-7, M-10, M-11 y M-12 están por encima de los valores mínimos establecidos para bloques portantes (4.9 Mpa o 50kg/cm²). Los valores del ensayo de resistencia a compresión realizados a los bloques donde M-2, M-3, M-5, M-6, M-7, M-8, M-10, M-11 y M-12 son aceptables tanto como bloques portantes y no portantes, de acuerdo a la norma E-070.

3.1.2 Resistencia a la compresión de bloques

La tabla 2. muestra los resultados en resistencia característica a la flexión para las diferentes mezclas, se aprecia valores mínimos de 6.41kg/cm² (M-9) y máximo de 18.09kg/cm² (M-12).

3.2 Resultado de la optimización de las mezclas

Al tener como recurso principal a las fibras de stipa ichu, su obtención comprende la recolección, traslado y desfibrado, también se hace el análisis de costo unitario, según la partida de recolección de la stipa ichu, tal como se muestra en la Tabla 3.

3.3 Resultado de la optimización simultánea de varias respuestas

En los ítems anteriores hicimos énfasis en encontrar el punto óptimo, considerando una sola variable de respuesta. Sin embargo, es típico y útil considerar diversas

Tabla 1. Ensayos realizados en los bloques de stipa ichu por cada mezcla

	Mezcla	Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.613-399.604)											
		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12
Valor promedio de la resistencia a la compresión (kg/cm ²)	fb	20.31	91.84	116.30	50.26	169.19	77.49	61.67	27.49	17.74	75.85	72.30	147.21
Desviación estándar	s	1.30	1.07	2.00	1.43	1.41	1.85	1.66	1.23	1.47	1.76	2.26	2.46
Resistencia característica a la compresión (kg/cm ²)	f'b	19.02	90.77	114.30	48.83	167.78	75.64	60.01	26.26	16.27	74.09	70.04	144.76
Coefficiente de variación	CV (%)	6.38	1.17	1.72	2.85	0.83	2.39	2.69	4.48	8.29	2.33	3.13	1.67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Ensayos realizados en los bloques de stipa ichu por cada mezcla

	Mezcla	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12
Valor promedio de la resistencia a flexión (Kg/cm ²)	ft	6.99	14.57	17.41	10.49	19.99	14.25	12.16	8.55	7.09	14.44	12.95	19.67
Desviación estándar	s	0.46	0.87	0.77	1.09	1.34	0.97	0.99	0.25	0.68	0.86	0.27	0.61
Coefficiente de variación (CV)	(%)	6.56	5.95	4.42	10.38	6.69	6.82	8.12	2.92	9.63	5.99	2.11	3.10
Resistencia característica a la flexión (Kg/cm ²)	ft	6.53	13.71	16.64	9.40	18.65	13.28	11.17	8.30	6.41	13.57	12.68	19.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Análisis de costo de las fibras de stipa ichu

Partida	Unidad	Costo (S/)
Recolección del material stipa ichu	M3	8.76
Traslado del material stipa ichu	M3	1.42
Desfibrado del material stipa ichu	M3	4.01

Fuente: Elaboración propia

características (variables o componentes) para lograr diseños de mejor calidad y buenas propiedades. En la presente investigación analizamos varias propiedades de los bloques de stipa ichu, como: resistencia, característica a la flexión, absorción y el costo por bloque; todas son importantes para que el bloque de stipa ichu pueda ser aceptado como un material de construcción, según la norma RNE E.070. Si la optimización sólo se hace para una característica del bloque de stipa ichu, las otras características podrían resultar con condiciones inadecuadas.

De acuerdo a lo indicado en la revisión de la literatura, la optimización simultánea se realizará con el método estadístico, función de deseabilidad, para ello nos apoyaremos con el software estadístico Design Expert, porque el programa cuenta con un graficador más avanzado, los resultados reportados por el software se detallan a continuación:

En la Figura 3. la deseabilidad global resulta 0.543, que es aceptable, pues por definición, es la media geométrica de todas las deseabilidades individuales, en la Figura 3 se muestra la predicción para la resistencia a la compresión, que resulta ser 63.5932 kg/cm², también se muestra la predicción para la resistencia a la flexión, que resulta ser 11.046 kg/cm². En la imagen se muestra la predicción para la absorción, que resulta ser 39.3992 %. La deseabilidad global resulta 0.543, que es aceptable pues por definición, es la media geométrica de todas las deseabilidades individuales.

En la figura 4. se muestra la predicción óptima para los componentes stipa ichu (81.93%), cemento (10.15%), cal (6.92%) y sulfato de aluminio (1%) es decir, estas cantidades se deben usar en la mezcla para poder obtener estos valores predichos de resistencia a la compresión (63.59 kg/cm²), resistencia a la flexión (11.06kg/cm²), absorción (39.39%) y costo por bloque (S/ 2.47).

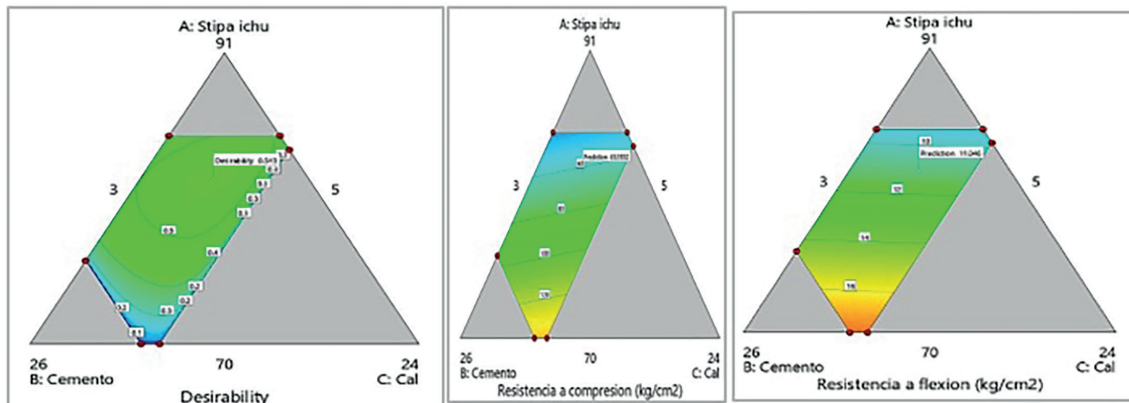


Figura 3. Predicción óptima para los componentes
Fuente: Elaboración propia

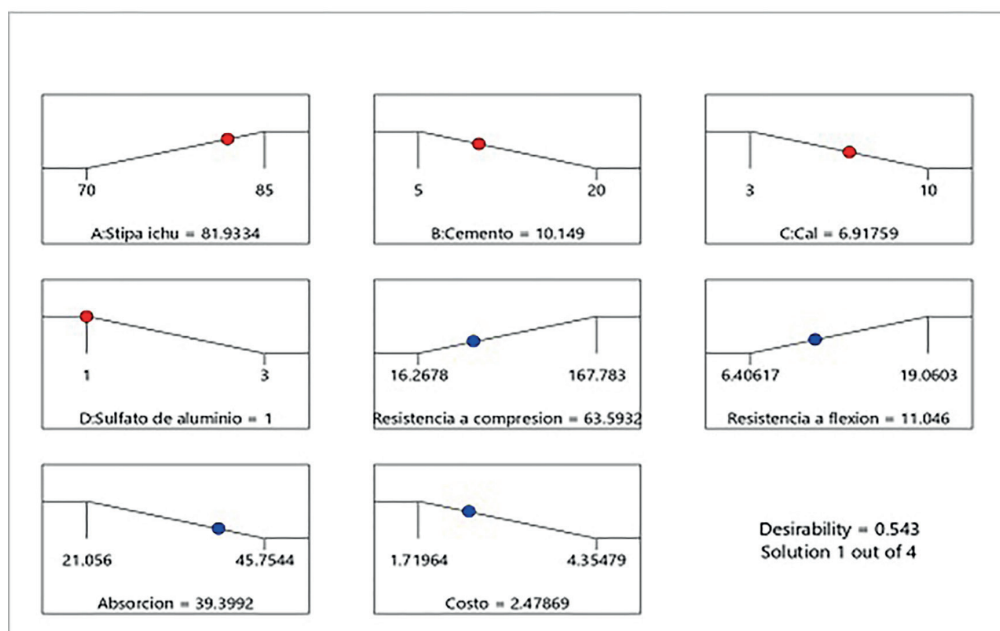


Figura 4. Predicción óptima para los componentes
Fuente: Elaboración propia

En resumen, la mezcla óptima se emplea para fabricar los bloques de stipa ichu y posteriormente construir la vivienda prototipo, posterior a ello se realiza la toma de temperatura y la evaluación térmica.

En la Tabla 4. Se evidencia el análisis de costo unitario de las fibras del stipa ichu al tener como recurso principal a las fibras de stipa ichu, su obtención comprende básicamente la recolección, traslado y el desfibrado, también se hace el análisis de costo unitario, según la partida recolección de material stipa ichu, traslado de material stipa ichu y desfibrado de stipa ichu.

IV. DISCUSIÓN

La tabla 5. muestra la clasificación de los bloques de acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos en laboratorios, según el RNE E.070 albañilería. Se aprecia que los bloques resultantes de las mezclas M-1, M-4, M-8 y M-9 se clasifican como no portantes y que los bloques resultantes de las mezclas M-2, M-3, M-5, M-6, M-7, M-10, M-11 y M-12 se clasifican como portantes

En la tabla 6. En referencia al primer autor, se muestra la resistencia a compresión de 46 kg/cm² y los resultados de esta investigación es 61.62 kg/cm², obteniendo un valor por encima, esto debido a que el comportamiento del bloque incorporando el stipa ichu tiene un comportamiento superior en comparación al hormigón con aserrín. El segundo autor obtiene una absorción de 20.8% y en la presente investigación se obtuvo una absorción del 36.60%, la misma que también está por encima, esto demuestra que

el stipa ichu desmineralizado tiene un buen comportamiento a la absorción. El tercer autor de la Tabla 6 obtiene una resistencia a la compresión de 26.7 kg/cm² hasta 32.4 kg/cm² y en la presente investigación se tiene una resistencia de 61.62kg/cm², está por encima del valor patrón. Para el cuarto autor de la Tabla 6. los valores de la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión están por debajo de los valores obtenidos en la presente investigación, sin embargo, la absorción fluctúa entre el 75% al 85% y la absorción de la presente investigación es del 36.66%, lo que demuestra que los hormigones ligeros en base a áridos orgánicos de origen vegetal tienen un alto porcentaje de absorción en comparación con el stipa ichu.

En la Tabla 6. Se evidencia que el bloque de concreto adicionando el stipa ichu tiene un comportamiento óptimo en la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y un comportamiento medio ante la absorción, este comportamiento de la Tabla 6, podrá ser corroborado una vez que se tenga un prototipo de una vivienda rural para mejorar el confort térmico, durabilidad y absorción de la vivienda rural.

V. CONCLUSIONES

- Se propone bloques de cemento adicionando fibras de stipa ichu, estos bloques muestran propiedades físicas y mecánicas óptimas para ser utilizados como material de construcción, toda vez que superan requerimientos mínimos de la norma E. 070.

Tabla 4. Análisis de costo de las fibras de stipa ichu

Partida	Unidad	Costo (S/)
Recolección del material stipa Ichu	M3	8.76
Traslado del material stipa Ichu	M3	1.42
Desfibrado de stipa ichu	M3	4.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Clasificación de los bloques teniendo en cuenta la norma E.070 albañilería

Mezcla	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12	
Variación de la dimensión VD (%)	Largo (400mm)	-0.24	-0.25	-0.16	-0.17	-0.14	-0.17	-0.34	-0.29	-0.26	-0.31	-0.31	-0.29
	Ancho (150mm)	-2.35	-1.45	-1.16	-1.86	-1.04	-1.82	-1.83	-1.07	-1.57	-1.80	-1.80	-1.62
	Altura (195mm)	1.80	1.80	1.41	1.87	1.72	1.41	1.46	1.54	1.65	1.74	1.74	1.63
Alabeo (mm)	Cara 1	2.06	1.05	1.05	1.24	1.30	1.35	1.45	1.96	1.56	1.50	1.53	1.14
	cara 2	1.27	2.19	1.35	1.25	1.06	1.00	1.67	1.00	1.05	1.08	1.08	1.10
Absorción (%)	45.75	21.06	27.95	38.39	26.66	41.69	42.68	41.65	40.30	36.92	40.20	22.79	
Resistencia característica a compresión (Kg/cm ²)	19.02	90.77	114.30	48.83	167.78	75.64	60.01	26.26	16.27	74.09	70.04	144.76	
CLASE	No portante	Portante	Portante	No portante	Portante	Portante	Portante	Portante	No portante	No portante	Portante	Portante	Portante

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Resultados obtenidos en investigaciones anteriores

Título de la investigación	Descripción	Resultados obtenidos			Autor
		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	Absorción (%)	
Ensayos en albañilería de bloque y tableros prefabricados de hormigón de aserrín	Determinar mediante ensayos el comportamiento del hormigón de aserrín en elementos de albañilería. Realizando los ensayos de compresión a bloques elaborados a base de cemento y aserrín.	46	-	-	Hermosilla, 2006
Elaboración de paneles ligeros a base de bagazo de caña de azúcar aglomerado con cemento Portland	Demostrar que la mezcla de cemento Portland y las fibras de bagazo de caña de azúcar, se puede emplear para la fabricación de paneles ligeros que serán utilizados en la construcción de paredes en viviendas, este es un material durable y competitivo, que cuenta con propiedades físicas y mecánicas adecuadas.	-	-	20.8	Cevallos, 2011
Estudio del comportamiento o de morteros reforzados con fibras de maíz, para componentes de viviendas de bajo coste	El estudio teórico-experimental de morteros reforzados con fibras de la planta de maíz, a fin de utilizar dicho material en la fabricación de componentes constructivos para viviendas de bajo coste, muestra los valores de resistencia a compresión y resistencia a la tracción obtenido en bloques con contenidos de fibra del 8% y 12% en masa.	26.7 - 32.4	5.6 - 6.1	-	Reyes, 2009
Consejo Interestatal de Normalización, Metrología y Certificación (ISC) de la federación rusa	Arbolit y sus productos. Especificaciones generales, hormigones ligeros a base de áridos orgánicos de origen vegetal. Especificaciones.	5 - 35 7.5 - 35	1.3 - 7.4 -	75 - 85 -	GOST 19222-2019 GOST R 54854-2011
Investigación actual	Bloques de cemento añadidos con fibras de stipa ichu	61.62	12.81	36.66	Autores de esta investigación

Fuente: Elaboración propia

- Cuando se evaluaron las características de la stipa ichu, los resultados obtenidos de los bloques fueron: variación dimensional: máximo 0.19% en largo, 0.68% en ancho y 0.39% en alto; alabeo: cara 1 promedio de 1.17mm y cara 2 promedio de 1.15mm; Absorción: 36.66% a las 24 horas; resistencia a compresión: 61.62 kg/cm² y Flexión: 11.23 kg/cm².
- Los bloques de cemento adicionando fibra de stipa ichu cumplen las propiedades físicas y mecánicas de la Norma E.070, obteniendo los siguientes resultados: para bloques fabricados a partir de la mezcla óptima; resistencia a compresión (61.62 kg/cm²), resistencia a la flexión (11.23 kg/cm²) y en sus propiedades físicas se obtuvo lo siguiente: Variación dimensional 0.19% en largo, 0.68% en ancho y 0.39% en alto, los cuales están por debajo de los valores máximos permitidos para bloques portantes ± 2 , ± 3 , ± 4 , para alabeo en la cara 1 se obtuvo un promedio de 1.17mm y en la cara 2 un promedio de 1.15mm, los cuales están por debajo de los máximos permitidos para bloques portantes, mientras que la absorción supera los valores permitidos por la norma con un valor del 22.91% a las 5 horas y del 36.66% a las 24 horas. Además, los porcentajes obtenidos para la mezcla óptima fueron: stipa ichu (81.93%), cemento (10.15%), cal (6.92%) y sulfato de aluminio (1%).
- 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. REFERENCIA

- Albarracín, K. G., Jaramillo, L. I., & Albuja, M. (2015). *Obtención de bioetanol anhidro a partir de paja (stipa ichu)*. Revista Politécnica, 36(2), 109. https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/526
- Pajares, E. 2015. *Análisis del incremento de la resistencia mecánica del concreto con la adición de fibra vegetal*. Tesis Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/637>
- Reiser, J., & Wieser, M. (2016). N° 135 - *Transferencia tecnológica para la vivienda altoandina*. (2), 10. <https://arquitectura.pucp.edu.pe/investigacion/centro-de-documentacion/modelo-de-transferencia-tecnologica-para-la-vivienda-altoandina/>
- RNE-E.070. (2006). Norma Técnica de Edificaciones E.070 Albañilería. MVCS. <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Salas, J., & Veras Castro, J. (1985). *Materiales de construcción con propiedades aislantes a base de cáscara de arroz*. Informes de La Construcción, 37(372), 53-64. <https://doi.org/10.3989/ic.1985.v37.i372.1856>

SENAMHI. (2021). INFORME TÉCNICO: Análisis del periodo de bajas temperaturas mayo-setiembre 2021 a nivel nacional, Subdirección de Predicción Climática-SPC. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1760>

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.