



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO, EVALUACIÓN Y PROPUESTA TÉCNICA DE UNA
VIVIENDA RURAL TÉRMICA CONSTRUIDA CON BLOQUES DE
CEMENTO ADICIONADO CON FIBRAS DE STIPA ICHU
(FIBROCEMENTO), EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA -
MAZOCRUZ, PUNO 2019.**

TESIS

PRESENTADA POR:

ÁNGEL DARÍO POMA FLORES

WILLIAM JOSUÉ CCOPA PERALTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A Dios por su gracia, amor y bendición, a mis queridos padres: Juana R. Peralta Macedo y Luis C. Ccopa Ñaupá, quienes con su esfuerzo y ejemplo me han guiado en el camino de la vida brindándome su apoyo durante este tiempo quienes son la inspiración y el motivo de mi vida, a mis queridos hermanos David A., Noemi D. y Abraham L. por sus palabras, consejos y su apoyo incondicional.

William Josué Ccopa Peralta



DEDICATORIA

A nuestro Divino Creador por haberme dado la existencia en esta vida y derramar bendiciones en mi futuro porvenir a mis adorables padres ALBERTO y ELSA por su amor, cariño, sacrificio y esperanza de todos estos años y NANCY por su incondicional apoyo.

Ángel Darío Poma Flores



AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darnos salud y fortaleza y permitir que podamos concluir este trabajo de investigación a la Universidad Nacional del Altiplano nuestra alma mater, a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por los conocimientos impartidos en esta etapa y por la calidad y profesionalismo en la enseñanza.

Así mismo un agradecimiento a nuestro asesor de tesis Ing. Guillermo Néstor Fernández Sila y a los jurados de la presente investigación al Ing. José Luis Cutipa Arapa, Ing. Néstor Eloy Gonzales Sucasaire Ing. Gleny Zoila De La Riva Tapia.

De la misma forma al Ing. Julio Escobedo Arizaca por el apoyo técnico en el logro de la presente investigación, a nuestros compañeros y amigos de la vida y de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

William J. Ccopa Peralta y Ángel D. Poma Flores



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 18

ABSTRACT..... 19

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 22

1.1.1. Problema general 24

1.1.2. Problemas específicos 24

1.2 JUSTIFICACIÓN 25

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 26

1.3.1. Objetivo general..... 26

1.3.2. Objetivos específicos 26

1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 26

1.4.1. Hipótesis general..... 26

1.4.2. Hipótesis específicas 26

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 28

2.1.1 Antecedentes Internacionales 28



2.1.2	Antecedentes nacionales	33
2.1.3	Antecedentes locales	34
2.2	BASES LEGALES	36
2.2.1.	Norma Técnica de Edificación E-070 “Albañilería”	36
2.2.2.	Agencia Federal de Regulación Técnica y Metrología de la Federación Rusa.....	36
2.2.3.	GOST 19222-2019 Arbolit y sus productos.	38
2.2.4.	GOST R 54854-2011 Hormigones ligeros a base de áridos orgánicos de origen vegetal, especificaciones.....	38
2.3	BASES TEÓRICAS	39
2.3.1	Vivienda rural	39
2.3.2	Confort térmico.....	41
2.3.3	Cemento	42
2.3.4	Cal	46
2.3.5	Sulfato de aluminio.....	46
2.4	FIBRAS VEGETALES.....	47
2.4.1	Definición	47
2.4.2	Clasificación	47
2.4.3	Tipos de vegetación	47
2.4.4	Stipa Ichu	49
2.4.5	Fases fenológicas de Ichu	50
2.4.6	La estructura del Stipa Ichu	51
2.4.7	Caracterización de la materia prima Stipa ichu	52
2.4.8	Obtención de fibras	52
2.4.9	Beneficios que brinda el Ichu	53
2.4.10	Aplicaciones.....	53
2.5	MATERIALES COMPUESTOS.....	54



2.5.1	Definición	54
2.5.2	Clasificación	54
2.6	BLOQUES DE CONCRETO	55
2.6.1.	Clasificación de los bloques	55
2.6.2.	Normativa para la aceptación de los bloques.....	55
2.6.3.	Dimensiones para unidades de albañilería.....	55
2.7	ENSAYOS FÍSICOS Y MECÁNICOS - UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	56
2.7.1	Variación dimensional	56
2.7.2	Alabeo.....	57
2.7.3	Absorción.....	57
2.7.4	Ensayo de compresión de unidades de albañilería.....	57
2.7.5	Ensayo de flexión de unidades de albañilería.....	59
2.8	MARCO CONCEPTUAL	59
2.8.1	Uso de fibras vegetales	59
2.8.2	Uso de cemento y fibras vegetales.....	60
2.8.3	Fibro cemento	60
2.8.4	Bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa ichu.....	60
2.8.5	Compatibilidad química.....	61
2.8.6	Experimentos con mezclas.....	61
2.8.7	Durabilidad	68
2.8.8	Fuente de Financiamiento.....	69

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL LUGAR DE ESTUDIO.....	70
3.2.	PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	72
3.3.	UBICACIÓN DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN	72



3.4. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	72
3.5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	73
3.5.1. Tipo de investigación.....	73
3.5.2. Nivel de investigación	74
3.5.3. Diseño de investigación	74
3.5.4. Operacionalización de Variables	75
3.5.5. Población y muestra.....	76
3.6. MATERIALES Y METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	78
3.6.1. Proceso de fabricación de los bloques	78
3.6.2. Ensayos físicos -bloques de Stipa ichu	87
3.6.3. Ensayos mecánicos- bloques de Stipa ichu.....	90
3.6.4. Construcción de la vivienda prototipo	93
3.7. DISEÑO ESTADÍSTICO	99

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADO DE ENSAYOS A LOS BLOQUES DE STIPA ICHU	101
4.2. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS.....	102
4.2.1. Ensayo de variación dimensional	102
4.2.2. Ensayo de Alabeo	103
4.2.3. Ensayo de absorción	104
4.3. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS	105
4.3.1. Resistencia a la compresión de bloques.....	105
4.3.2. Ensayo a flexión de bloques	106
4.4. RESULTADOS DE LA OPTIMIZACIÓN DE LAS MEZCLAS	108
4.4.1. Análisis de costo	108
4.4.2. Optimización de las mezclas.....	109
4.4.3. Resultado estadístico para ajuste y selección del modelo adecuado ..	110



4.5. RESULTADO DE LA OPTIMIZACIÓN SIMULTANEA DE VARIAS RESPUESTAS.....	122
4.6. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LA MEZCLA OPTIMA	128
4.7. RESULTADOS EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA VIVIENDA PROTOTIPO Y VIVIENDA RURAL TÍPICA	131
4.7.1. Registro mes de setiembre	131
4.7.2. Registro mes de octubre.....	133
4.7.3. Registro mes de noviembre.....	136
4.7.4. Registro mes de diciembre.....	138
4.8. RESULTADO DE CORRELACIÓN DE TEMPERATURAS PARA LOS MESES DE MAYO, JUNIO, JULIO Y AGOSTO.	140
4.9. CONTRASTE DE HIPÓTESIS.....	147
4.10. DISCUSIÓN.....	162
V. CONCLUSIONES	165
VI. RECOMENDACIONES	167
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	168
ANEXOS.....	174

TEMA: Propuesta técnica de una vivienda rural térmica

ÁREA: Construcciones.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Construcciones y Gerencia.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 22 de agosto de 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Corte transversal del Perú.....	21
Figura 2	Estación Mazocruz	23
Figura 3	Desarrollo de resistencia del concreto	45
Figura 4	Clasificación de las fibras según su origen.....	47
Figura 5	Ichu (Stipa Ichu), en el C.P, Chullunquiani, Mazocruz Santa Rosa-Puno .	50
Figura 6	Fases Fenológicas de la Stipa Ichu	50
Figura 7	Fotografías microscópica de la Stipa ichu.....	51
Figura 8	Representación de un diseño de experimentos con mezclas.	63
Figura 9	Zona experimental para q=4 componentes de un diseño de mezclas.	64
Figura 10	El óptimo simultaneo (global) es una solución de compromiso.....	66
Figura 11	Ubicación geográfica del ámbito de estudio	71
Figura 12	Diagrama del proceso de fabricación de los bloques	78
Figura 13	Región experimental con 4 restricciones en sus componentes.....	81
Figura 14	Cosecha y recojo de la Stipa Ichu.....	82
Figura 15	Procedimiento del desfibrado de la Stipa Ichu	83
Figura 16	Mineralización de la Stipa Ichu	84
Figura 17	Materiales para la mezcla del bloque adicionado con fibras de Stipa ichu	85
Figura 18	Elaboración y desmoldado del bloque.....	86
Figura 19	Curado y secado de los bloques.....	87
Figura 20	Procedimiento Ensayo Variación dimensional.....	88
Figura 21	Procedimiento del Ensayo de absorción.....	90
Figura 22	Procedimiento de Ensayo a compresión de bloques.....	91
Figura 23	Procedimiento Ensayo a flexión de bloques.....	92
Figura 24	Procedimiento constructivo - vivienda prototipo	94



Figura 25	Vaciado de la vivienda prototipo.....	95
Figura 26	Acabado en el interior de los muros	96
Figura 27	Colocado de vidrios y piso en la vivienda.....	97
Figura 28	Colocado cielo raso con material de Stipa Ichu	98
Figura 29	Lectura de temperatura mediante sensores colocados en la vivienda prototipo y típica	98
Figura 30	Comparativo de la vivienda rural típica y Prototipo	99
Figura 31	Resistencia característica a la compresión de los bloques por cada tipo de mezcla.....	106
Figura 32	Resistencia característica a la flexión de los bloques por cada tipo de mezcla	108
Figura 33	Superficie de respuesta resistencia a la compresión.....	113
Figura 34	Superficie de respuesta para resistencia a la flexión.	116
Figura 35	Superficie de respuesta para absorción.....	119
Figura 36	Superficie de respuesta para costo por bloque.	122
Figura 37	Función de deseabilidad global y punto óptimo simultaneo.	123
Figura 38	Predicción para la resistencia	124
Figura 39	Predicción para la resistencia a la flexión	124
Figura 40	Predicción para la absorción.....	125
Figura 41	En la imagen se muestra la predicción para el costo	125
Figura 42	Predicción óptima para los componentes	126
Figura 43	Comparación de temperaturas mínimas (16 al 30 setiembre 2021)	131
Figura 44	Comparación de temperaturas del día más caluroso (16 al 30 setiembre2021)	132



Figura 45	Comparación de temperaturas del día más frío (24 Hrs) (16 al 30 setiembre 2021).....	133
Figura 46	Comparación de temperaturas mínimas (1 a 31 octubre 2021).....	133
Figura 47	Comparación de temperaturas del día más caluroso (1 al 31 octubre 2021)	134
Figura 48	Comparación de temperaturas del día más frío (1 al 31 octubre 2021)....	135
Figura 49	Comparación de temperaturas mínimas (1 a 30 noviembre 2021).....	136
Figura 50	Comparación de temperaturas del día más caluroso (1 al 30 noviembre 2021)	137
Figura 51	Comparación de temperaturas del día más frío (1 al 30 noviembre 2021)	137
Figura 52	Comparación de temperaturas mínimas (1 a 16 diciembre 2021).....	138
Figura 53	Comparación de temperaturas del día más caluroso (1 al 16 diciembre 2021)	139
Figura 54	Comparación de temperaturas del día más frío (1 al 16 diciembre 2021)	140
Figura 55	Diagrama de dispersión lineal directa (meses setiembre, octubre, noviembre y diciembre).....	141



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Resistencia a la compresión de los bloques a los 28 días.	29
Tabla 2	Resistencia a compresión de Bloque de Maíz.....	29
Tabla 3	Resistencia a compresión y tracción de Bloque de Maíz.....	30
Tabla 4	Valores de las propiedades físicas del compuesto	30
Tabla 5	Modelos de confort térmico para diferentes autores.....	31
Tabla 6	Aplicaciones recomendadas para hormigón de madera.....	39
Tabla 7	Composición química del cemento Portland	43
Tabla 8	Curado en diferentes condiciones climáticas	45
Tabla 9	Clasificación de gramíneas altas o ichus.	48
Tabla 10	Características del Stipa Ichu.....	49
Tabla 11	Composición de la Stipa Ichu (paja).....	52
Tabla 12	Dimensiones convencionales de unidades de albañilería.	56
Tabla 13	Dimensiones de bloques usualmente empleados como unidades de albañilería.....	56
Tabla 14	Clasificación de las unidades de albañilería.	58
Tabla 15	Operacionalización de variables	75
Tabla 16	Cantidad de unidades de bloques de Stipa Ichu requeridas para la investigación.	76
Tabla 17	Porcentaje de las diferentes proporciones para cada tipo de mezcla	76
Tabla 18	Cantidad de muestras de la mezcla optima.	77
Tabla 19	Elección de las restricciones en los componentes de la mezcla.....	79
Tabla 20	Data Corrida del experimento de mezclas en porcentaje.....	80
Tabla 21	Vías de acceso.....	93
Tabla 22	Tamaño de la vivienda prototipo	93



Tabla 23	Ensayos realizados en los bloques de Stipa Ichu por cada mezcla.....	101
Tabla 24	Variación dimensional realizado a los bloques de las 12 mezclas.....	102
Tabla 25	Alabeo realizado a los bloques de las 12 mezclas.	103
Tabla 26	Absorción realizado a los bloques de las 12 mezclas	104
Tabla 27	Resumen de los resultados del ensayo a la compresión.....	105
Tabla 28	Resumen de los resultados del ensayo a la flexión.....	107
Tabla 29	Análisis de costo de las fibras de Stipa Ichu.....	109
Tabla 30	Costo de unitario de cada tipo de mezcla.....	109
Tabla 31	Análisis de modelos para ajuste de la variable resistencia a la compresión	110
Tabla 32	Coefficientes de determinación.....	111
Tabla 33	Ajuste y ANOVA para el modelo lineal (resistencia a la compresión)	111
Tabla 34	Resultados de Ajuste de Modelo para Resistencia a la compresión	112
Tabla 35	Análisis de modelos para ajuste de la variable resistencia a la flexión	113
Tabla 36	Coefficientes de determinación.....	114
Tabla 37	Ajuste y ANOVA para el modelo lineal (resistencia a la flexión)	114
Tabla 38	Resultados de Ajuste de Modelo para absorción	115
Tabla 39	Análisis de los posibles modelos para ajuste de la variable absorción	116
Tabla 40	Coefficientes de determinación.....	117
Tabla 41	Ajuste y ANOVA para el modelo lineal (resistencia a la absorción)	117
Tabla 42	Resultados de Ajuste de Modelo para absorción	118
Tabla 43	Análisis de los posibles modelos para ajuste de la variable resistencia a la flexión	119
Tabla 44	Coefficientes de determinación.....	120
Tabla 45	Ajuste y ANOVA para el modelo lineal (costo por bloque).....	120



Tabla 46	Resultados de Ajuste de Modelo para costo por bloque	121
Tabla 47	Proporciones de la mezcla optima.	127
Tabla 48	Dosificación de la mezcla óptima para un bloque.	127
Tabla 49	Dosificación de la mezcla óptima para 1m ³	127
Tabla 50	Resultado variación dimensional	128
Tabla 51	Resultado Alabeo	129
Tabla 52	Resultado Absorción	129
Tabla 53	Resultados Ensayo de resistencia a la compresión	130
Tabla 54	Resultado ensayo de resistencia a la flexión	130
Tabla 55	Estimación de la temperatura del mes de mayo.....	143
Tabla 56	Estimación de la temperatura del mes de junio	144
Tabla 57	Estimación de la temperatura del mes de junio	145
Tabla 58	Estimación de la temperatura del mes de agosto	146
Tabla 59	Clasificación teniendo en cuenta la norma E.070 albañilería	162
Tabla 60	Comparación de resultados obtenidos en investigaciones anteriores.	163
Tabla 61	Comparación de modelos de confort térmico.	164



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SPC	: Subdirección de Predicción Climática
NTP	: Norma Técnica Peruana
SENCICO	: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción
RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones
C.P.	: Centro poblado
A/C	: Relación agua/cemento
M.S.N.M.	: Metros Sobre el Nivel del Mar
MVCS	: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento
PNVR	: Programa Nacional De Vivienda Rural.
f'_b	: Resistencia característica a la compresión (kg/cm ²).
f_b	: Valor promedio de la resistencia a la compresión (kg/cm ²).
f'_t	: Resistencia característica a la flexión (kg/cm ²).
f_t	: Resistencia a la tracción por flexión del espécimen kgf/cm ² .
E. 070	: Albañilería.
E.080	: Diseño y construcción de tierra reforzada.
ONU	: Organización de las Naciones unidas.
CARE	: Cooperativa de asistencia y socorro en todas partes
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
GOST	: Gosudarstvenny Standart
°C	: Grados Celsius.
ASTM	: American Society of Testing Materials.
Ha	: Hipótesis alterna
Ho	: Hipótesis nula



FONDECYT : Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico

ONG : Organizaciones No Gubernamentales

ΔT_{min} : Variación de temperaturas mínimas

ΔT : Variación De Temperatura

S_{xy} : Covarianza



RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo realizar una propuesta técnica de una vivienda rural térmica construida con bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu (Fibro cemento) en el centro poblado de Chullunquiani, distrito de Santa Rosa - Mazocruz, para lograr los objetivos planteados se formuló 12 mezclas con el método estadístico de vértices extremos y el estadístico función de deseabilidad para la optimización de la mezcla y la aceptación de los bloques se adaptó a la norma E-070 albañilería, la cual establece requisitos, exigencias mínimas para el análisis, diseño de materiales de construcción y control de calidad de las propiedades físico-mecánicas como: Variación dimensional, alabeo, absorción, resistencia a compresión y flexión, luego se procedió a la construcción de 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, además se determinó el presupuesto para la construcción de la vivienda rural propuesta de 33.07m², 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, respecto a la variación térmica se reportó un máximo de 22.2°C y mínimo de 10.1°C en la vivienda prototipo, mientras en la vivienda típica rural un máximo de 14.6°C y mínimo de -2.3°C en los meses Setiembre a diciembre de 2021, el cual mejoró las condiciones térmicas, finalmente la propuesta técnica de una vivienda rural térmica construida con bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa ichu puede usarse como material para la construcción en las viviendas rurales así atenuar las bajas temperaturas que se dan durante todo el año.

Palabras Clave: Vivienda rural, Stipa ichu, Cemento, Variación térmica, Fibrocemento.



ABSTRACT

The objective of this research is to make a technical proposal for a thermal rural house built with cement blocks added with Stipa Ichu fibers (Fibro cement) in the town of Chullunquiani, district of Santa Rosa - Mazocruz, to achieve the stated objectives, it was formulated 12 mixtures with the statistical method of extreme vertices and the statistical function of desire for the optimization of the mixture and the acceptance of the blocks was adapted to the E-070 masonry standard, which establishes requirements, minimum requirements for the analysis, design of construction materials and quality control of the physical-mechanical properties such as: dimensional variation, warping, absorption, resistance to compression and bending, then the prototype house of 7.5 m² was built with the blocks, where it was evaluated and compared the temperature inside a typical rural dwelling in the area with the prototype dwelling, in addition, the pre Por s Supposed for the construction of the proposed rural house of 33.07m², the results obtained from the blocks were: Dimensional variation: maximum 0.19% in length, 0.68% in width and 0.39% in height; Warpage: face 1 average of 1.17mm and face 2 average of 1.15mm; Absorption: 36.66% at 24 hours; Resistance to compression: 61.62 kg/cm² and Flexion: 11.23 kg/cm², regarding the thermal variation, a maximum of 22.2°C and a minimum of 10.1°C were reported 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 thermal conditions, finally the technical proposal of a thermal rural house built with cement blocks added with Stipa ichu fibers can use as material for construction in rural homes to mitigate the low temperatures that occur throughout the year.

Keywords: Rural housing, Stipa ichu, Cement, Thermal variation, Fiber cement.



CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

En el territorio peruano en las zonas altoandinas se presenta un problema muy recurrente las cuales son las heladas, este fenómeno climático radica en el cambio brusco de temperatura al punto de congelación del agua, a su vez por la gran altitud en la que se encuentran ubicadas las viviendas que sirven de protección a los pobladores; el INEI señala que la población de estas localidades está en situación de vulnerabilidad debido a su condición socioeconómica y su ubicación territorial ocasionando daños a la salud de las personas, este fenómeno se presenta año tras año en el distrito de Santa Rosa y sus centros poblados afectando al 31,3% cabe decir la tercera parte de la población el cual lo conforman personas en edad vulnerable, niños menores de 12 años y adultos mayores de 65 a más años causando enfermedades asociadas al frío, el centro poblado Chullunquiani se encuentra dentro de Santa Rosa a una altitud alrededor de 4167.53 msnm lo que condiciona temperaturas muy bajas (figura 1), este factor hace que durante el día se tenga intensa radiación solar y noches extremadamente frías.

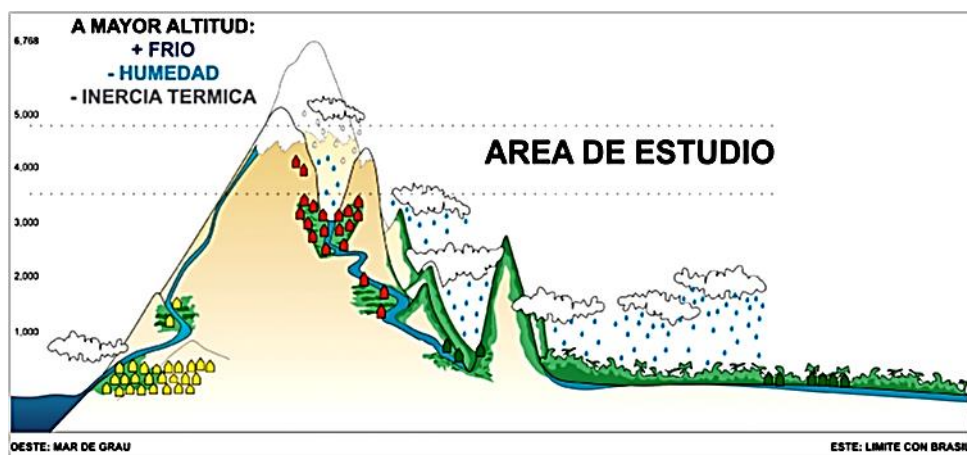
Actualmente, las políticas relacionadas a la vivienda rural se establecen a través del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), a través del Programa Nacional de Vivienda Rural (PNVR), que tiene como objetivo mejorar la calidad de vida y las condiciones de vivienda rural para el poblador que vive en zonas de altura como las ubicadas alrededor de los 4167.53 msnm en Puno (Chullunquiani), lo que condiciona al PNVR a desarrollar nuevas políticas; por esta razón se desarrolla la propuesta técnica de una vivienda rural térmica construida con bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu para lograr este objetivo, se inicia con la elaboración de los bloques, posterior a ello se determina las propiedades físicas y mecánicas para luego construir la vivienda prototipo donde se evalúa y compara la variación térmica en °C de la vivienda prototipo

frente a una vivienda rural típica asimismo se plantea el presupuesto para la construcción de la vivienda rural térmica propuesta para poder ser considerados como una alternativa por el MVCS.

El proyecto de tesis se desarrolla en los siguientes capítulos, Capítulo I donde se describe la introducción a la problemática y la justificación del trabajo, para luego delimitar los objetivos de la investigación y las hipótesis, en el capítulo II se desarrolla las bases teóricas como los antecedentes locales, nacionales e internacionales de la misma forma normativas que validan y formalizan los datos de la presente investigación, en el capítulo III se definen los materiales, métodos, y metodología de la investigación para un correcto desarrollo, el capítulo IV muestra los resultados y la discusión de los ensayos realizados frente a los antecedentes planteados, el capítulo V muestra las conclusiones de los objetivos planteados a los que se llega luego de la investigación realizada, el capítulo VI muestran las recomendaciones para futuras investigaciones que tengan que ver con las fibras de ichu y la elaboración de bloques y finalmente en el capítulo VII se muestra todas las referencias bibliográficas usadas para la realización de la presente investigación juntamente con los anexos.

Figura 1

Corte transversal del Perú



Fuente: (Moncloa, 2018)



1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde el principio los seres humanos han buscado refugio frente a las duras condiciones climáticas y protección de los elementos naturales que los rodean siendo la vivienda un lugar seguro, como la piel del ser humano, sirve de barrera entre el “interior” y el “exterior”, de la misma manera una vivienda está relacionada con la selección de materiales para su construcción, lo que determina las condiciones térmicamente saludables del "interior" (Fumo, N. et al., 2010).

Según la Organización de las Naciones (ONU), para el año 2030, “alrededor del 40% de la población mundial requerirá acceso a una vivienda, infraestructura básica y otros servicios como sistemas de agua y saneamiento” (ONU, 2017).

Según CARE (2015) indica que el impacto que tiene una vivienda rural adecuada para las familias, reduce las enfermedades respiratorias, la tasa de mortalidad y mejora las condiciones de confort, protección contra el frío, calor, lluvia, viento u otras amenazas para la salud.

La pobreza extrema y la dispersión crean una población rural susceptible a eventos climáticos extremos en las regiones andinas altas de Perú, aproximadamente el 35 % de viviendas rurales tiene déficit por falta de calidad en sus viviendas rurales, las condiciones de temperatura en el interior son extremadamente bajas, a pesar de la presencia de personas, los valores de temperatura terminan situados entre los 0°C y 3°C (Reiser & Wieser, 2016).

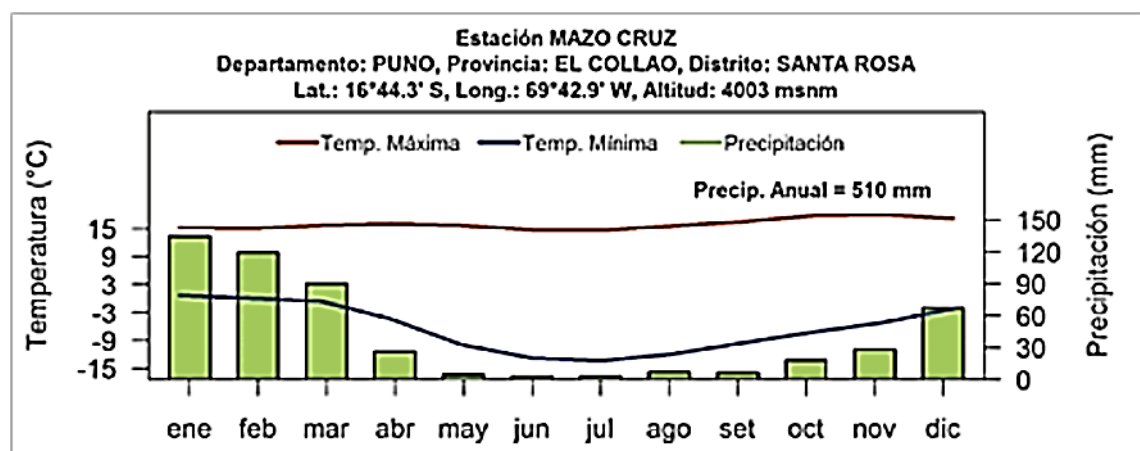
Las viviendas rurales de la zona están ubicadas sobre los 4 000 msnm construidas con paredes de adobe o piedra y barro, piso de tierra apisonada, techos de paja o calamina metálica, ventanas pequeñas y no más de una, por lo general estas viviendas registran

temperaturas medias interiores de 4°C, estas condiciones deterioran la salud y afectan en forma negativa al desarrollo humano y el de la población (Saavedra, 2014)

En la Figura 2, se observa la estación meteorológica de Mazocruz, ubicada a 4 003 msnm, en la provincia del Collao, el cual cuenta con un clima semifrío y semiseco, con una humedad deficiente en invierno, las temperaturas máximas que se registran van de 15°C a 18°C durante todo el año, mientras que en verano las temperaturas mínimas están alrededor de 0°C y en invierno, entre -13.3°C a -11.9°C, causando daños a la vida y la salud de las personas principalmente en niños y ancianos, en ocasiones en el invierno y otoño ocurren precipitaciones sólidas (nieve) (SENAMHI,2020).

Figura 2

Estación Mazocruz



Nota: Cuadro de barras de la estación Mazocruz, del SENAMHI,2020

Según el INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017.”el distrito de Santa rosa Mazocruz cuenta con una población de 3529 habitantes repartidos en sus 29 centros poblados, de los cuales 1779 son varones y 1756 mujeres y un total de 3007 viviendas, el centro poblado de Chullunquiani se ubica en la región natural Puna con un total de 28 personas, de los cuales 14 son varones y 14 mujeres y un total de 19 viviendas de las cuales 19 están ocupadas y 0 desocupada, según datos” (INEI, 2018)



En la zona de estudio (Chullunquiani), las viviendas tradicionales construidas de adobe están siendo reemplazadas por bloques de cemento, usando como unidad de albañilería al bloque de concreto (bloqueta), “la desventaja de la construcción de una vivienda con bloques de concreto, es su alta conductividad térmica, ya que esto ocasiona que en climas extremos las ganancias de calor sean muy bajas y las condiciones de habitabilidad se encuentren fuera de la zona de confort.” (Pérez, Cabanillas, Hinojosa, & Borbón, 2011)

Según el Censo de 2017, los materiales predominantes y más utilizados en los muros de las viviendas son las unidades de albañilería como ladrillos o bloques de cemento estos representan alrededor del 30,9%, adobe o tapia el 58,6%, piedra con barro (9,9%), y otros (0.6%); comparado con el Censo 2007, se registra un incremento de viviendas con bloques de cemento o ladrillo que representa un 43,7% de crecimiento durante el periodo intercensal 2007-2017 (INEI, 2017).

Por tal motivo la presente investigación busca proponer una vivienda rural térmica para reducir los efectos producidos por las heladas y friaje, por lo citado en lo párrafos anteriores surgen los siguientes cuestionamientos generales y específicos.

1.1.1. Problema general

¿Cuál será la propuesta técnica de la vivienda rural térmica construida con bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu (Fibrocemento) en el distrito de Santa Rosa - Mazocruz, Puno 2019?

1.1.2. Problemas específicos

- a. ¿Como son las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu?



- b. ¿Cuánto es la variación térmica en °C de la vivienda prototipo construida con los bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu frente a una vivienda rural típica?
- c. ¿Cuál será el presupuesto para la construcción de la vivienda rural térmica propuesta?

1.2 JUSTIFICACIÓN

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 El Collao de 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, los cuales 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 dando lugar a la pérdida de calor en el interior de las viviendas, dicho lo anterior, surge la necesidad de llevar a cabo la presente investigación proponiendo una vivienda rural térmica construida con bloques de cemento añadidos con fibras de Stipa ichu, aprovechando que el ichu es un recurso renovable, disponibles y abundante en la zona el cual tiene un costo económico y accesible, la propuesta de vivienda rural térmica pretende mejorar la calidad de vida, confort térmico y la salud de los pobladores.



1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Realizar una propuesta técnica de una vivienda rural térmica construida con bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu (Fibro cemento) en el distrito de Santa Rosa - Mazocruz, Puno 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu.
- Evaluar la variación térmica en °C de la vivienda prototipo construida con los bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu frente a una vivienda rural típica.
- Plantear el presupuesto para la construcción de la vivienda rural térmica propuesta.

1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Hipótesis general

La propuesta técnica de la vivienda rural térmica construida con bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu, beneficia al habitante del centro poblado de Chullunquiani mejorando las condiciones térmicas en el interior de sus viviendas.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu cumplen con las condiciones establecidas en la norma E.070.
- La variación térmica en °C en el interior de la vivienda prototipo construida con los bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu presentan



temperaturas confortables para el habitante del centro poblado Chullunquiani en comparación con una vivienda rural típica de la zona.

- 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.



CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Salas & Veras Castro (1985). El trabajo se enmarca en el proyecto de investigación “Materiales, Tecnologías y Prototipos de Viviendas de muy Bajo Coste”. Se pretende conseguir un material de construcción para su empleo como aislante térmico, a base de cemento y cascara de arroz tratada. Se analiza el comportamiento de distintas dosificaciones optando, en base a los resultados, por dos de ellas, con las que se realizaron paneles patrón de 60x90x6 cm que se ensayaron a flexión y se determinaron los valores de la conductividad térmica, valores que oscila entre 0,105 y 0,123.

Juárez (2002). En su tesis tiene como objetivo fabricar un material de construcción de bajo costo a partir de cemento portland reforzado con fibras naturales de lechuguilla, que tenga buena resistencia y durabilidad. Como hipótesis se plantea que es necesario proteger las fibras y reducir la porosidad de la matriz para que el compuesto sea durable. De acuerdo a sus resultados indica que la fibra de lechuguilla es resistente a la tensión, pero se deteriora severamente por la alta alcalinidad del concreto. Sin embargo, si se recubre la fibra con parafina y la matriz es densificada con ceniza volante, se observa que el compuesto soporta la exposición a ambientes agresivos y a las variaciones de humedad y temperatura. Además, las fibras largas y en pequeñas cantidades proporcionan un incremento en la resistencia a flexión y tensión del concreto.

Hermosilla (2006). En su trabajo de investigación realiza ensayos a compresión a bloque de albañilería y tableros prefabricados de hormigón de aserrín donde determina

de manera experimental el comportamiento del hormigón de aserrín en estructuras de albañilería. Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 1

Resistencia a la compresión de los bloques a los 28 días.

Largo cm	Volumen m3	Densidad kg/m3	Carga kg	Área cm2	Resistencia kg/cm2
29.6	0.004	1036.5	19500	412.9	47
29.3	0.004	1005.7	16000	407.3	39
29.5	0.004	1141.8	22000	413.0	53
29.8	0.004	1030.9	18900	416.0	45
29.6	0.004	1019.3	18000	411.4	44
				Promedio	46

Fuente: (Hermosilla,2006)

Reyes (2009). En la tesis doctoral sobre el estudio del comportamiento de morteros reforzados con fibras de maíz, para de viviendas de bajo costo, donde el objetivo es el estudio de manera teórica y experimental de morteros reforzados con fibras de la planta de maíz, para que el material sea utilizado en la fabricación de elementos de construcción para viviendas de bajo costo. En donde obtiene resultados de resistencia a compresión y resistencia a la tracción para bloques con contenidos de fibra del 8% y 12% en masa.

Tabla 2

Resistencia a compresión de Bloque de Maíz.

Serie	Carga promedio (Kg)	Resistencia a compresión (sección bruta) Mpa	Resistencia a compresión (sección neta) Mpa
CF8%	14550	3.04	3.24
CF12%	11917	2.48	2.67

Fuente: (Reyes, 2009)

Tabla 3*Resistencia a compresión y tracción de Bloque de Maíz.*

Serie	Resistencia a compresión (sección neta) Mpa	Resistencia a tracción (Mpa)
CF8%	3.24	0.61
CF12%	2.67	0.56

Fuente: (Reyes, 2009)

Mora Rodríguez, Álvarez García, & Hernández González (2009). En su artículo de investigación denominada “Determinación de propiedades mecánicas de las fibras de Bambusa Vulgaris a utilizar en tableros prensados”. Concluye que la resistencia a la rotura varía en intervalos de 80.6 a 221.3 MPa. El módulo de Elasticidad varía desde 1.30×10^5 a 2.9×10^5 MPa, y el coeficiente de Poisson de 0.37 a 0.46.

Cevallos (2011). En su trabajo de investigación denominado Elaboración de paneles ligeros a base de bagazo de caña de azúcar aglomerado con cemento portland concluye que mediante el uso de fibras de bagazo de caña de azúcar como refuerzo para una matriz de cemento portland, se puede obtener materiales compuestos durables, con propiedades físicas y mecánicas adecuadas. El panel ligero estudiado presenta características y propiedades físicas como: Densidad = 1.35 gr/cm^3 ; Absorción = 20% y Porosidad = 21.83%. Además, El costo del panel ligero es inferior al costo de los tableros que se comercializan en el mercado.

Tabla 4*Valores de las propiedades físicas del compuesto*

Densidad	Absorción	Porosidad
(gr/cm³)	(%)	(%)
1.35	20.8	21.83

Fuente: (Cevallos,2011)

Covarrubias (2012) en su tesis para obtener el grado de maestro estudia sobre la temperatura de confort como la condición térmica para las personas y el rango de confort, una de sus conclusiones a la que llega la autora, después de haber hecho el estudio de campo a cerca de la temperatura de confort muestra que tiene una relación directa con la temperatura que se da en el interior y la temperatura promedio que se da en el exterior deseada por el ser humano.

Para los siguientes autores que realizaron estudios a cerca de confort térmico que indica la autora, que la temperatura de confort (T_c) mantiene una relación estable y directa con la temperatura media exterior (T_o), y presentan una ecuación para determinar la temperatura de confort:

$$T_c = 13.5 + 0.54 T_o$$

Donde, “ T_o ” es en este caso la temperatura media exterior promedio mensual.

Tabla 5

Modelos de confort térmico para diferentes autores

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

Fuente: (Covarrubias, 2012)

b: Punto de intersección de la recta de regresión al eje de las ordenadas.

m: Pendiente de la línea de regresión.

Herrera (2014). Estudió diversos pretratamientos en la cascarilla de arroz, así como combinaciones y variaciones; se realizaron concretos con distintos contenidos de cascará de arroz. Se determinó propiedades como la densidad, resistencia a flexión y compresión de los concretos a realizados. Esta cascarilla de arroz la utilizó en el concreto



celular ya que poseen características propias, que mediante métodos en el proceso de su elaboración se habrá hecho más ligero que el concreto utilizado, concluyendo que la utilización de la ceniza de cascara de arroz y Microsílice ayuda con la reacción cementante, permitiendo usar menos cantidad de cemento y un ajuste en la relación agua/cementante, donde es posible reemplazar una parte del cemento con una cantidad de ceniza de cascara de arroz y Microsílice ayudando a reducir costo y obteniendo propiedades mecánicas aceptables.

Según (Walker, Pavia, & Mitchell, 2014), 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, donde 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.

Karade, (2020), en su artículo analiza sobre cómo las fibras de cáñamo se emplean como material de construcción “Hempcrete” en lo que respecta a aislamiento, durabilidad, resistencia estructural y aislamiento acústico, entre otros criterios.

Hempcrete no es empleado como reemplazo directo del concreto, dice Karade. En laboratorio se ha podido fabricar Hempcrete con resistencias a la compresión de 3 MPa. “Los bloques de hormigón típicos, que se utilizan para hacer paredes, tienen valores que varían entre 5 MPa y 20 MPa”.

Simacon es una empresa que con innovación logró sustituir el uso de poliestireno expandido por un material compuesto de hormigón y fibras de madera mineralizadas.



Basado en un modelo económico circular. Fabrica bloques con fibras mineralizadas que se usan en países como Alemania, Austria, Suiza, Italia, Canadá, Inglaterra y Australia desde más de 40 años con gran éxito por su buena resistencia estructural y como excelente aislante térmico, acústico y longevidad (Piatti Visitó La Planta de Simacon En El Alcazar – Todo Misiones Digital, 2021).

2.1.2 Antecedentes nacionales

Pajares (2015). En su tesis realiza un análisis sobre el comportamiento de la resistencia mecánica del concreto al adicionar de fibras vegetales. Los resultados experimentales muestran que el concreto incrementa su resistencia a los diferentes esfuerzos, el mayor incremento de resistencia en compresión fue de 7.04% y se obtuvo con una adición de 1.00% de fibra, mientras que la resistencia a flexión aumento en 40.66%.

Gamarra (2016). En su trabajo de investigación, después de evaluar las características de las fibras de la palma aceitera para elaborar tableros de fibrocemento, dichas fibras fueron tratados con un desfibrador al 10 % de consistencia hallándose un rendimiento del 80.37; luego con los haces fibrosos se caracterizaron química y físicamente, resultando 3 clases de tableros de fibrocemento según los porcentajes de las fibras tomando como referencia la masa del cemento en la mezcla, el tiempo de fraguado de los tableros fue de 24 hrs, para poder evaluar de las propiedades físicas y mecánicas toma de referencia la norma DIN (alemana), llegando a la conclusión que los tableros obtuvieron valores superiores a los indicados en la norma, por lo que estos tableros se muestran como un material innovador con un gran potencial para su uso y para poner en práctica para próximos estudios de materiales con una matriz de cemento.

Molina (2018) En su tesis denominado “Uso del programa EnergyPlus para la simulación del consumo energético de un módulo bioclimático ubicado en Imata,



Arequipa a 4519 msnm, como su objetivo plantea: Diseñar, simular y proponer un módulo experimental bioclimático aplicando el programa de modelación térmica dinámica EnergyPlus para determinar su desempeño térmico. Define los tamaño y formas de los módulos experimentales por el interior 3.00mx4.00m, con la parte larga en la dirección de este a oeste, altura de muros de 2.20m, un techo a dos aguas con pendiente de 22°, y una puerta de 0.90m x 2.10m.

Díaz V, Calderón G, Flores L, & Pérez C, (2019) En su artículo de investigación denominado “Mejoramiento de la propiedades físicas y mecánicas del concreto con fibras de cáñamo en obras de pavimento rígido en el distrito de el Tambo-2019”. Concluye que al adicionar fibras de cáñamo en 2% se producen vacíos que disminuye la resistencia a compresión, y al adicionar hasta 1% de fibra de cáñamo los valores de resistencia a compresión son similares a los de resistencia a compresión sin adicionar fibras. Pero aporta ductilidad al concreto y evita la pérdida de adherencia de los materiales gracias a las fibras.

2.1.3 Antecedentes locales

Acero (2016), en su tesis denominada “Evaluación y diseño de vivienda rural bioclimática en la comunidad campesina de Ccopachullpa del distrito de Ilave”; describe que la deficiencia de viviendas rurales adecuadas y las malas prácticas de construcción afectan al confort térmico.

Atahuachi, G & Carcausto, Y (2018). En su trabajo de investigación, propusieron a la Stipa ichu como un material en los tableros para aislamiento termoacústico, llegando a la conclusión que la Stipa ichu es adecuada en sus propiedades físicas cuando se utiliza como un aislante térmico y aislante acústico en la aplicación de viviendas, estas a su vez revaloran las costumbres del uso de este material y favorecen al medio ambiente.



E. Mamani & Pinazo (2020) en la tesis denominado “Eficiencia de una vivienda construida con tabiquería bioclimática a base del Stipa ichu y festuca dolichophylla presl para mejorar el confort térmico de la zona de Chillapalca, San Antonio De Putina, de la Región Puno-2018” tiene con objetico evaluar la eficiencia de una vivienda construida con tabiquería bioclimática a base del Stipa ichu y festuca dolichophylla presl para mejorar el confort térmico, obteniendo durante los meses de junio, julio y agosto, en la vivienda propuesta una temperatura máxima de 18.42°C y mínima de 3.70°C y en la vivienda tradicional un máximo de 15.28°C y mínimo de -2. 16°C.

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 alto andina con fardos de avena comprimida y creando un aislamiento térmico para lograr un adecuado confort térmico. Se concluyo que la vivienda construida a base de fardos de avena, mostro mayor confort térmico en comparación a la vivienda tradicional en 1.1°C. Según los registros realizados durante 21 días del mes de octubre del año 2019, se midió a las 5:00A.M. en el exterior de la vivienda una temperatura mínima aproximadamente de 0.1°C y en el interior de la vivienda construida con fardos de avena una temperatura mínima de 9.7°C.

Dentro de las investigaciones locales no se encontraron referencias respecto al empleo de fibras de Stipa Ichu u otras fibras vegetales en compuestos cementicios.



2.2 BASES LEGALES

2.2.1. Norma Técnica de Edificación E-070 “Albañilería”

La norma E-070 de albañilería establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados.

Para la presente investigación se adaptó la presente norma pues es la que más se asemeja para un análisis de las unidades de albañilería en los bloques de cemento adicionado con fibras de *Stipa ichu*.

2.2.2. Agencia Federal de Regulación Técnica y Metrología de la Federación Rusa

2.2.2.1 Arbolit

Según la Agencia Federal de Regulación Técnica y Metrología de la Federación Rusa en su norma GOST, establece lineamientos para la elaboración de hormigones ligeros a base de agregados de origen vegetal, comúnmente conocido como “Arbolit” que es uno de los tipos de hormigón ligero, que incluye astillas de madera (astillas), cemento de alta calidad, aditivos químicos y agua. La necesidad de aditivos químicos en la composición del hormigón de madera se debe a que el azúcar residual debe neutralizarse en las virutas de madera para aumentar la adherencia de las virutas y el cemento, así como mejorar propiedades como la porosidad, la aceleración del endurecimiento, la actividad bactericida, etc. (Council & Standardization, 2019)



2.2.2.2 Composición del Arbolit

2.2.2.2.1. Aglutinantes minerales

El cemento Portland actúa como el componente principal que une los agregados orgánicos en el concreto liviano. De acuerdo con los requisitos de GOST 10178-85 y GOST 31108-2003.

2.2.2.2.2. Marcadores de posición

El agregado principal para el hormigón de madera son los residuos de madera triturada obtenidos durante el procesamiento de árboles de coníferas y de hoja caduca. El hormigón de mayor calidad se obtiene mediante el uso de virutas de madera. Los requisitos para los agregados de madera: el tamaño máximo de partícula está calibrado dentro de los 5 mm en su espesor, 30 mm en largo y 10 mm en ancho; el contenido de polisacáridos de materias primas no debe exceder el 2%; el porcentaje permisible de mezcla de hojas y agujas (en materia seca) debe estar dentro del 5% - 10%. Las materias primas orgánicas no deben contener moho, partículas en descomposición ni inclusiones extrañas (tierra, partículas de metal, arcilla, hielo, etc.).

2.2.2.2.3. Aditivos químicos

Dado que el hormigón de madera contiene agregados orgánicos, se requiere la adición de componentes químicos. Los productos químicos ayudan a preservar la integridad de las materias primas biológicas y aceleran la adhesión con el cemento, lo que reduce el tiempo de curado del hormigón.

Las siguientes sustancias son necesarias para la producción de mezcla de hormigón orgánico: sulfato de aluminio; nitrato de calcio; cloruro de calcio; cloruro amónico; sulfato de alúmina; vidrio líquido. Los criterios para la efectividad de los



aditivos químicos están regulados por GOST 24211-2008. Los aditivos se mezclan con agua y luego se agregan a la mezcla de cemento y madera. Estos suplementos son completamente seguros para la salud.

2.2.2.3 Características principales

Dentro de sus características principales encontramos a la Densidad que esta expresada en (kg/m³) y se establecen las clases D300-D500. Grados de hormigón de madera estructural: de D500 a D900, otra es la Fuerza compresiva conocida también como resistencia a la compresión el hormigón corresponde a diferentes clases de resistencia (B0.35, 0.75 para edificios de un piso y B1.5, 2.5, 3.5 para edificios de dos pisos). Dependiendo de este indicador, se determina el tipo y el propósito funcional del material y finalmente la Absorción de humedad y permeabilidad al vapor el coeficiente de absorción de agua para hormigón de madera es 75 - 85%, permeabilidad al vapor - hasta 35%, Estos indicadores están regulados por GOST 4.212-80 norma nacional de la Federación Rusa.

2.2.3. GOST 19222-2019 Arbolit y sus productos.

Especificaciones generales: Esta norma establece que Arbolit debería tener las siguientes clases de resistencia en la edad de diseño:

- Para compresión: B0.5; B1; B1.5; B2.0; B2.5; B3.5
- Para tensión axial: Br0.13; Br0.25; Br0.36; Br0.48; Br0.57; Br0.74

2.2.4. GOST R 54854-2011 Hormigones ligeros a base de áridos orgánicos de origen vegetal, especificaciones.

Esta norma establece algunas aplicaciones de hormigón de madera en función a la densidad media (kg/cm³) y resistencia a la compresión.

Tabla 6*Aplicaciones recomendadas para hormigón de madera*

Ámbito de aplicación	Densidad media (kg/m³)	Resistencia a la compresión
Tableros de aislamiento térmico	300, 350 y 450	2.5, 3.5 y 5 kg/cm ²
Aislamiento térmico monolítico y aislamiento acústico de suelos, áticos y cubiertas.	300, 350, 450 y 500	3.5, 5 y 10 kg/cm ²
Aislamiento térmico monolítico de paneles tri capa, grandes bloques, losas y revestimientos	500, 550 y 600	0.75 Mpa
Paredes exteriores e interiores de una sola capa. tabiques, bloques grandes y pequeños o paredes monolíticas:		
-No portante	500, 550 y 600	0.75 y 1.5 Mpa
-Autoportante	650 y 700	1.5 y 2.5 Mpa
-Portantes	750, 800 y 900	2.5 y 3.5 Mpa
Pequeños bloques huecos o con insertos térmicos para paredes monolíticas prefabricadas:		
– No portante	300, 350 y 400	0.35, 0.5 y 0.75 Mpa
– Autoportante	300, 350, 400, 450 y 500	0.75 y 1.5 Mpa
– Portantes	500, 550 y 600	1.5, 2.5 y 3.5 Mpa
Elementos de encofrado fijo: tableros de partículas de cemento tipo Velox	700, 750 y 800	2.5 y 3.5 Mpa
bloques huecos como yurisol	300, 350, 400 y 450	1.5 y 2.5 Mpa

Fuente: (Council & Standardization, 2012)

2.3 BASES TEÓRICAS

2.3.1 Vivienda rural

La vivienda rural es un módulo habitacional que se encuentra aislada de la estructura urbana de una localidad en dichos lugares se emplearan los materiales propios de la zona para su construcción (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).



2.3.1.1 Cimentación

El cimiento cumple dos condiciones principales transmitir las cargas hasta el suelo y evitar que la humedad ascienda hacia los muros. En esta investigación en lo que concierne a cimentaciones nos apoyaremos en la norma E.080 para cumplir las exigencias mínimas para cimientos en viviendas rurales construidas con adobe por ser el que más se asemeja a la propuesta de la investigación. Además, tomaremos como referencia el estudio de suelos realizado MVCS para el proyecto “Mejoramiento de vivienda rural en los centros poblados Chullunquiani Y Providencia - Distrito de Santa Rosa -Provincia de El Collao - Departamento de Puno”

De acuerdo a la norma E.080 “Diseño y construcción de tierra reforzada” todo cimiento debe tener una profundidad mínima de 0.60m. (medida desde el suelo natural) y ancho mínimo de 0.40m.

Los tipos de cimentación que se pueden emplear son de tipo pirca compactada y rellena con piedras grandes, concreto ciclópea acomodada con piedras pequeñas o muros de piedra con mortero de cemento y arena gruesa.

2.3.1.2 Sobrecimiento

El sobrecimiento cumple funciones de transmitir la carga hasta el cimiento y proteger el muro ante la acción de la erosión y la ascensión capilar, todo sobrecimiento debe elevarse sobre el nivel del terreno no menos de 0.30 metros y tener un ancho mínimo de 0.40 metros, el tipo de sobrecimiento será de concreto ciclópeo.

2.3.1.3 Dimensiones puertas y ventanas

Según el Ministerio de Vivienda, (2021) en su “Guía de tipologías de vivienda rural”, en su ítem de lineamientos establece estrategias de dimensiones y diseño para puertas y ventanas para viviendas alto andinas con las siguientes dimensiones respecto a su área total:



- Altura mínima de puertas 2.10m
- Aberturas 5%-7%
- Vanos 15%

2.3.1.4 Cubierta o techo de Stipa Ichu

La Stipa ichu es material muy común en nuestra región por lo que se le da uso en los techos de las viviendas, las propiedades que tiene son como aislantes térmicos ya que preserva el calor tanto en invierno como en verano en el interior de las viviendas y también brinda un buen aislamiento acústico, por lo que es muy apreciada (De Arquitectura, 2022).

Sin embargo, unas de las desventajas es que tiene que renovarse cada 2 años según el desgaste por el sol, vientos, granizadas, lluvias y nevadas; y en un periodo de 10 años reemplazar todo el techo con paja nueva, por lo que se construyen techo con pendientes superiores a 40°, para permitir la caída de las nevadas y granizadas que le producen humedecimiento y perjudican al ichu.

2.3.2 Confort térmico

Según, Gómez-Azpeitia, Morales, & Torres, (2013) El confort térmico es concebido como una forma cualitativa del estado mental del ser humano que involucran variables subjetivas y no solo como el balance energético del cuerpo humano y medio que lo rodea (Gómez-Azpeitia et al., 2013).

La definición que le da la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), es la condición de la mente del ser humano que expresa la satisfacción con el ambiente térmico. Por lo tanto el ser humano busca el equilibrio de las sensaciones psíquicas y fisiológicas frente a su entorno, es por ello que el confort térmico es considerado como un estado mental en el que se involucran variables objetivas y subjetivas entre el cuerpo humano y su contexto (Covarrubias, 2012).



Según SENAMHI (2015). En su nota 005 indica que “la temperatura mínima base de confort para las regiones de Puna, Suni y quechua son 16.0°C, 17.0°C y 18.0°C respectivamente. Estos valores se consideran razonables debido a que se encuentran dentro de los rangos considerados por otros países como el Reino Unido (15,5 °C) y Estados Unidos (18,3 °C)”.

2.3.3 Cemento

2.3.3.1 Definición

Se define como cemento a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. (Rivva Lopez, 2004)

2.3.3.2 Cemento Portland

El cemento portland normal es el producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que no excedan el 1% en peso del total y que la Norma correspondiente determine que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker, uno de los más usados es el Tipo I de uso general pues se emplea en casos donde no se requiera propiedades específicas en concreto, pero deben cumplir con los requisitos de la ASTM C 150 ó NTP 334.039. (Rivva Lopez, 2004).

2.3.3.3 Composición química del cemento Portland

Tabla 7

Composición química del cemento Portland

UNIDAD QUÍMICA	TOTAL	PROCEDENCIA	PORCENTAJE	ABREVIATURA
Oxido de calcio (CaO)→Cal		Rocas calizas	61%-67%	C
Oxido de sílice (SiO ₂) →Sílice		Areniscas	20%-27%	S
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃) →Alúmina	95%	Arcillas	4%-7%	A
Oxido de fierro Fe ₂ O ₃		Arcilla, mineral de hierro, pirita	2%-4%	F
Oxido de magnesio, Sodio			1%-3%	
Potasio, Titanio, Azufre	5%	Minerales varios	1%-5%	
Fosforo, Magnesio			0.25%-1.5%	

Fuente: (Rivva Lopez, 2004)

Los compuestos químicos dan origen a 4 componentes del cemento Portland (Cerrón, 2009):

- $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow$ símbolo = C_3S (Silicato tricálcico)
- $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow$ símbolo = C_2S (Silicato bicálcico)
- $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow$ símbolo = C_3A (Aluminato tricálcico)
- $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow$ símbolo = C_4AF (Ferro aluminato tetracálcico)

2.3.3.4 Hidratación

El agua es el material que genera la hidratación en este proceso, para una correcta dosificación se debe tener en cuenta la relación agua/cemento que viene dada por el

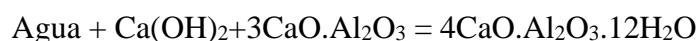
cociente y se expresada como A/C; se ha dado 2 casos donde con una relación A/C de 0,2 el agua disponible no es suficiente para que se genere la hidratación en el cemento; mientras que para una la relación A/C de 0,6 resulta demasiada agua, y esto hace que cuando se evaporada se generen poros en el concreto por consiguiente baja su resistencia, por lo que una relación agua/cemento de 0,4 es adecuado para una buena hidratación así evitamos la porosidad y se logra un buen comportamiento en las propiedades mecánicas (Paucar, 2008).

La forma de hidratación del cemento según esta investigación nos proporciona que el agua equivale a 1/5 del peso del cemento. Mientras que en otra investigación la cantidad de agua será de 0,25 mL/g por gramo de cemento y de material lignocelulósicos un 2,7 mL/g, las cantidades sean utilizado en diferentes investigaciones de matrices cementicios agregadas con fibras vegetales (Paucar, 2008).

2.3.3.5 Reacciones del cemento

El cemento al entrar en contacto con el agua produce múltiples reacciones como el fraguado y el endurecimiento esto influye en los procesos de formación del concreto.

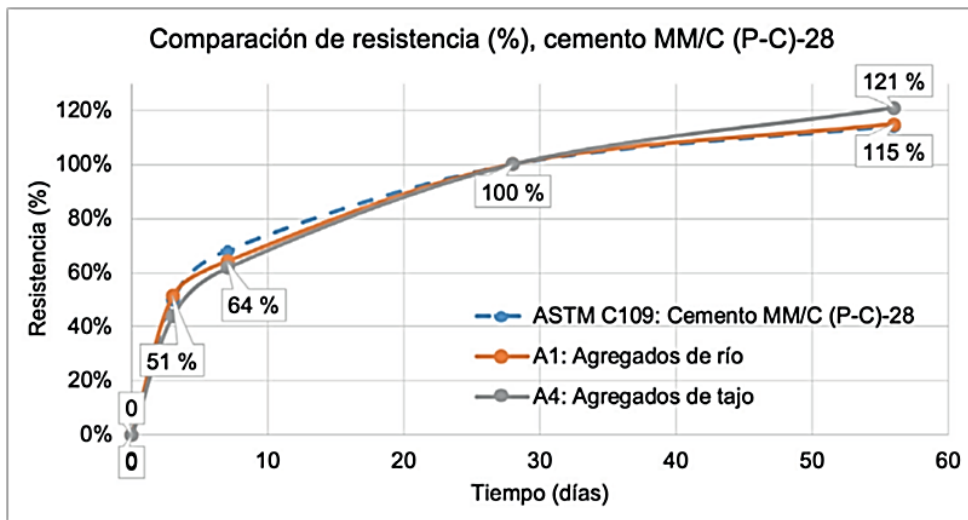
- a) El fraguado es el proceso en el cual se produce una reacción química del hidróxido de calcio con el aluminato del clinker y el agua, estos compuestos actúan como hidratos solubles en el agua para luego precipitarse, formándose una aglomeración de las partículas, así se produce este cambio de un estado líquido a rígido.



- b) El Endurecimiento se da posterior al inicio del fraguado, debido a la lenta hidratación de los silicatos frente a los aluminatos cálcicos. Este proceso se da a lo largo de la vida del concreto, tomando la resistencia a los 28 días como la resistencia al 100 % (Rojas, Hernández Mora, & Muñoz Umaña, 2020)

Figura 3

Desarrollo de resistencia del concreto



Fuente: (Rojas, Hernández Mora, & Muñoz Umaña, 2020)

2.3.3.6 Curado

Este procedimiento consiste en mantener hidratado el concreto para que pueda adquirir mayor resistencia y mejorar sus propiedades mecánicas, esto con el objetivo de tener controlado la temperatura así evitar la evaporación, teniendo en cuenta que las bajas temperaturas disminuyen la hidratación pero al contrario si la temperatura es alta la hidratación es más rápida, para esto se deberá mantener hidratada la superficie (Rojas, Hernández Mora, & Muñoz Umaña, 2020)

El momento del curado será importante pues mientras más pronto sea mejor, pero sin dañar la superficie del concreto, para ello se tomará la siguiente referencia.

Tabla 8

Curado en diferentes condiciones climáticas

Condición climática	Intervalo de tiempo después del vaciado
Secos y calurosos	1-3 horas.
Templados	2.5-5 horas.
Frios	4.5-7 horas

Fuente: (Abanto Castillo, 2009)



2.3.4 Cal

La cal es un material conglomerante pues es capaz de adherirse a otros materiales formando un mortero se obtiene a través de rocas calizas o dolomitas estas tienen carbonatos en su composición, se tiene 2 tipos de cales, las cales aéreas que son producto de la calcinación de calizas o dolomías, compuestas por hidróxido de calcio y/o magnesio, no posee propiedades hidráulicas al mezclar con agua no fragua ni endurece y las cales hidráulicas son producto de la calcinación de rocas carbonatadas que contiene arcillas ricas en sílice, aluminio y hierro. Mezcla de óxido de calcio más silicatos y aluminatos cálcicos, tiene la propiedad de fraguar y endurecer cuando se mezcla con agua, la reacción con el dióxido de carbono atmosférico es parte del proceso de endurecimiento, las ventajas que proporciona las cales hidráulicas es su capacidad de retener el agua, mayor adherencia, fungicida y desinfectante por su alcalinidad de la cal e ignífugo (Valles, 2015).

2.3.5 Sulfato de aluminio

El sulfato de aluminio es una sal que se obtiene de la bauxita con ácido sulfúrico, su fórmula es la siguiente $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$. Su presentación es en varias formas: de granos parecidos al arroz, en polvo, en terrones y en forma líquida, el sulfato de aluminio es el coagulante tradicional que se utiliza a escala mundial para el tratamiento de las aguas (Galindo, 2018)

2.3.5.1 Riesgos a la salud

Según la vía de acceso al organismo, puede dar por ingestión el cual puede causar dolor abdominal, náuseas y vómito, por inhalación de altas concentraciones pueden causar congestión y constricción de las vías respiratorias, al contacto con soluciones concentradas pueden causar irritación e inflamación, esta sustancia química no es considerada como: Cancerígena, ni mutagénica (De et al., n.d.).

2.4 FIBRAS VEGETALES

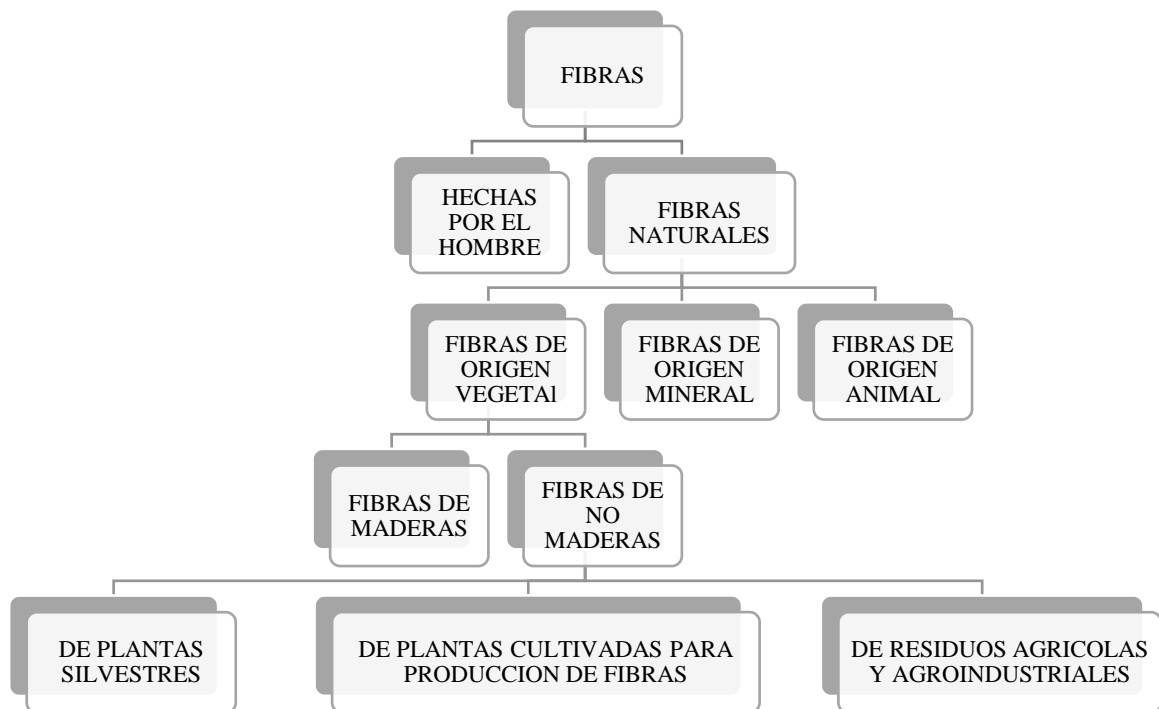
2.4.1 Definición

Son células fibrosas que al agruparse conforman elementos que pertenecen a diferentes especies como botánicas, orgánicas, tejidos o conjunto de células, estas cumplen funciones esenciales en la planta como sostén (porte erguido) y conducción (Vidal & Hormazábal, 2016).

2.4.2 Clasificación

Figura 4

Clasificación de las fibras según su origen.



Fuente: (Gamarra,2016).

2.4.3 Tipos de vegetación

La clasificación por tipos de vegetación se realiza en base a una apreciación fisionómica (aspecto físico) de la vegetación, para ello nos basamos en la forma de las especies que la conforman, el color y tamaño de las especies dominantes (G. Mamani, Garcia, & Durand, 2013).






2.4.3.1 Pajonales nativos

Este tipo de vegetación ocupa la mayor extensión en la zona altoandina, está dominado por gramíneas altas o ichus que pertenecen a familia de las Poáceas como:

- La chilligua (*Festuca dolichophylla*)
- El iro ichu (*Festuca ortophylla*)
- Ichu (*Stipa ichu*)
- Hatun porke (*Calamagrostis antoniana*)
- Huaylla ichu (*Calamagrostis rígida*).

Tabla 9

Clasificación de gramíneas altas o ichus.

Chilligua (<i>Festuca dolichophylla</i>)	Iro ichu (<i>Festuca ortophylla</i>)	Ichu (<i>Stipa ichu</i>)	Hatun porke (<i>Calamagrosti s antoniana</i>)	Huaylla ichu (<i>Calamagrostis rígida</i>).
				

Fuente:(G. Mamani et al., 2013).

2.4.4 Stipa Ichu

Llamada en el Aymara ichu (Stipa Ichu), especie de paja bastante larga y dura que crece en grandes cantidades sobre las faldas de los montes la paja se utiliza cuando está completamente seca también es nombrada como pasto o paja brava, resiste el clima del altiplano, arenoso, pedregoso y árido (Macía, 2006).

Tabla 10

Características del Stipa Ichu.

Reino	Plantae
Familia	Poaceae
Tribu	Stipeae
Genero	Stipa
Especie	Stipa Ichu

Fuente: Botánica Económica de los Andes Centrales.

Tiene hojas rígidas, erectas con un diámetro de 0.5mm. Es una planta entera se emplea en el techado de casas, con la parte aérea se trenza cuerdas para los cuernos de toros, empleadas también en la fabricación de escobas, puertas y la elaboración de abobe (Macía, 2006).

Son vegetaciones distribuidas en diferentes pisos térmicos desde los 3,500 m hasta los 4,000 m, cubriendo planicies y laderas, en áreas de suelos delgados con pH ácido. La especie dominante es la Stipa ichu (Ichhu o ichhu siqua) que tiene un corto periodo de rebrote, permaneciendo seca la mayor parte del año. Algunas especies que acompañan al ichu en las laderas son Aristida enodis (Orqo iru) y en forma menos frecuente Hypochoeris taraxacoides (Pilli).

Estos pastizales son de muy baja capacidad de carga a pesar de que aparentemente muestran una buena biomasa. Se considera que la carga máxima sería de 1 U.O. Ha/año, pero que quizás las llamas utilizarían mejor estos pastizales. (MAYTA HUIZA, 2010).

Figura 5

Ichu (Stipa Ichu), en el C.P, Chullunquiani, Mazocruz Santa Rosa-Puno



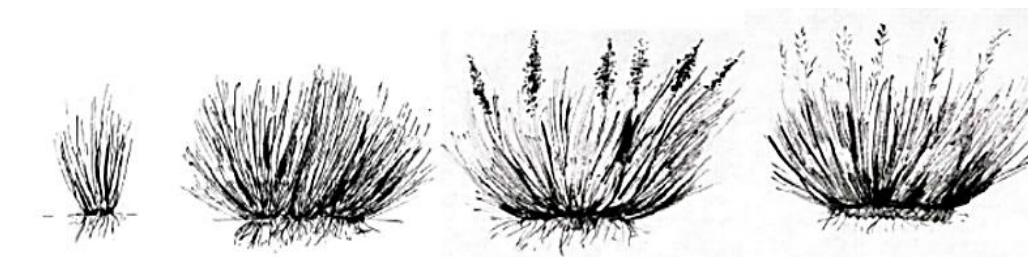
Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

2.4.5 Fases fenológicas de Ichu

La fenología estudia y describe los eventos fenológicos en las especies vegetales estos dentro de un entorno natural o agrícola, es por ello que la fase fenológica es el periodo donde aparecen o desaparecen, también es considerado como la manifestación en el tiempo de la vida biológica del ichu. (Ministerio del Ambiente, 2011).

Figura 6

Fases Fenológicas de la Stipa Ichu



↑ BROTACIÓN	↑ MACOLLAJE	↑ PANOJA	↑ SENESCENCIA
Momento en que las plantas vuelven a brotar en pasturas establecidas.	Aparecen los primeros macollos en los tallos principales.	Aparecen las primeras panojas con una longitud de 5 a 15 cm.	Las plantas cambian de color verde a amarillento, se van marchitando y secando continuamente.

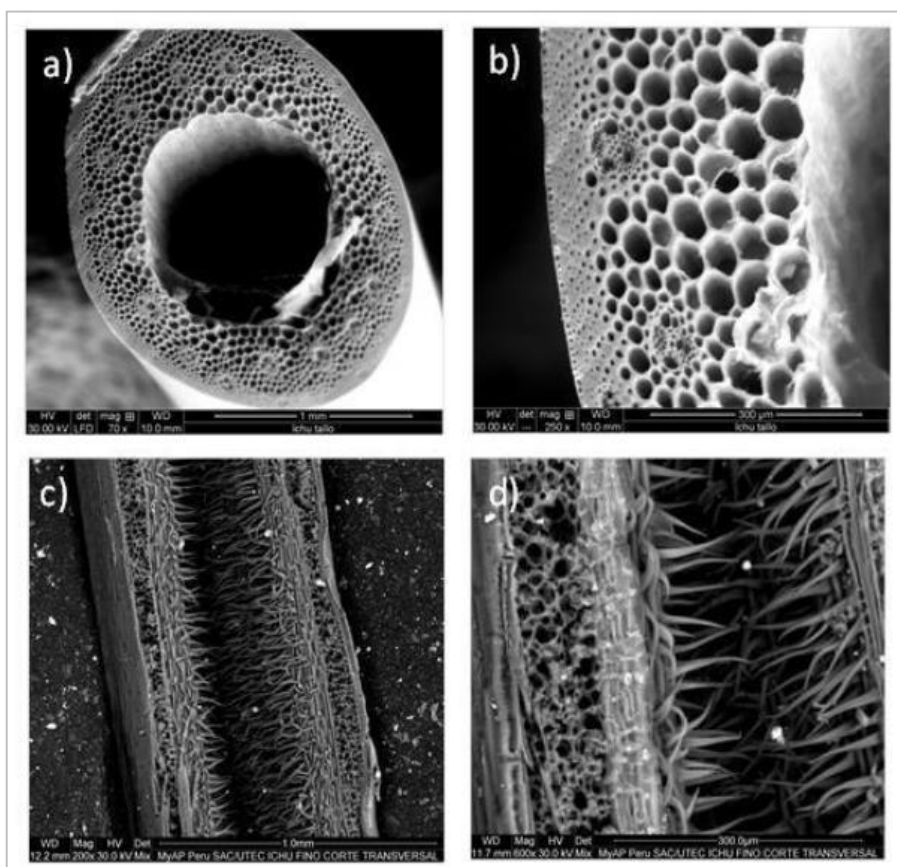
Fuente: Ministerio del Ambiente, 2011

2.4.6 La estructura del Stipa Ichu

la Stipa ichu está conformada por el tallo y hoja, una contenida en la otra pues debido a la forma tubular uno podría confundirse, los diámetros en promedio para el ichu fino y grueso van desde 0.39 y 0.83 respectivamente.

Figura 7

Fotografías microscópica de la Stipa ichu



Fuente: (UTEC & MIT,2015)

Nota: SEM micrografía: a), b) del vástago de fibra Ichu, c) y d) Micrografía del Ichu licencia.

Según (Atahuachi, G, & Carcausto, Y, 2018). La Stipa Ichu es un material altamente poroso con un 98.534% y es altamente resistente a los hongos externos.

2.4.7 Caracterización de la materia prima *Stipa ichu*

2.4.7.1. Caracterización química de la *Stipa ichu*

Según Albarracín, Jaramillo, & Albuja, (2015). La composición de la *Stipa ichu* está dada por las concentraciones de humedad, celulosa, lignina, pentosanos, cenizas, sílice, resinas, ceras y grasas que se muestran en la tabla 9.

En la investigación para la obtención del bioetanol al 99,6% v/v de concentración utilizando a la *Stipa ichu*, se caracterizó los parámetros descritos en la tabla que se muestra a continuación este proceso se dio por medio de una hidrolisis acida (Albarracín, Jaramillo, & Albuja, 2015).

Tabla 11

Composición de la Stipa Ichu (paja)

Parámetro	Composición promedio (% peso)
Humedad	57.7
Celulosa	45.9
Lignina	18.2
Pentosanos	5.5
Cenizas	5.6
Resinas, ceras y grasas	6.7

Fuente: Albarracín, Jaramillo, & Albuja, 2015

2.4.7.2. Caracterización física

La *Stipa ichu* en su caracterización física tiene un diámetro interno de 0.5 a 0.8 mm, longitudes de 22 a 55 cm y una densidad de 0.43g/cm³ a 0.53 g/cm³ según (Iza Tutillo, 2017).

2.4.8 Obtención de fibras

Para la obtención de las fibras se usan técnicas acordes al requerimiento, su costo es bajo pues se usa la mano de obra de la propia localidad, estas fibras naturales son



llamadas no procesadas, pero pueden ser procesadas de manera mecánica o química para elevar sus propiedades y tener una aplicación en la industria (Juárez, C. 2002).

En el proceso mecánico las fibras pasan por la etapa de desfibrado donde se convierten en haces de fibras para luego pasar a la etapa de fibrilación donde se reducen las fibras a fragmentos celulares (Saldívar, 2005).

2.4.9 Beneficios que brinda el Ichu

El beneficio principal del ichu está presente en la construcción de las viviendas en la región del altiplano pues este produce un aumento del aislamiento térmico, también se usa en la elaboración del adobe haciendo una mezcla con el barro. (Chávez Menacho, 2016)

El estudio respecto a la utilización del ichu como aislante térmico reveló que es el más prometedor en comparación a las fibras de maíz y trigo, con una conductividad térmica de 0.026 W/K.m (UTECH & MIT, 2015).

2.4.10 Aplicaciones

la utilización de estos materiales tradicional mente fueron como fuente de celulosa, sin embargo, investigaciones pasadas y recientes demuestran que tiene una aplicación estructural y energética, la aplicación estructural se debe al desarrollo de nuevos materiales de construcción que disminuyen el costo tanto como el impacto ambiental durante su producción y uso. (Álvarez y García 2012; Simbaña y Mera, 2010).

La aplicación de las fibras vegetales tiene múltiples ventajas como su bajo costo, mayor resistencia a la tracción, propiedades térmicas, densidad baja, en comparación con el acero y fibra de vidrio, pero a su vez presenta desventajas como mayor capacidad de absorción de agua y en algunos casos una baja adherencia con los matrices cementicios, tales desventajas se mitigan con tratamientos mineralizante (Lucana, 2008).



2.5 MATERIALES COMPUESTOS

2.5.1 Definición

Es un material que presenta propiedades altamente superiores frente a los materiales separados que la constituyen, dentro de ellos el material con mayor incidencia es la matriz, ya que aglomera a los componentes minoritarios, lo que hacen es reforzar a esta matriz llegando a producirse un material compuesto con mayor resistencia que el de la matriz (Comino, Saint, & Vetrotex, 2014)

Conocido también como combinación o mezcla que se dispone de 2 o más constituyentes sean estos micro o macro formando un sistema de materiales (Rodríguez, 2014).

2.5.2 Clasificación

2.5.2.1 Materiales compuestos según tipo de matriz

Dentro de estos materiales compuestos se encuentran la matriz polimérica, metálica y mineral; la polimérica en su fase continua usa materiales como el polímero por la facilidad en el proceso de los elastómeros, termoplásticos y termoestables pues son livianos y económicos, la metálica en su fase continua usa magnesio, titanio y aluminio resultando así estos dúctiles, isotrópicos en comparación con los polímeros y los minerales usan como fase continua al cemento, nitruro de silicio (Si_3N_4), alúmina (Al_2O_3) y vidrios cerámicos el procesamiento es relativamente fácil (Trejos, 2014).

2.5.2.2 Materiales compuestos según tipo de refuerzo

Dentro de los materiales reforzados tenemos a los reforzados con partículas, compuestos estructurales y a los materiales reforzados con fibras, estos son los de mayor utilización pues adicionando las fibras a la matriz sean estas polimérico, metálico o mineral, mejora la resistencia, tenacidad y rigidez como las propiedades de los



constituyentes, presentan baja densidad, los materiales reforzados a base de fibras, son unidas por la matriz y soportadas por las fibras (Trejos, 2014).

2.6 BLOQUES DE CONCRETO

Según la (NTP 399.602) “el bloque es la unidad de albañilería elaborada con cemento, agua y agregados gruesos o finos de procedencia natural o artificial, estas son prefabricadas a la cual se le puede o no incorporar aditivos con dimensiones no mayores de 60 cm”.

2.6.1. Clasificación de los bloques

la norma E.070 “establece dos grupos de unidades de albañilería, los ladrillos y bloques de concreto, el ladrillo se subdivide en cinco tipos, mientras que los bloques de concreto en 2 tipos como los portantes y no portantes, los 2 grupos deben cumplir con los requisitos mínimos de resistencia para ser aceptados como unidades de albañilería”.

2.6.2. Normativa para la aceptación de los bloques

Según la norma E.070 indica los requisitos y las exigencias mínimas para la aceptación de algún espécimen tanto del bloque portante como el del no portante, algunos de estos requerimientos están relacionados con el tamaño, la resistencia a la compresión, la absorción, entre otros.

2.6.3. Dimensiones para unidades de albañilería

Según la NTP 399.602 especifica las dimensiones de las unidades a emplearse como albañilería armada o confinada que son las siguientes:

Tabla 12

Dimensiones convencionales de unidades de albañilería.

Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
39	14	
39	14	19
39	12	

Fuente: NTP 399.602

Así mismo, se pueden emplear otras dimensiones para las unidades de albañilería según especificado en la NTP 400.006.

Tabla 13

Dimensiones de bloques usualmente empleados como unidades de albañilería.

Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
29	19	29
39	19	19
39	29	19
29	24	29

Fuente: NTP 400.006

2.7 ENSAYOS FÍSICOS Y MECÁNICOS - UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

2.7.1 Variación dimensional

Este ensayo muestra la forma para determinar el espesor en una junta de albañilería, para ello se miden 10 unid. De cada mezcla en sus dimensiones largo, ancho y alto en ambas caras, todas las medidas se realizan y registran al milímetro, de cada dimensión se calcula el promedio, es por esta razón que se realizara la prueba de variación dimensional siguiendo lo indicado en la NTP-399.604 (Ministerio de Vivienda, n.d.)

2.7.2 Alabeo

Este ensayo muestra las formas como convexidad o concavidad de las unidades de albañilería, lo que resultara en el aumento del espesor de la junta si la unidad es cóncava y una reducción en la adherencia al mortero si la unidad es convexa (San Bartolomé, 1994).

2.7.3 Absorción

Este ensayo determina el porcentaje de absorción y absorción máxima de la unidad de albañilería, como la diferencia entre el peso mojado y el peso seco de la unidad (Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005)

Las pruebas serán realizadas en unidades enteras o especímenes cortados de unidades enteras. Los valores calculados de absorción y densidad de piezas reducidas serán considerados como representativas de la unidad entera. La razón de la reducción será incluida en el informe del ensayo (NTP 399.604).

$$Absorcion, \% = 100x\left(\frac{W_s - W_d}{W_d}\right)$$

Donde:

W_s : peso saturado del espécimen, (kg)

W_i : peso sumergido del espécimen, (kg)

W_d : peso seco al horno del espécimen, (kg)

2.7.4 Ensayo de compresión de unidades de albañilería

Este ensayo determina la máxima resistencia de la unidad de albañilería sometida a una carga axial es su superficie (f^b), esto consiste en aplicar la carga axial al espécimen hasta su momento de falla, para el cálculo de la resistencia se divide la carga máxima

sobre la superficie de aplicación dado en kg/cm², para luego calcular la resistencia característica f'_b este resultado se obtendrá de la diferencia del valor promedio de las resistencias con la desviación estándar de las muestras. (RNE-E.070, 2006).

$$f_b = \frac{W}{A}$$

Donde:

f_b : Resistencia a la compresión.

W : Carga axial registrada.

A : Área de contacto de la unidad de albañilería.

Tabla 14

Clasificación de las unidades de albañilería.

Clase	Variación de la dimensión (Máxima en porcentaje)			Alabeo (Máximo en mm)	Resistencia a compresión mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100mm	Hasta 150mm	Hasta 150mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17.6 (180)
Bloque P	±4	±3	±2	4	4.9 (50)
Bloque NP	±7	±6	±4	8	2.0 (20)

Fuente: SENCICO, Albañilería. Norma E.070. Lima: El peruano, 2006.



2.7.5 Ensayo de flexión de unidades de albañilería

Este ensayo muestra la resistencia a flexión (f'_t) de las unidades de albañilería, el cual consiste en la aplicación de una carga en la parte central de la unidad en dirección de su altura, hasta el punto de falla notándose así la deformación máxima dado en kg/cm², los apoyos serán barras de acero de longitud igual al ancho y de 12.7mm (+-10mm) de diámetro colocadas a 13mm (+-2mm), (NTP 399.613.).

La resistencia a la flexión (f'_t) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$f'_t = \frac{3PL}{2bH^2}$$

Donde:

f'_t : Resistencia a flexion.

L : Longitud entre apoyos (cm).

P : Carga máxima.

b : Ancho de la unidad de albañilería, (cm).

H : Altura de la unidad de albañilería, (cm).

2.8 MARCO CONCEPTUAL

2.8.1 Uso de fibras vegetales

El uso de fibras naturales como material de refuerzo ha sido conocido desde que el ser humano comenzó haciendo adobes y ladrillos reforzados con paja. Aunque algunas patentes del siglo pasado, se refieren al uso de fibras como componentes de materiales de construcción hechos con cemento, el interés en el uso de fibras vegetales como refuerzo en la conformación conjuntamente con el cemento ha tenido mayor desarrollo en los últimos 20 años (Reyes, 2009).



2.8.2 Uso de cemento y fibras vegetales

El material conformado por cemento y fibras vegetales se remontan al año de 1908 cuando se empieza a investigar tableros reforzados con fibras de madera epicea y pino; en el año de 1990 se inició su fabricación en más 28 países, por lo que en estas últimas décadas se ha investigado el desarrollo de fibrocemento (Jarabo, 2013).

2.8.3 Fibrocemento

Es un material compuesto por dos fases, una matriz de cemento y fibras que actúan como refuerzo, Las fibras pueden distribuirse en forma aleatoria dentro de la matriz y también se pueden incorporar más de un tipo de fibra como orgánicas, minerales y sintéticas dentro del compuesto. Las fibras tienen una longitud de 1 a 40 mm (Gonzáles, Astudillo, Bozo, & Silva, 2007)

2.8.3.1. Componentes del Fibrocemento

- a. **Aglomerante:** Cemento Portland tipo I.
- b. **Agua:** Sera potable y libre de sustancias que perjudiquen el fraguado.
- c. **Fibras y/o haces fibrosos:** Para la elaboración se usan fibras vegetales de ichu, madera que provengan de la agricultura o agroindustria y que estén libres de azúcares solubles y sin hongos
- d. **Mineralizante:** Se emplean sales como, cloruro de calcio (CaCl_2), cloruro de magnesio (MgCl_2), silicato de potasio (K_2SiO_3) y sulfato de aluminio ($\text{Al}_4(\text{SO}_2)_3$), que es el más usados (Jauregui, 2017).

2.8.4 Bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa ichu

Son bloques compuesto por fibras de Stipa ichu con una matriz mineral que es el cemento (aglomerante), con una mayor cantidad de agua de la que contiene un bloque de concreto; esto debido a la absorción de las fibras (Beraldo, 2012).



2.8.5 Compatibilidad química

Para el uso de las fibras vegetales es muy importante la compatibilidad con el cemento, puesto que algunos compuestos químicos en las fibras podrían hacer que sea inviable el uso de estas, ya que contienen azúcares en su composición química lo cual retarda la hidratación del cemento y el fraguado. (Paucar, 2008).

Para mejorar la compatibilidad existen varios tratamientos como la mineralización, eliminación de extractivos como azúcares, envejecimiento de las fibras, secado, recubrimiento, la mineralización es el que más se usa en el proceso de elaboración de tableros fibrocemento (Beraldo, 2012).

2.8.6 Experimentos con mezclas.

Los experimentos con mezclas de diferentes componentes se emplean en diferentes industrias tales como medicamentos, pinturas, resinas, cemento, etc. Donde la calidad de una mezcla depende de la cantidad de los componentes que intervienen. Experimentar con mezclas tiene como objetivo determinar que componentes de la mezcla tienen la mayor incidencia en una variable de interés. (Gutiérrez Pulido, H., 2012, p. 482).

El método experimental que se usará en esta investigación es el de vértices extremos por ser el que se ajusta mejor al tipo de ensayos y número de variables.

En general, cuando se tiene q componentes cada mezcla del experimento consiste en una combinación particular. Si se denota por x_1, x_2, \dots, x_q , las cantidades de los componentes en la mezcla, estos deberán cumplir las siguientes restricciones:

$$0 \leq x_i \leq 1, \text{ para componente } i$$



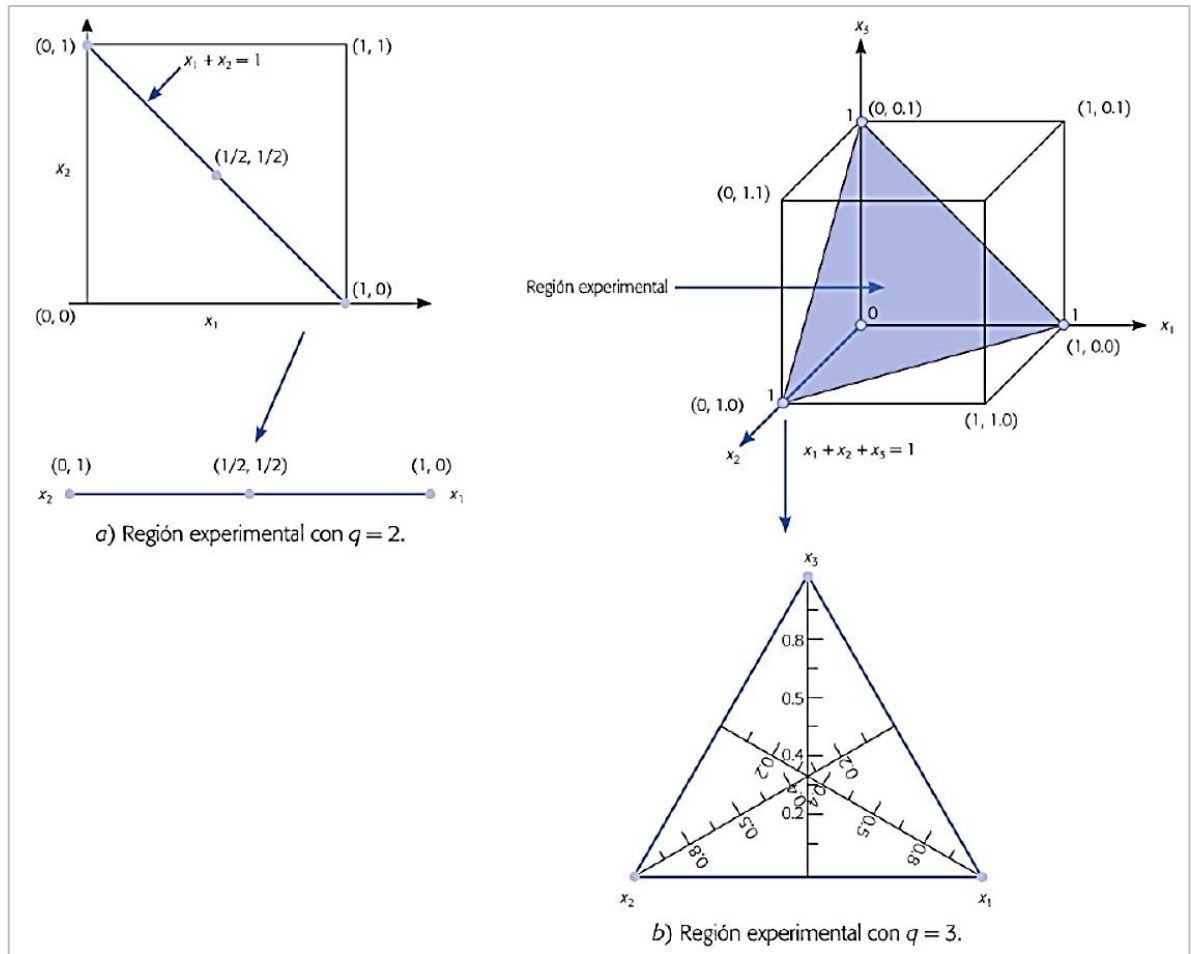
$$\sum_{i=1}^q x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_q = 1$$

Estas restricciones nos permiten que al variar la cantidad de un ingrediente necesariamente se varia la cantidad de los otros componentes en esa misma proporción. Para comprender el problema de los experimentos con mezclas se representan sus zonas experimentales mediante “*simplejos*” o figuras geométricas que permitan graficar q componentes usando $q - 1$ dimensiones. En la figura 8 se muestra la zona experimental para $q = 2$ y $q = 3$ componentes. Para dos componentes, zona experimental es una línea recta $x_1 + x_2 = 1$. Para $q = 3$ componentes, la zona experimental es el plano $x_1 + x_2 + x_3 = 1$, de donde forma un triángulo equilátero figura *b*). Las esquinas son mezclas puras, los lados son aquellas mezclas que actúan dos componentes. Los puntos que están dentro del triángulo representan a mezclas con tres componentes.

El objetivo de este método, es determinar la incidencia que tienen los componentes en la respuesta, ya sea de manera individual o de manera conjunta con otros componentes.

Figura 8

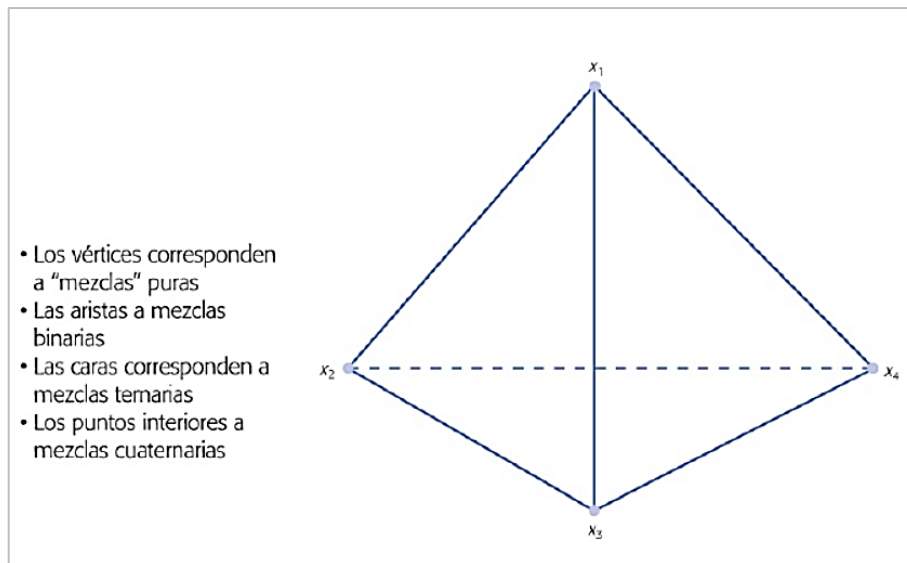
Representación de un diseño de experimentos con mezclas.



Fuente: (Gutiérrez Pulido, H., 2012)

Figura 9

Zona experimental para $q=4$ componentes de un diseño de mezclas.



Fuente: (Gutiérrez Pulido, H., 2012)

2.8.6.1 Restricción en los componentes de una mezcla

Ya sea por razones económicas o técnicas, los componentes de un experimento de mezcla pueden tener ocasionalmente restricciones:

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

Donde a_i y b_i representa límite inferior y superior del i –ésimo componente. Logrando así una zona experimental factible. La técnica más empleada en experimentos con mezclas con restricciones se conoce como *vértices extremos*.

2.8.6.2 Modelos estadísticos

Cuando se tiene los resultados de experimentos con mezclas es conveniente ajustar a un modelo estadístico para averiguar la incidencia de los componentes sobre los resultados.

2.8.6.3 Modelo lineal o primer orden

Si los resultados de las corridas en el diseño de mezcla se ajustan a un modelo de primer orden o lineal, este modelo tiene la siguiente forma:

$$E(y) = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i \quad (3)$$

En donde β_i es el resultado esperado cuando la mezcla es pura $x_i = 1$.

2.8.6.4 Modelo cuadrático

Si los resultados de las corridas en el diseño de mezcla se ajustan a un modelo de segundo orden o cuadrático, este modelo tiene la siguiente forma:

$$E(y) = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i<j} \sum_{j=2}^q \beta_{ij} x_i x_j$$

En donde β_i es el resultado esperado cuando la mezcla es pura $x_i = 1$ y β_{ij} representa el exceso del resultado del modelo cuadrático sobre el lineal.

2.8.6.5 Modelo cubico especial

En ocasiones, el modelo cuadrático no describe adecuadamente la respuesta entonces puede ajustarse a un modelo *modelo cubico especial*, en donde para 3 componentes viene dado por:

$$E(y) = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{123} x_1 x_2 x_3$$

Escribiendo de manera general para q componentes esta dado por:

$$E(y) = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i<j} \sum_{j=2}^q \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i<j} \sum_{j<k} \sum_{k=3}^q \beta_{ijk} x_i x_j x_k$$

2.8.6.6 Modelo cubico completo

El cubico completo estará dado por:

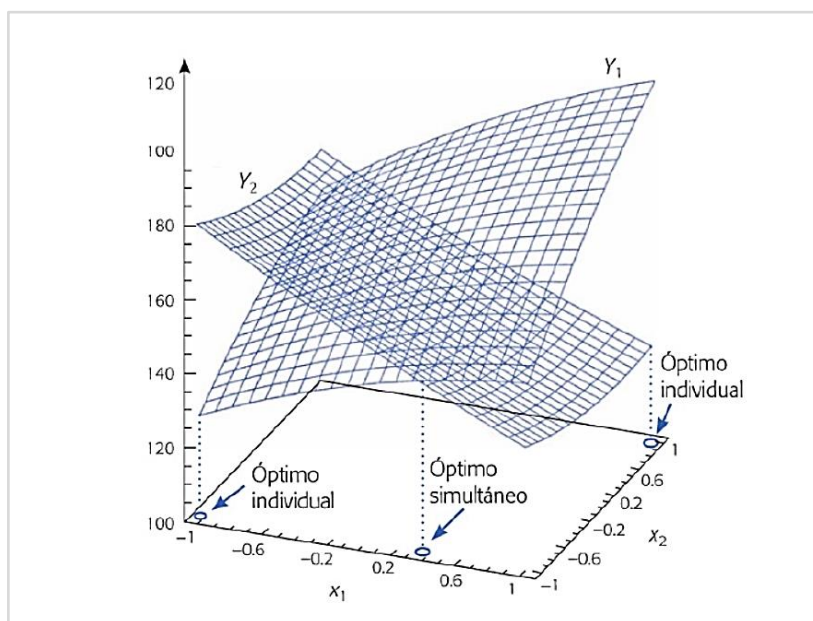
$$E(y) = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i<j}^q \sum_{j=2}^q \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i<j}^q \sum_{j=2}^q \delta_{ij} x_i x_j (x_i - x_j) + \sum_{i<j}^q \sum_{j<k}^q \sum_{k=3}^q \beta_{ijk} x_i x_j x_k$$

2.8.6.7 Optimización para varias variables de respuesta.

La optimización simultanea se usa cuando los óptimos individuales no son las mismas combinaciones de los factores de control, esto hace necesario buscar una solución, donde todas las variables tengan un nivel satisfactorio, a esa solución se denomina optimo simultaneo, en la figura 10 se muestran las superficies de dos respuestas en una misma zona experimental, si en ambas respuestas interesara el mínimo, es más obvio que los óptimos individuales se ubicarían en extremos opuestos de la región experimental, pero a veces eso es lo que no se desea, por lo que se busca un punto donde las variables sean al mismo tiempo lo mínimo.

Figura 10

El óptimo simultaneo (global) es una solución de compromiso.



Fuente: (Gutiérrez Pulido, H., 2012)

2.8.6.8 Tipos de optimización simultanea

Existen dos métodos muy conocidos, uno gráfico y el otro analítico, basado en una función de deseabilidad. Ambos métodos proveen soluciones consistentes tanto con los datos observados en el experimento como con la información que se les provee.

2.8.6.9 Método de la función de deseabilidad

El objetivo de este método es definir una función delimitada en un rango de valores donde se pueda determinar deseabilidad global (DG); de esta forma, transformar un problema de varias variables a un problema de una sola variable. Para establecer la DG se necesita que las variables Y estén a una escala común, para realizar esto se transforma cada resultado predicho $\hat{Y}_i(X)$ en una deseabilidad aislada $d_i(x)$ que está en el rango $[0, 1]$. De esa forma, $d_i(x)$ nos indica la deseabilidad del punto $x = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ en función a la variable Y_i . La transformación $d_i(x)$ se hace de acuerdo al valor objetivo y las especificaciones de cada Y .

De manera particular, si Y_i que es una variable que tiene restricciones tanto inferior y superior a EI_i y ES_i , y su valor objetivo es T_i , se establece la siguiente transformación d_i como:

$$d_i(x) = \begin{cases} \left[\frac{\hat{Y}_i(X) - EI_i}{T_i - EI_i} \right]^s & \text{si } EI_i \leq \hat{Y}_i(X) \leq T_i \\ \left[\frac{\hat{Y}_i(X) - ES_i}{T_i - ES_i} \right]^t & \text{si } T_i \leq \hat{Y}_i(X) \leq ES_i \\ 0 & \text{si } \hat{Y}_i(X) < EI_i \text{ o } \hat{Y}_i(X) > ES_i \end{cases}$$

Después de calcular las m deseabilidades individuales sobre el punto \mathbf{x} , la **DG** de \mathbf{x} es definida por la media geométrica ponderada.

$$DG(X) = (d_1^{w_1} d_2^{w_2} \dots d_m^{w_m})^{1/\sum w_i}$$



Donde w_i (pesos) es una constante que nos permiten equilibrar la incidencia de cada una de las variables; cuanto mayor sea el peso que se le asigne a una variable con respecto a las otras, mayor será el beneficio del punto óptimo a tal variable.

2.8.7 Durabilidad

Actualmente no existe una norma en nuestro país que permita evaluar la durabilidad de los bloques elaborados con agregados vegetales por lo cual se hace referencia a la normativa europea EN 15304-2010 - Determinación de la resistencia al hielo-deshielo.

2.8.7.1 Resistencia al hielo-deshielo

Este ensayo consiste en someter a las muestras o bloques a ciclos de congelación y descongelación entre -15 y 25 °C. Las condiciones cercanas a la saturación proporcionan las condiciones más severas para la acción de congelación: descongelación ya que el efecto de la expansión del hielo será más perjudicial. Por lo tanto, las muestras se remojan durante 48 h antes de la congelación, tiempo en el que absorbe el 90% de su agua total en la saturación. Para asegurar que el contenido de agua permaneciera cerca de la saturación, las muestras se sumergen durante 12 h después de los ciclos 4 y 8. Después del ciclado, las muestras se dejan a secar durante 2,5 meses y se calcula la pérdida de peso. Finalmente, se determina la resistencia a la compresión y se compara con las de referencia. Las muestras de referencia se remojaron durante 48 h y se almacenan en bolsas de polietileno durante la prueba para protegerlos contra el secado (EN 15304:2010); se utilizan para determinar si el deterioro se debe a la congelación: acción de deshielo o a la saturación de agua durante la prueba.

2.8.7.2 Resistencia a la exposición a la sal

Este ensayo consiste en someter a meteorización salina en una Cámara de niebla. Una solución de NaCl al 5 % (o 0,86 M) se dispersa uniformemente en forma de pequeñas



gotas a través de boquillas en la cámara durante 12 h. Y seguido por 12 h de secado. Los hormigones se someten a 4 semanas de ciclos (las dos primeras semanas a 20 °C y el tiempo restante a 40 °C). Luego se deja secar durante 2 meses y se determina la resistencia a la compresión. Después de la exposición a la sal se compara con la de las muestras de referencia. Se utiliza la comparación con la muestra de referencia para determinar si el deterioro se debe a la acción de la sal o a la saturación del agua durante pruebas.

2.8.8 Fuente de Financiamiento

La presente investigación podrá ser financiada por la FONDECYT en la categoría de “Proyectos de investigación aplicada”, pues aportan a reducir los efectos de las heladas y friaje, esto se indica en el “Plan Multisectorial ante Heladas y Friaje 2019 – 2021” donde se contemplan proyectos relacionados a viviendas rurales, de la misma manera mediante CARITAS y otras ONG.



CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL LUGAR DE ESTUDIO

A. Ubicación geográfica

La presente tesis se desarrolló en el Centro poblado de Chullunquiani que se ubica dentro del distrito de Santa Rosa – Mazocruz en la provincia de El Collao del departamento de Puno, a 23 km en dirección a la carretera Desaguadero-Moquegua, a una altitud de 4167.53 msnm, en coordenadas de latitud 16°40'57" S, longitud 69°32'4.7"W.

B. Ubicación política.

Centro Poblado : Chullunquiani.

Distrito : Santa Rosa- Mazocruz.

Provincia : Collao.

Región : Puno.

Figura 11

Ubicación geográfica del ámbito de estudio



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación



3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

El periodo de duración del proyecto de investigación se dio inicio con la parte experimental en el mes de junio 2021 a enero del 2022, por la emergencia sanitaria decretada por el gobierno por la presencia de la COVID-19 el cual limitó la realización de los experimentos, es por ello que las tomas de temperatura se realizaron entre los meses de setiembre a diciembre del 2021 tanto en la vivienda prototipo y vivienda típica rural.

3.3. UBICACIÓN DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN

La ejecución de los ensayos para la investigación, se desarrolló en el laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos – INGEOPLESCA CONSULTORA Y CONSTRUCTORA EIRL, ubicado en la Jr. Vela Vela N° 420 Urb. Villa Zúñiga, de la ciudad de Puno, previa autorización de la Dirección de investigación de la EPIC, (Ver Anexo 15)

3.4. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se delimita a la caracterización física como mecánica de los bloques de cemento adicionados con fibras de Stipa ichu, mediante ensayos de laboratorio esto para poder determinar la variación dimensional, alabeo, absorción, compresión y flexión realizados a los bloques producidos y finalmente construir el prototipo de vivienda para poder evaluar y comparar las variaciones de temperatura en la vivienda prototipo y la vivienda rural típica.



3.5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Según (Schwarz, 2017) indica, La metodología de investigación a utilizarse está basada en el desarrollo del método científico de manera tal que se seguirá las pautas metodológicas correspondientes al método científico para la elaboración del trabajo de investigación

Según (Hernández & Mendoza, 2018) indica: La metodología nos permitirá llevar a cabo investigaciones cuantitativas, cualitativas y mixtas que conforman posibles opciones para enfrentar problemas de investigación. Los métodos cualitativos hacen referencia a la naturaleza, carácter y propiedades de los fenómenos, mientras que los métodos cuantitativos limitan la información (medir con precisión las variables estudiadas, con un enfoque) y la tercera vía para realizar investigación entrelaza a las dos anteriores (cuantitativa y cualitativa).

3.5.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es *cuantitativo* puesto que representa un conjunto de procesos organizado de manera secuencial para la validación de la hipótesis, teniendo en cuenta parámetros numéricos y el análisis estadístico, siguiendo un orden donde no se puede saltar ningún paso, aunque desde luego, podemos redefinir.” (Hernández & Mendoza, 2018)

En la investigación se analiza los resultados de las propiedades físicas – mecánicas de los bloques adicionado con fibras *Stipa ichu* y se realiza el análisis estadístico para validar los resultados.



3.5.2. Nivel de investigación

Según (Schwarz, 2017): “Si el problema es conocido entonces existe una escala en los niveles de una investigación y la escala incrementa el conocimiento en una escala cognitiva”

En la presente investigación, el nivel es *relacional* ya que se establece relaciones causa – efecto, al incorporar en diferentes porcentajes fibras de Stipa ichu, cemento, cal y sulfato de aluminio en la experimentación con mezclas, para evaluar el efecto que se tiene en las características físicas, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

3.5.3. Diseño de investigación

La presente investigación es de tipo *experimental*, pues “está basada en la manipulación intencional de la variable independiente sobre las variable dependiente, está basada en un experimento”, (Schwarz, 2017)

La manipulación del ichu (Stipa ichu), cemento, cal y sulfato de aluminio en sus diferentes porcentajes determinara una relación causa-efecto en las propiedades físico mecánicas de los bloques.

3.5.4. Operacionalización de Variables

Tabla 15

Operacionalización de variables

Diseño, evaluación y propuesta técnica de una vivienda rural térmica construida con bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa ichu (Fibroemento) en el distrito de Santa Rosa Mazocruz – Puno 2019					
VARIABLES	DEFINICIÓN		DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL			
VI Porcentaje de Stipa ichu en la elaboración del bloque	La Stipa ichu es material muy común en nuestra región las propiedades que tiene son como aislantes térmicos ya que preserva el calor tanto en invierno como en verano	La Stipa se incorporará para la fabricación del bloque en porcentajes que varían de 70%, 85%	Porcentaje	Proporción de las fibras en porcentajes que varían de 70%, 85%	Razón
VD Aceptación de bloques de cemento elaborados con fibras de Stipa ichu	La calidad de un bloque se define por sus propiedades físicas y mecánicas, mediante el sometimiento de ensayos	Los bloques se someterán a ensayos físicos y mecánicos para su aceptación	Resistencia a la compresión Resistencia a Flexión Variación dimensional Alabeo absorción	kg/cm ² kg/cm ² % de variación % de variación % de absorción	Razón
VI Prototipo vivienda rural	La vivienda prototipo es un módulo habitacional diseñado para la evaluación y demostración del confort térmico el cual se encuentra aislada de la estructura urbana	Toma de temperaturas mediante un sensor automático en la vivienda con toma de temperatura a cada 1 hora durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre	Tiempo	Hora	Razón
VD Confort térmico de la vivienda prototipo	El confort térmico es la condición de la mente del ser humano que expresa la satisfacción con el ambiente térmico	Se procesan las temperaturas para definir el confort térmico en la vivienda	Variación de temperaturas	°C	Razón

Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

3.5.5. Población y muestra

Por ser de un diseño experimental el tipo de muestra será no probabilista a conveniencia o juicio de expertos, se ha considerado una población finita siguiendo el diseño de experimento de mezcla (Ver tabla 16), teniendo en cuenta lo indicado en las normativas vigentes (“Norma técnica E.070 Albañilería” “NTP-399.604”)

Tabla 16

Cantidad de unidades de bloques de Stipa Ichu requeridas para la investigación.

	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12
Ensayo de variación dimensional alabeo, absorción y compresión a 28 días	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Ensayo a flexión de bloques de Stipa Ichu	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
SUBTOTAL	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
TOTAL	156											

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Tabla 17

Porcentaje de las diferentes proporciones para cada tipo de mezcla

Mezcla 1	Stipa Ichu 85% + Cemento 5% + Cal 9% + Sulfato de Aluminio 1%
Mezcla 2	Stipa Ichu 70% + Cemento 17% + Cal 10% + Sulfato de Aluminio 1%
Mezcla 3	Stipa Ichu 70% + Cemento 20% + Cal 7% + Sulfato de Aluminio 3%
Mezcla 4	Stipa Ichu 84% + Cemento 5% + Cal 10% + Sulfato de Aluminio 1%
Mezcla 5	Stipa Ichu 70% + Cemento 20% + Cal 9% + Sulfato de Aluminio 1%
Mezcla 6	Stipa Ichu 74% + Cemento 20% + Cal 3% + Sulfato de Aluminio 3%



Mezcla 7	Stipa Ichu 85% + Cemento 11% + Cal 3% + Sulfato de Aluminio 1%
Mezcla 8	Stipa Ichu 85% + Cemento 9% + Cal 3% + Sulfato de Aluminio 3%
Mezcla 9	Stipa Ichu 85% + Cemento 5% + Cal 7% + Sulfato de Aluminio 3%
Mezcla 10	Stipa Ichu 76% + Cemento 20% + Cal 3% + Sulfato de Aluminio 1%
Mezcla 11	Stipa Ichu 82% + Cemento 5% + Cal 10% + Sulfato de Aluminio 3%
Mezcla 12	Stipa Ichu 70% + Cemento 19% + Cal 10% + Sulfato de Aluminio 1%

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Las combinaciones de la tabla 17 tienen el fin de obtener la mezcla o combinación optima a través del método y modelos estadístico establecidos.

Luego de encontrar la mezcla o combinación optima que alcance valores satisfactorios en sus propiedades físicas y mecánicas, se procederá a fabricar bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu en cantidad suficiente para construir un prototipo de una vivienda rural posteriormente sobre el prototipo hacer control de la temperatura en el interior del prototipo.

La cantidad de bloques a fabricar es de 350 unidades, de los cuales se tomarán muestras representativas para realizar los ensayos indicados en la NTP 331.017 y NTP 331.019 para la aceptación según la norma E.070.

Tabla 18

Cantidad de muestras de la mezcla optima.

Ensayos	Mezcla Optima
Ensayo de variación dimensional, alabeo, absorción y compresión a 28 días	10
ensayo a flexión de bloques de Stipa Ichu	3
TOTAL	13

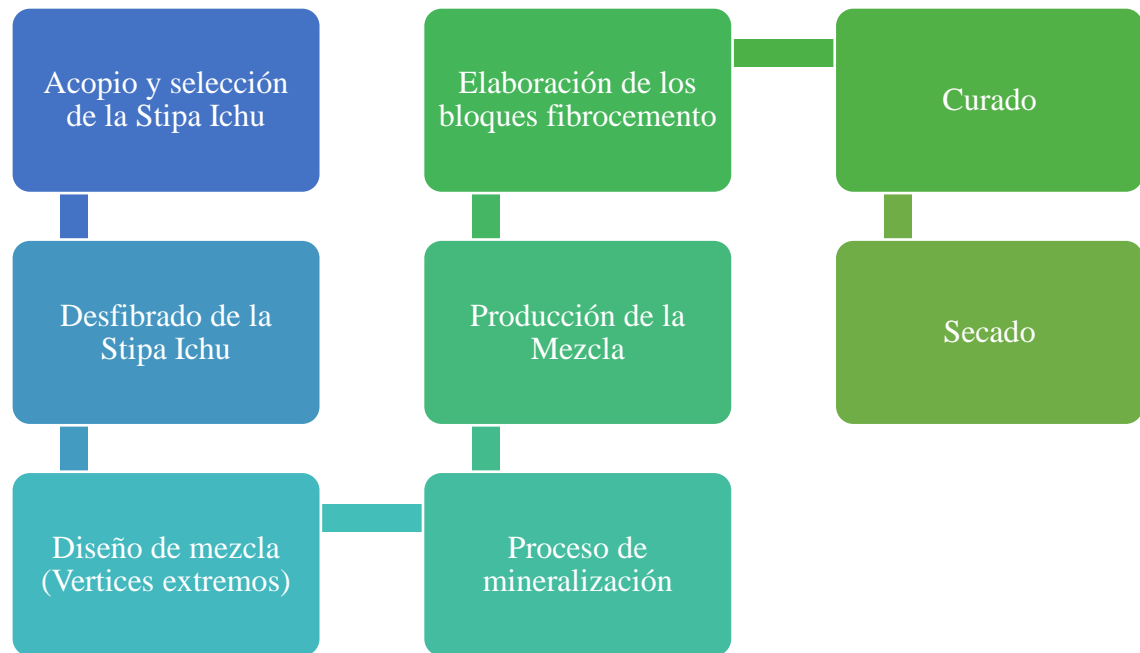
Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6. MATERIALES Y METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.6.1. Proceso de fabricación de los bloques

Figura 12

Diagrama del proceso de fabricación de los bloques



Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

3.6.1.1 Diseño de Experimento con mezclas

Para elaborar los bloques de cemento adicionados con fibras de Stipa Ichu primero se realiza 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 sub serie 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.

Tabla 19*Elección de las restricciones en los componentes de la mezcla.*

Tipo de componente	Restricciones (inferior/superior)	Motivo
Componente 1		
Ichu (Stipa Ichu)	Superior: 85% en volumen	Los agregados debido a su porcentaje mayoritario en la mezcla de concreto (60% al 70% del volumen) es necesario considerar sus características físicas al momento de su elección Volpi, V. (2017) .
Ichu (Stipa Ichu)	Inferior: 70% en volumen	Debido a que el volumen de los agregados es reemplazado parcialmente por el volumen de las fibras de Stipa Ichu.
Componente 2		
Cemento	Inferior: 5% en volumen	El cemento es un conglomerante hidráulico con propiedades adhesivas y cohesivas que se genera a partir de la pulverización de Clinker fino con un grado de finura bien determinado, se le adicionan sulfato de calcio natural y agua para convertirse en aglutinante que endurecido mantiene la unidad con los agregados; constituye del 10 al 20 % del volumen total del concreto y es el de mayor costo unitario Volpi, V. (2017) .
Cemento	superior: 20% en volumen	
Componente 3		
Cal	Inferior: 3% en volumen	Agopyan (1991) habla también de la posibilidad del uso de cal hidratada cuya ventaja es el aumento de las resistencias a edades tempranas, pero que tiene el inconveniente del elevado contenido de cal libre en la mezcla hidratada; recomienda, sin embargo, utilizarla conjuntamente con el yeso (como se citó en Zevallos, M., 2011).
Cal	Superior: 10% en volumen	La cantidad de cal utilizada para cada muestra de prueba fue en proporción al peso del aserrín, considerado para este caso en un 10% Hermosilla, G. (2006) .
Componente 4		
Sulfato de Aluminio	Inferior: 1% en volumen	Mineralizante: la mineralización se realizará con la sal de sulfato de aluminio ($Al_4(SO_2)_3$), es después de la obtención de las fibras de la Stipa ichu, con el fin de logra una mejor adherencia con el cemento el porcentaje de restricción será de 3%-5%. (Cerrón, 2009, como se citó en Gamarra, 2016).
Sulfato de Aluminio	Superior: 3% en volumen	

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación



Para generar la corrida, denominado así a las proporciones o porcentajes en que intervienen cada componente (Stipa Ichu, Cemento, Cal y Sulfato de aluminio) se usó el programa estadístico STATGRAPHICS, mediante un algoritmo computacional genera las corridas por el método de vértices extremos ya que automatiza todos los vértices cuando se toma este diseño, generando 12 corridas aleatorias.

Tabla 20

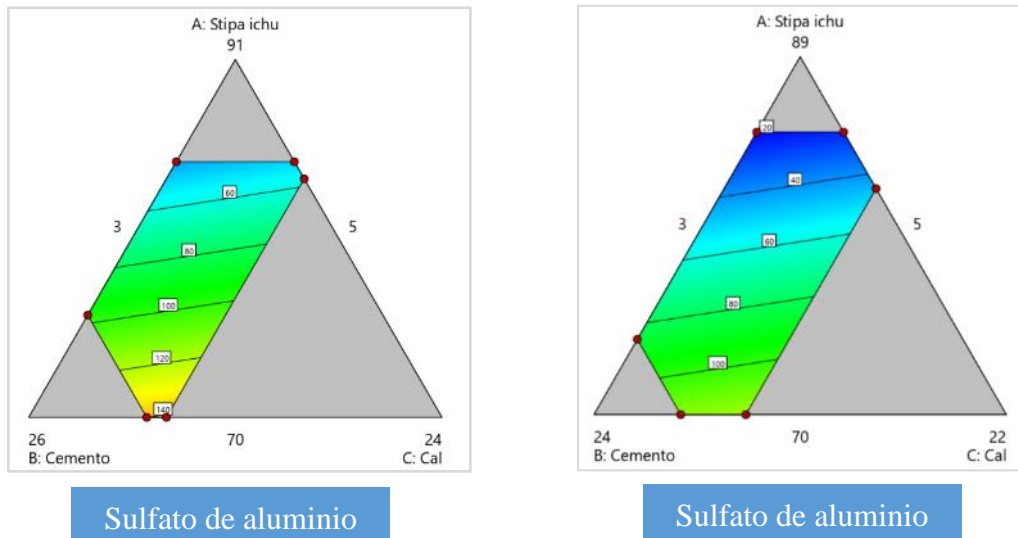
Data Corrida del experimento de mezclas en porcentaje

Mezclas	% Stipa Ichu	% Cemento	% Cal	% Sulfato de Aluminio	Numero de muestras
M-1	85	5	9	1	13
M-2	70	17	10	3	13
M-3	70	20	7	3	13
M-4	84	5	10	1	13
M-5	70	20	9	1	13
M-6	74	20	3	3	13
M-7	85	11	3	1	13
M-8	85	9	3	3	13
M-9	85	5	7	3	13
M-10	76	20	3	1	13
M-11	82	5	10	3	13
M-12	70	19	10	1	13

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Figura 13

Región experimental con 4 restricciones en sus componentes.



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.1.2 Materiales y equipos

- Stipa Ichu (Ichu)
- Cemento Portland (Wari Tipo I)
- Cal de obra (Hades)
- Agua potable
- Bandejas metálicas
- Mezcladora eléctrica de 1/2 bolsa (Marca Dynamic)
- Molde para el bloque (CETA RAM)
- Balanzas electrónicas digital (30000 g)

3.6.1.3 Cosecha y recojo de la Stipa Ichu

La cosecha y recojo de la Stipa Ichu fue realizada en la zona de Chullunquiani, se usó herramientas como segaderas y sacos de polipropileno su transporte para luego ser llevado hacia una trilladora donde es cortado en secciones menores a 5 cm de longitud, para después realizar la preparación.

Figura 14

Cosecha y recojo de la Stipa Ichu



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.1.4 Desfibrado de la Stipa Ichu

- Las fibras recolectadas de Stipa Ichu se secaron al aire libre para su almacenamiento.
- Se empleó un desfibrador o maquina picadora de forraje.
- Después se seleccionaron haces fibrosos menores a 5 cm.
- Las fibras seleccionadas fueron mineralizadas con sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, con la finalidad de neutralizar el azúcar residual que contienen las fibras de Stipa ichu durante 24 horas y lograr una mejor adherencia con el cemento en la producción de los bloques.

Figura 15

Procedimiento del desfibrado de la Stipa Ichu



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.1.5 Proceso de mineralización de la Stipa Ichu

Se empleó sulfato de aluminio en estado sólido ($Al_4(SO_2)_3$) en porcentajes de 1 a 3% según diseño mezclas, para tener una rápida disolución se agregó sulfato de aluminio al agua esto durante un periodo de 24 horas, para luego dejar escurrir el agua y arear durante 1 hora.

Figura 16

Mineralización de la Stipa Ichu



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.1.6 Producción de la Mezcla

Para la producción de la mezcla para los bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa ichu se utilizaron los siguientes materiales, herramientas y equipos.

Materiales y Equipos

- Stipa Ichu
- Cemento portland (Wari Tipo I)
- Cal de obra (Hades)
- Agua potable
- Mezcladora eléctrica de 1/2 bolsa (Dynamic)
- Balanza electrónica

Figura 17

Materiales para la mezcla del bloque adicionado con fibras de Stipa ichu



Fuente: Elaborado por los testistas de la investigación

3.6.1.7 Elaboración de bloques fibrocemento

La producción del bloque de cemento adicionado con fibras de Stipa ichu se sigue los siguientes pasos, primero se introduce 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 maquina CETA RAM, cuya sección típica es de 40x15x19 cm largo, ancho y altura respectivamente, la máquina de moldeo cuenta con un brazo giratorio de 180° cuya función es la de comprimir y empujar el bloques moldeado para ser retirado.

Figura 18

Elaboración y desmoldado del bloque



(a) Incorporación de Stipa Ichu
09/06/2021



(b) Incorporación de Cal de obra
09/06/2021



(c) Incorporación de Cemento
portland 09/06/2021



(d) Incorporación de Agua potable
09/06/2021



(e) Mezcla para el bloque
09/06/2021



(f) Moldeo del bloque
09/06/2021

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.1.8 Curado y secado del bloque

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

Figura 19

Curado y secado de los bloques



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.2. Ensayos físicos -bloques de *Stipa ichu*

3.6.2.1 Variación dimensional

Este ensayo se realiza de acuerdo a lo establecido en la norma técnica peruana “Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto”(NTP-399.604).

Muestras:

- 10 unidades enteras y secas, serán representativas de cada diseño de mezcla de la investigación.

Equipos

- Vernier o pie de rey de 30cm precisión de un milímetro.

Procedimiento:

Se toma las medias de la superficie del ancho en ambos extremos registrándose 4 medias y se tomara el promedio de dichas medias para el registro y de la misma manera para la altura.

Figura 20

Procedimiento Ensayo Variación dimensional



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.2.2 Alabeo

Este ensayo se realiza de acuerdo a lo indicado en la norma técnica peruana “Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería”(NTP-399.613).

Muestras:

- 10 unidades enteras y secas por cada mezcla.

Equipo:

- Regla de acero con borde recto.
- Cuña graduada y numerada en divisiones de 1mm.



Procedimiento:

Se medirán las superficies cóncavas y convexas según la forma geométrica de los bloques se colocará en la diagonal de la superficie a medir, y con la cuña se medir la abertura o distancia al 1 mm más próximo, para el registro se tomará el promedio de 4 mediciones como la deformación cóncava y convexa de la muestra (NTP-399.613).

3.6.2.3 Absorción

Este ensayo se realiza de acuerdo a lo mencionado en la norma técnica peruana “Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería” y “Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto” (NTP 399.613) y (NTP-399.604) respectivamente.

Muestras:

- 4 unidades enteras por cada mezcla.

Procedimiento:

Se ensayaron un total de 48 unidades; 4 bloques representativas de cada mezcla.

- Secar a una temperatura de 110 °C en un horno, después de 24 horas, registrar el peso con una aproximación de 0.5 g.
- Pasadas 8 horas se sumergió en agua potable con periodos de 5 horas y 24 horas después de sumergirlo respectivamente.
- Se registraron los pesos 5 minutos después para cada periodo de tiempo (5 horas y 24 horas), con un paño se limpió el agua superficial.

Figura 21

Procedimiento del Ensayo de absorción



Fuente: Elaborado por los tesistas de la investigación

3.6.3. Ensayos mecánicos- bloques de Stipa ichu

3.6.3.1 Resistencia a la compresión

Este ensayo se realiza de acuerdo a los lineamientos establecidos en la norma técnica peruana “Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto”(NTP-399.604).

Muestras:

- 6 unidades secas y enteras de cada mezcla

Equipo:

- Prensa hidráulica
- Platos o placas de acero

Procedimiento:

Se colocó el bloque entre dos planchas de acero en la prensa hidráulica para someterla a una carga axial hasta el punto de falla, y finalmente registrar la carga, para cada mezcla se ensayaron un total de 6 unidades en el laboratorio “INGEOPLESCA Consultora y Constructora”.

Figura 22

Procedimiento de Ensayo a compresión de bloques



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.3.2 Ensayo a flexión de bloques

Este ensayo se realizó siguiendo los lineamientos establecidos por la norma técnica peruana “Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto” (NTP-399.604).

Muestras:

- 3 unidades por cada mezcla, total 36 unidades y finalmente 3 unidades de la mezcla optima.

Equipo:

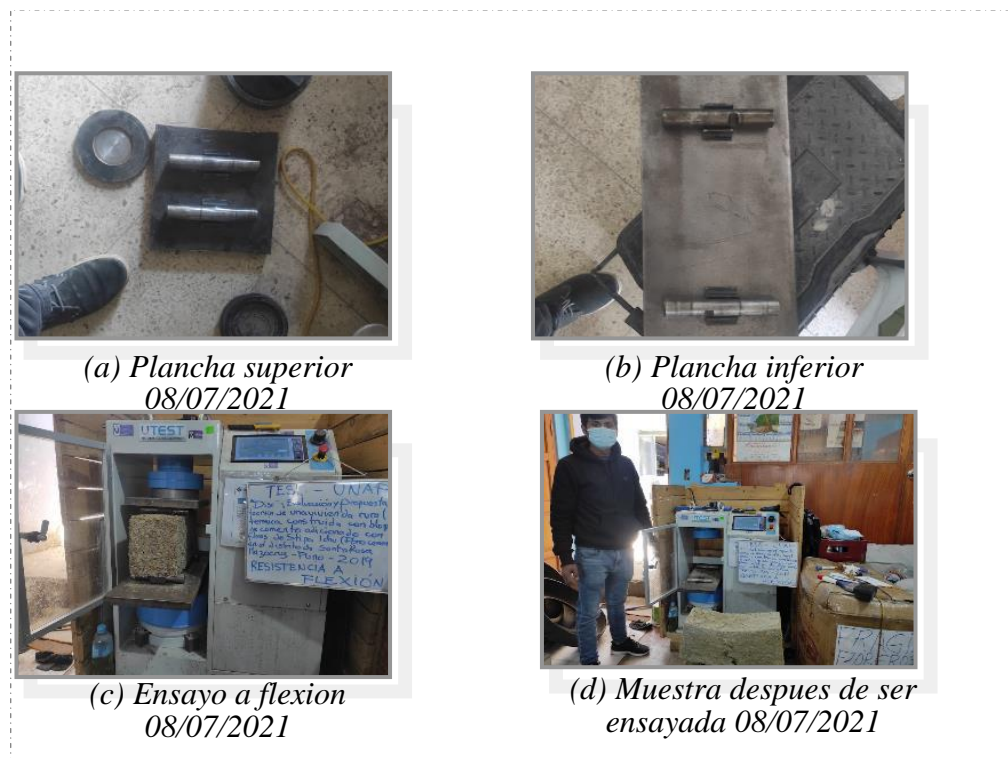
- Prensa hidráulica
- 2 placas metálica una con dos apoyos de barra, ubicados en los tercios extremos de la base de la viga y la otra colocada en la superficie superior de la viga en la parte central.

Procedimiento:

Se coloca el bloque entre las dos placas de acero y sus apoyos de barras de 30mm 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.

Figura 23

Procedimiento Ensayo a flexión de bloques



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.4. Construcción de la vivienda prototipo

La construcción se realizó en la Centro poblado de Chullunquiani que pertenece al distrito de Santa Rosa, la cual se encuentra a 4167.53 m.s.n.m. y a 23 km de Mazocruz, provincia de El Collao.

3.6.4.1 Vías de acceso al proyecto de investigación

Tabla 21

Vías de acceso

De	Hasta	Tipo de Vía	Distancia
Puno	Ilave	Asfaltada Vía Nacional	54.6 Km
Ilave	Santa Rosa (Mazocruz)	Asfaltada	86.3 Km
Santa Rosa (Mazocruz)	Chullunquiani	Asfaltada	23.2 Km

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.4.2 Tamaño de la vivienda prototipo

El área de la vivienda prototipo se define realizando las medidas a las viviendas ubicadas en el C.P. de Chullunquiani por lo que se consideró un área promedio de las viviendas típicas del lugar, esta medición se hizo a una habitación “dormitorio” que es usada por el poblador.

Tabla 22

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: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.4.3 Trazo y replanteo

Figura 24

Procedimiento constructivo - vivienda prototipo



Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

3.6.4.4 Vaciado de piso de la vivienda prototipo

El piso es rellenado con material propio el cual es nivelado y compactado hasta un espesor de 10 cm, para luego ser vaciado el concreto para falso piso de 2.5cm sobre la base de material propio compactado y nivelado.

Figura 25

Vaciado de la vivienda prototipo



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.4.5 Acabados

El acabado interior es con yeso con un espesor de 2cm, cuya dosificación en volumen para yeso y agua es por 4 volúmenes de agua se añade 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 pasará hacer una pasta que debe emplearse inmediatamente después del amasado y limpiar convenientemente los utensilios de trabajo. Se debe conseguir cubrir la mayor parte de la superficie, con la finalidad de mejorar el acabado.

Figura 26

Acabado en el interior de los muros



*(a) Inicio de Enlucido con yeso
09/09/2021*



(b) Enlucido con yeso 09/09/2021



*(c) Enlucido con yeso
09/09/2021*



*(d) Nivelacion del Enlucido con
yeso 09/09/2021*



*(e) Enlucido termiando con yeso
10/09/2021*



*(f) Enlucido termiando con yeso
10/09/2021*

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.4.6 Colocado de la ventana, puerta y piso

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

Figura 27

Colocado de vidrios y piso en la vivienda



(a) Colocado de piso 15/09/2021



(b) Colocado de vidrio 15/09/2021

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.4.7 Colocado cielo raso

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

Figura 28

Colocado cielo raso con material de Stipa Ichu



(a) Armado de cielo raso
15/09/2021



(b) Vista de cielo raso 15/09/2021

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.4.8 Colocación de Sensores de Temperatura al Interior

Figura 29

Lectura de temperatura mediante sensores colocados en la vivienda prototipo y típica



(a) Colocado de sensor
15/09/2021



(b) Colocado de sensor
15/09/2021



(c) Colocado de sensor
vivienda tradicional
16/09/2021



(d) Colocado de sensor 16/09/2021

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.6.4.9 Vivienda Tradicional y Prototipo

Figura 30

Comparativo de la vivienda rural típica y Prototipo



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

3.7. DISEÑO ESTADÍSTICO

El diseño estadístico es un factor que permite la evaluación de impacto de los experimentos. Este nos permite establecer un esquema de muestreo, diseño de la muestra, la selección y la forma de ampliar los resultados obtenidos a un universo mayor.

Para la presente investigación el diseño estadístico se basa en experimentos con mezclas empleando el método estadístico de vértices extremos, en donde se establecen restricciones ya sea por razones económicas o técnicas para los componentes de las mezclas.

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

Donde a_i es el límite inferior para la componente x_i de la mezcla el cual representa la mínima proporción del i – esimo componente, y b_i es el límite superior el cual representa la proporción máxima del i – esimo componente. Para lograr así una zona



experimental factible. Las restricciones se fijan tomando referencia investigaciones previas, en donde se realizan procesos de optimización. En la presente investigación se elaboraron 12 mezclas cada una con diferentes composiciones (Stipa Ichu, Cemento, Cal y Sulfato de aluminio). Además, se elaboraron 13 bloques por mezcla resultando en total 156 bloques que fueron sometidos a ensayos para determinar sus características físicas y mecánicas, finalmente se evalúa los efectos de cada componente sobre sus propiedades bajo los criterios de superficie de respuesta y funciones de deseabilidad. Para la proyección de las superficies de respuesta y estimación de la función de deseabilidad se usó el software Design Expert conforme a los criterios revisados en la literatura.

Para el proceso del análisis estadístico se realizó por medio de la técnica ANOVA-análisis de varianza, esto con el fin de evaluar el efecto del diseño experimental de las 12 mezclas en comparación con los resultados obtenidos, y se plantea mediante las hipótesis de la investigación.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Donde:

μ_i = *Media de los tratamientos aplicados*

H_0 = *Hipótesis nula*, No hay diferencias entre las medias de las diferentes mezclas.

H_1 = *Hipótesis alterna*, Al menos un par de medias son significativamente distintas la una de la otra.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADO DE ENSAYOS A LOS BLOQUES DE STIPA ICHU

Los resultados para los ensayos realizados en laboratorio a los bloques de Stipa Ichu para cada mezcla se realizó a la edad de 28 días, siguiendo los lineamientos establecidos por la norma técnica peruana NTP 399.613 “Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería” y NTP 399.604 “Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto”.

Tabla 23

Ensayos realizados en los bloques de Stipa Ichu por cada mezcla.

	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5	Mezcla 6	Mezcla 7	Mezcla 8	Mezcla 9	Mezcla 10	Mezcla 11	Mezcla 12
Ensayo de variación dimensional, alabeo, absorción y compresión a 28 días	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Ensayo a flexión de bloques de Stipa Ichu	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
SUB TOTAL	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
TOTAL	156											

Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

4.2. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

4.2.1. Ensayo de variación dimensional

Los bloques de Stipa Ichu se ensayaron según el procedimiento detallado anteriormente, se presentan los siguientes resultados de las 12 mezclas y los datos completos se detallan en el anexo 1.

Tabla 24

Variación dimensional realizado a los bloques de las 12 mezclas

VARIACIÓN DIMENSIONAL (NTP 399.613-399.604)													
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
LARGO	Largo promedio (mm)	400.96	400.99	400.66	400.67	400.57	400.70	401.36	401.18	401.05	401.23	401.23	401.18
	Largo diseñado (mm)	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
	Desviación estándar	0.77	0.66	0.57	0.54	0.51	1.10	0.88	1.01	0.78	1.00	1.00	0.76
	Coefficiente de variación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Variación dimensional	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	Largo promedio (mm)	153.53	152.18	151.74	152.79	151.56	152.74	152.74	151.60	152.35	152.70	152.70	152.43
	Largo diseñado (mm)	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	Desviación estándar	0.90	0.40	0.74	0.47	0.53	0.90	0.61	1.20	1.16	0.59	0.59	1.27
	Coefficiente de variación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Variación dimensional	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	Largo promedio (mm)	191.49	191.49	192.25	191.35	191.65	192.25	192.16	192.00	191.78	191.60	191.60	191.83
	Largo diseñado (mm)	195.00	195.00	195.00	195.00	195.00	195.00	195.00	195.00	195.00	195.00	195.00	195.00
	Desviación estándar	1.32	0.97	0.96	1.09	1.11	1.73	1.70	1.18	1.14	0.70	0.70	0.88
	Coefficiente de variación	1.80%	1.80%	1.41%	1.87%	1.72%	1.41%	1.46%	1.54%	1.65%	1.74%	1.74%	1.63%
	Variación dimensional	0.69%	0.51%	0.50%	0.57%	0.58%	0.90%	0.89%	0.61%	0.59%	0.36%	0.36%	0.46%

Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

Nota: La tabla 24 muestra los resultados de la variación dimensional para cada mezcla al respecto se aprecia valores máximos de un 0.28% (1.1) en largo, 0.79% (1.2) en ancho y 0.90% (1.73) en alto, los cuales están debajo de los valores máximos permitidos para bloques portantes ± 2 , ± 3 , ± 4 y ± 4 , ± 6 , ± 8 para no portantes, según la tabla 14 “Clasificación de las unidades de albañilería”, (RNE E.070 albañilería).

4.2.2. Ensayo de Alabeo

Los bloques de Stipa Ichu se ensayaron según el procedimiento detallado anteriormente, se presentan los siguientes resultados de las 12 mezclas, los datos completos se detallan en el anexo 1.

Tabla 25

Alabeo realizado a los bloques de las 12 mezclas.

		Alabeo (NTP 339.613)											
	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
CAR A 1	Promedio (mm)	2.06	1.05	1.05	1.24	1.30	1.35	1.45	1.96	1.56	1.50	1.53	1.14
	Desviación estándar	0.56	0.49	0.44	0.48	0.59	0.63	0.69	0.60	0.72	0.75	0.76	0.59
	Coefficiente de variación (%)	27.40	46.33	41.70	39.02	45.15	46.36	47.25	30.66	46.37	49.69	49.76	51.74
	Promedio (mm)	1.27	2.19	1.35	1.25	1.06	1.00	1.67	1.00	1.05	1.08	1.08	1.10
CAR A 2	Desviación estándar	0.25	0.85	0.53	0.79	0.47	0.48	0.78	0.52	0.58	0.58	0.16	0.21
	Coefficiente de variación (%)	20.01	38.59	39.24	63.25	44.64	48.30	46.90	51.64	55.21	53.52	14.60	19.17

Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

Nota: La tabla 25 muestra los resultados de alabeo para las diferentes mezclas: en la cara 1 se aprecia un máximo de 2.06mm y en la cara 2 se aprecia un máximo de 2.19mm, cuando los máximos permitidos para bloques Portantes y No portantes es 8mm y 4mm respectivamente, según la tabla 14 “Clasificación de las unidades de albañilería”, (RNE E.070 albañilería.)

4.2.3. Ensayo de absorción

Los bloques de Stipa Ichu se ensayaron según el procedimiento detallado anteriormente, se presentan los siguientes resultados de las 12 mezclas y los datos completos se detallan en el anexo 1.

Tabla 26

Absorción realizado a los bloques de las 12 mezclas

		Absorción (NTP 339.613-399.604)														
		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		
ABSORCIÓN (%)	5 horas	Absorción promedio	%	36.26	14.63	18.58	26.63	18.20	32.41	30.94	28.00	27.52	28.35	26.47	14.89	
		Desviación estándar	s	0.0089	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
		Coefficiente de variación	CV(%)	2.46	3.07	1.88	1.05	0.72	0.97	2.22	1.22	2.58	2.24	2.29	1.27	5.81
	24 horas	Absorción promedio	%	45.75	21.06	27.95	38.39	26.66	41.69	42.68	41.65	40.30	36.92	40.20	22.79	
		Desviación estándar	s	0.01	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
		Coefficiente de variación	CV(%)	1.43	3.38	2.83	2.07	2.08	2.82	0.98	2.38	2.24	2.13	1.41	2.76	

Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

Nota: La tabla 26 muestra los resultados de absorción para las diferentes mezclas, se aprecia una absorción mínima de 14.89%(M-12) y 21.06%(M-2) a los 5 horas y 24 horas respectivamente. También se aprecia una absorción máxima de 36.26%(M-1) y 45.75%(M-1) a los 5 horas y 24 horas respectivamente las cuales son superior a los valores límite, según la norma E-070 albañilería: “Para bloques de concreto clase P, la absorción no debe ser mayor que 12%. Y para bloques de concreto clase NP, la absorción no debe ser mayor que 15%”, (RNE E.070 albañilería.).

4.3. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS

4.3.1. Resistencia a la compresión de bloques

Los bloques de Stipa Ichu se ensayaron según el procedimiento detallado anteriormente, se presentan los siguientes resultados de las 12 mezclas y los datos completos se detallan en el anexo 1.

Tabla 27

Resumen de los resultados del ensayo a la compresión.

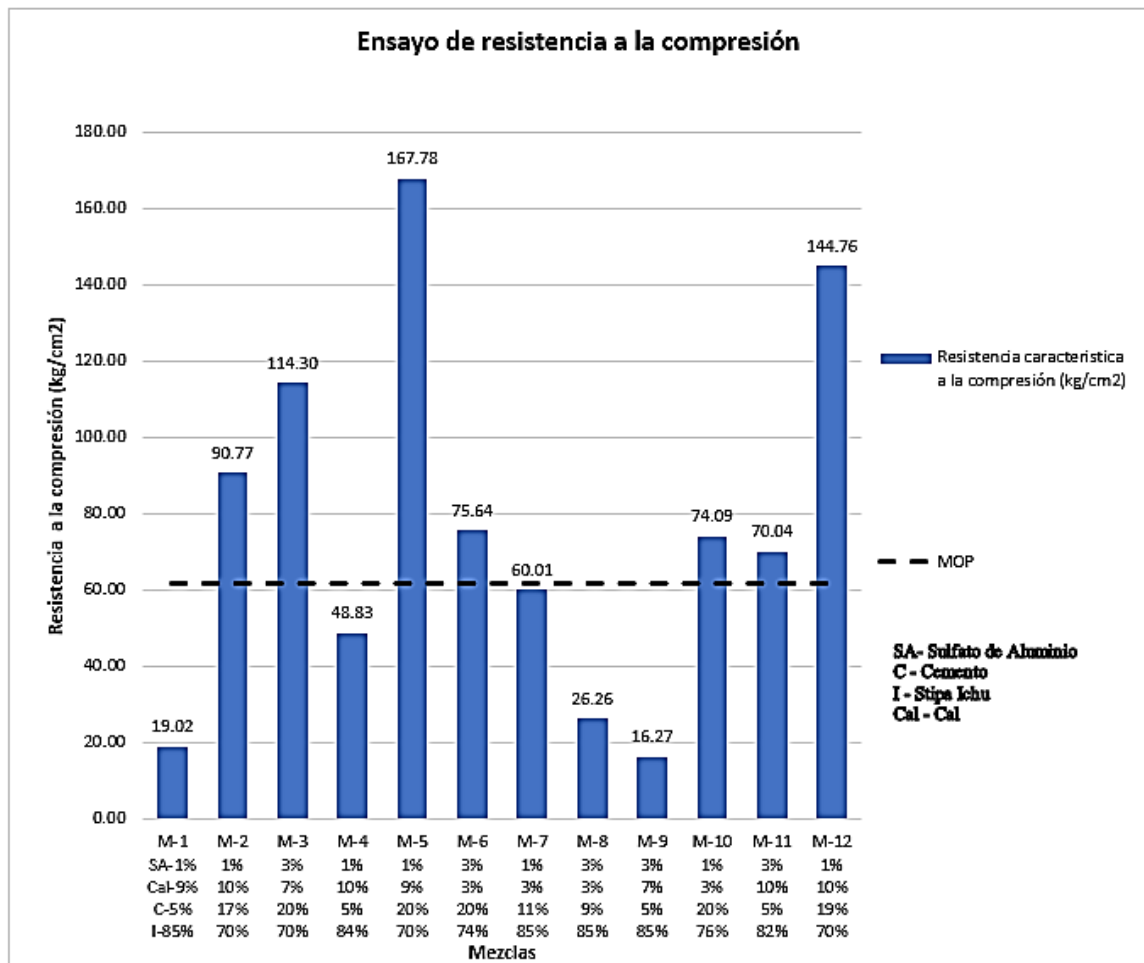
Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.613-399.604)													
	Mezcla	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12
Valor promedio de la resistencia a la compresión (kg/cm ²)	fb	20.31	91.84	116.30	50.26	169.19	77.49	61.67	27.49	17.74	75.85	72.30	147.21
Desviación estándar	s	1.30	1.07	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: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: La tabla 27 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 inferiores al valor mínimo establecido para bloques portantes, según el RNE E-070 albañilería mientras que las mezclas **M-2**, **M-3**, **M-5**, **M-6**, **M-7**, **M-10**, **M-11** y **M-12** superan los valores mínimos establecidos para bloques portantes (4.9 Mpa o 50kg/cm²).

Figura 31

Resistencia característica a la compresión de los bloques por cada tipo de mezcla



Fuente: Elaborado por los testistas de la investigación

Nota: Se muestra 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, según la norma E-070

4.3.2. Ensayo a flexión de bloques

Los bloques de Stipa Ichu se ensayaron según el procedimiento detallado anteriormente, se presentan los siguientes resultados de las 12 mezclas, los datos completos se detallan en el anexo 1.

Tabla 28

Resumen de los resultados del ensayo a la flexión.

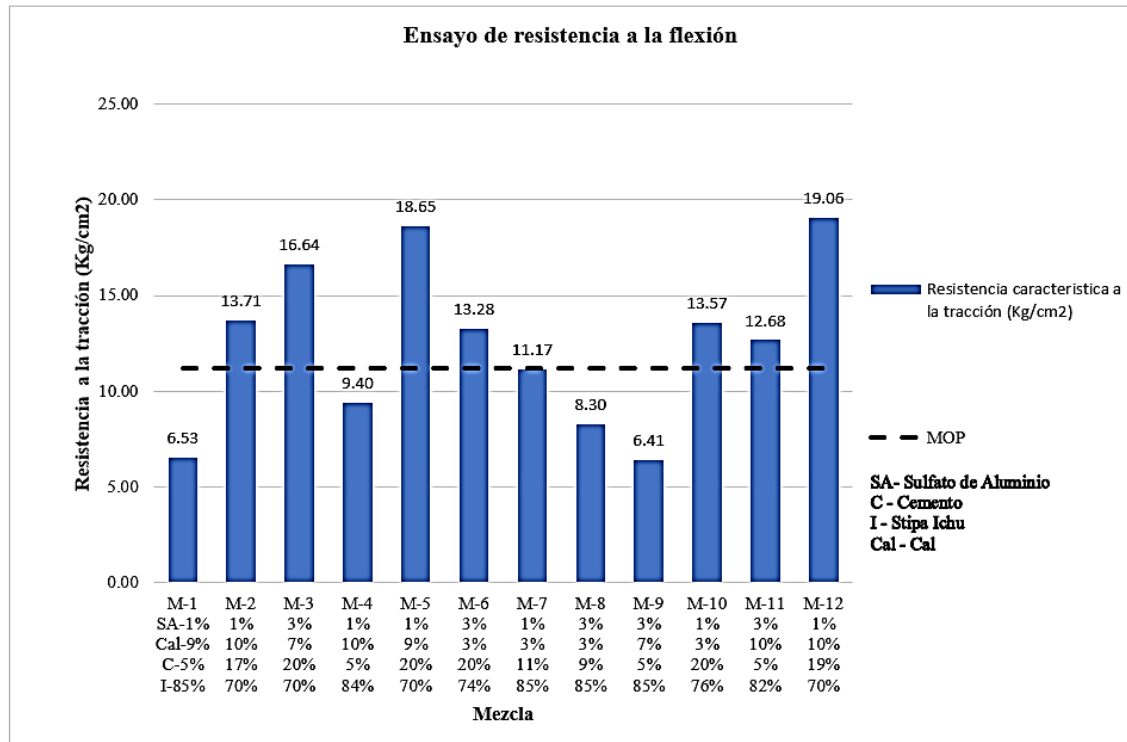
Ensayo de resistencia a la flexión (NTP 339.613)													
Mezcla	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12	
Valor promedio de la resistencia a Flexión (Kg/cm ²)	ft	6.99	14.57	17.41	10.49	19.99	14.25	12.16	8.55	7.09	14.44	12.95	19.67
Desviación estándar	s	0.46	0.87	0.77	1.09	1.34	0.97	0.99	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)	f't	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: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: La tabla 28 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 18.65kg/cm² (**M-3**).

Figura 32

Resistencia característica a la flexión de los bloques por cada tipo de mezcla



Fuente: Elaborado por los testistas de la investigación

4.4. RESULTADOS DE LA OPTIMIZACIÓN DE LAS MEZCLAS

4.4.1. Análisis de costo

Al tener como recurso principal a las fibras de Stipa Ichu, su obtención comprende básicamente la recolección, traslado y el desfibrado la misma que 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 (Ver anexo 9).

Tabla 29*Análisis de costo de las fibras de Stipa Ichu*

PARTIDA	UNIDAD	COSTO (S/)
Recolección de Material Stipa Ichu	M3	8.76
Traslado del Material Stipa Ichu	M3	1.42
Desfibrado de Stipa Ichu	M3	4.01

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Además, se realiza el análisis de costo de la elaboración de bloques de Stipa Ichu para las diferentes mezclas definidas (ver anexo 9).

Tabla 30*Costo de unitario de cada tipo de mezcla*

Mezcla	Costo por bloque (S/)
M-1	1.86
M-2	3.74
M-3	4.21
M-4	1.93
M-5	4.35
M-6	3.93
M-7	2.34
M-8	2.12
M-9	1.72
M-10	3.44
M-11	1.93
M-12	4.20

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

4.4.2. Optimización de las mezclas

Luego de obtener los resultados experimentales de los ensayos de laboratorio se realizó el ajuste con el modelo estadístico con el cual se precisa el efecto de cada uno de los componentes (Stipa Ichu, cemento, cal y sulfato de aluminio) sobre la respuesta (resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, absorción y el costo por bloque).

De acuerdo a la revisión de la literatura se plantea ajustar el modelo a uno de primer grado o a uno de mayor grado, de acuerdo al tipo de diseño. En esta investigación se estima los coeficientes del modelo mediante mínimos cuadrados. Para su caracterización y obtención de la superficie de respuesta para ello apoyará del software estadístico STATGRAPHICS y DESIGN EXPERT.

4.4.3. Resultado estadístico para ajuste y selección del modelo adecuado

4.4.3.1 Ajuste y selección para resistencia a la compresión

Tabla 31

Análisis de modelos para ajuste de la variable resistencia a la compresión

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	F-value	p-value
Media	68671.7	1	68671.7		
Lineal	21068.13	3	7022.71	13.74	0.0016
Cuadrático	1137.75	4	284.44	0.3855	0.8108
Error	2951.39	4	737.85		
Total	93828.96	12	7819.08		

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: en la tabla 31 donde se muestra el modelo, la media consiste solo en una constante, el lineal contiene términos de primer orden para cada componente. El cuadrático incluye la interacción de dos componentes. El valor-p (*p-value*), permite visualizar que tan significativo es el modelo para poder dar una respuesta después de comparar el modelo anterior de orden inferior.

El criterio de valor-p (*p-value*) considera el modelo más adecuado que cumpla con $p < 0.05$. Por tanto, este criterio evalúa el modelo adecuado el cual sería el *modelo lineal*.

Otro criterio adicional, es seleccionar el modelo adecuado mediante los coeficientes de determinación (R^2 y R^2_{ajus}), el cual nos muestra el porcentaje de la variación de la variable respuesta.

Tabla 32*Coefficientes de determinación*

Modelo	FS	R^2	R^2_{ajus}
Lineal	0.00160	62.99	77.65
Cuadrático	0.81083	-46.61	67.74

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

De acuerdo a los dos criterios analizados anteriormente el modelo que mejor se ajusta para la respuesta (resistencia a la compresión) es el *modelo lineal*, pues el coeficiente de determinación lineal es mayor al *modelo cuadrático*.

4.4.3.2 Modelo adecuado para resistencia a la compresión

En la tabla 33 se muestra el análisis de varianza para el modelo lineal completo, junto con la estimación de sus coeficientes, con un R^2 tomado como muy bueno.

Tabla 33*Ajuste y ANOVA para el modelo lineal (resistencia a la compresión)*

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo Lineal	21068.4	3	7022.79	13.74	0.0016
Error total	4089.15	8	511.144		
Total (corr.)	25157.5	11			

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

R-cuadrada = 83.74 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 77.65 %

Error estándar del est. = 22.6085

Error absoluto medio = 15.5344

Estadístico Durbin-Watson = 1.81406 (P=0.3813)



Tabla 34

Resultados de Ajuste de Modelo para Resistencia a la compresión

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>		<i>Valor-P</i>
		<i>Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	
A: Stipa Ichu	4.24839	16.9938		
B: Cemento	130.493	16.9938		
C: Cal	156.436	37.6337		
D: Sulfato de aluminio	-115.06	130.824		

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

R-cuadrada = 83.74%

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 77.65%

Error estándar del est. = 22.6085

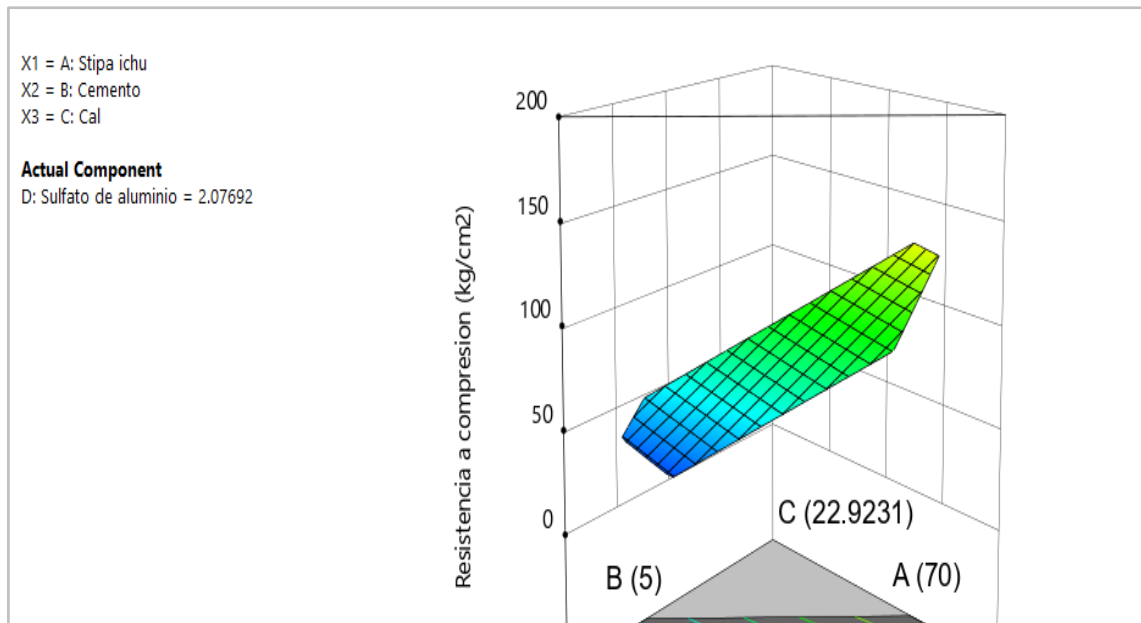
Error absoluto medio = 15.5344

De acuerdo con esto, los coeficientes del modelo lineal para resistencia a la compresión están dados por la siguiente ecuación:

Resistencia a la compresión = 4.24839*Stipa Ichu + 130.493*Cemento + 156.436*Cal - 115.06*Sulfato de aluminio

Figura 33

Superficie de respuesta resistencia a la compresión



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

4.4.3.3 Ajuste y selección para resistencia a la flexión

Tabla 35

Análisis de modelos para ajuste de la variable resistencia a la flexión

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	F-value	p-value
Media	1859.66	1	1859.66		
Lineal	169.08	3	56.36	13.30	0.0018
Cuadrático	8.63	4	2.16	0.34	0.8386
Error	25.26	4	6.32		
Total	2062.64	12	171.89		

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: En la tabla 35 donde se muestra el modelo, la media consiste solo en una constante, el lineal contiene términos de primer orden para cada componente. El cuadrático incluye la interacción de dos componentes. El valor-p (p-value), permite visualizar que tan significativo es el modelo para poder dar una respuesta después de comparar el modelo anterior de orden inferior.

El criterio de valor-p (p-value) considera el modelo más adecuado que cumpla con $p < 0.05$. Por tanto, este criterio evalúa el modelo adecuado el cual sería el *modelo lineal*.

Otro criterio adicional, es seleccionar el modelo adecuado mediante los coeficientes de determinación (R^2 y R^2_{ajus}), el cual nos muestra el porcentaje de la variación de la variable respuesta.

Tabla 36

Coefficientes de determinación

Modelo	FS	R^2	R^2_{ajus}
Lineal	0.00178	62.07	77.04
Cuadrático	0.83858	-64.01	65.77

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

De acuerdo a los dos criterios analizados anteriormente el modelo que mejor se ajusta para la respuesta (resistencia a la compresión) es el *modelo lineal*, pues el coeficiente de determinación lineal es mayor al *modelo cuadrático*.

4.4.3.4 Modelo adecuado para resistencia a la flexión

En la tabla 37 se muestra el análisis de varianza para el modelo lineal completo, junto con la estimación de sus coeficientes, con R^2 muy bueno.

Tabla 37

Ajuste y ANOVA para el modelo lineal (resistencia a la flexión)

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo Lineal	169.083	3	56.3609	13.30	0.0018
Error total	33.8941	8	4.23676		
Total (corr.)	202.977	11			

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación



R-cuadrada = 83.30%

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 77.03%

Error estándar del est. = 2.05834

Error absoluto medio = 1.40219

Estadístico Durbin-Watson = 1.38643 (P=0.1540)

Tabla 38

Resultados de Ajuste de Modelo para absorción

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>		<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
		<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>		
A: Stipa ichu	6.0422	1.54716			
B: Cemento	17.8806	1.54716			
C: Cal	17.3065	3.42628			
D: Sulfato de aluminio	0.815825	11.9105			

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

R-cuadrada = 83.30%

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 77.03%

Error estándar del est. = 2.05834

Error absoluto medio = 1.40219

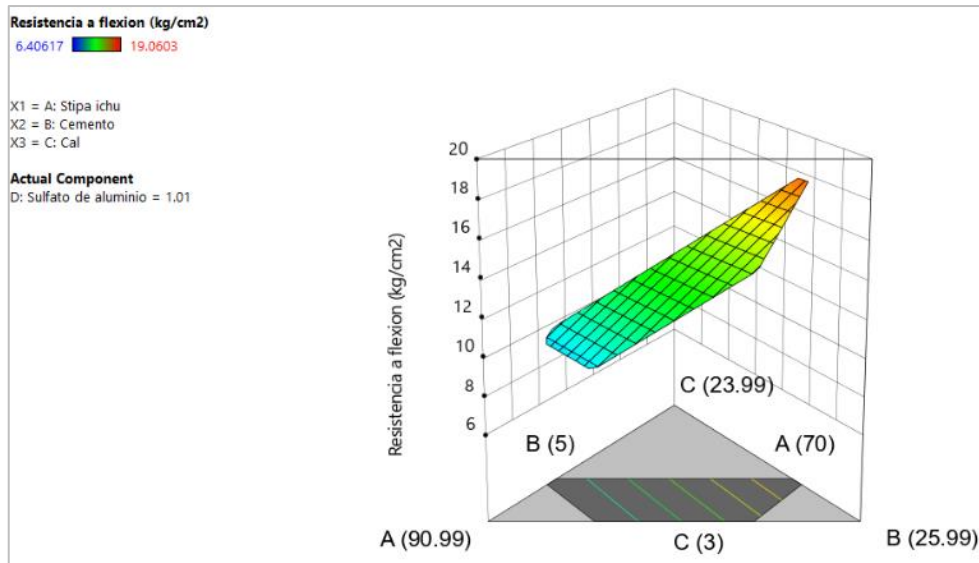
Estadístico Durbin-Watson = 1.38643 (P=0.1540)

De acuerdo con esto, los coeficientes del modelo lineal para resistencia a flexión están dados por la siguiente ecuación:

$$\text{Resistencia a la flexión} = 6.0422 * \text{Stipa ichu} + 17.8806 * \text{Cemento} + 17.3065 * \text{Cal} + 0.815825 * \text{Sulfato de aluminio}$$

Figura 34

Superficie de respuesta para resistencia a la flexión.



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

4.4.3.5 Ajuste y selección para absorción

Tabla 39

Análisis de los posibles modelos para ajuste de la variable absorción

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	F-value	p-value
Media	15126.03	1	15126.03		
Lineal	658.52	3	219.51	13.00	0.0019
Cuadrático	91.62	4	22.90	2.11	0.2441
Error	43.48	4	10.87		
Total	15919.65	12	1326.64		

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: en la tabla 39 donde se muestra el modelo, la media consiste solo en una constante, el lineal contiene términos de primer orden para cada componente. El cuadrático incluye la interacción de dos componentes. El valor-p (p-value), permite visualizar que tan significativo es el modelo para poder dar una respuesta después de comparar el modelo anterior de orden inferior.

El criterio de valor-p (p-value) considera el modelo más adecuado que cumpla con $p < 0.05$. Por tanto, este criterio evalúa el modelo adecuado el cual sería el *modelo lineal*.

Otro criterio adicional, es seleccionar el modelo adecuado mediante los coeficientes de determinación (R^2 y R^2_{ajus}), el cual nos muestra el porcentaje de la variación de la variable respuesta.

Tabla 40

Coefficientes de determinación

Modelo	FS	R^2	R^2_{ajus}
Lineal	0.00192	60.66	76.59
Cuadrático	0.24407	48.23	84.93

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

De acuerdo a los dos criterios analizados anteriormente el modelo que mejor se ajusta para la respuesta (resistencia a la compresión) es el *modelo lineal*, pues el coeficiente de determinación lineal es mayor al *modelo cuadrático*.

4.4.3.6 Modelo adecuado para absorción

En la tabla 41 se muestra el análisis de varianza para el modelo lineal completo, junto con la estimación de sus coeficientes, con R^2 muy bueno.

Tabla 41

Ajuste y ANOVA para el modelo lineal (resistencia a la absorción)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo Lineal	658.361	3	219.454	13.00	0.0019
Error total	135.097	8	16.8871		
Total (corr.)	793.458	11			

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación



R-cuadrada = 82.97%

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 76.58%

Error estándar del est. = 4.10939

Error absoluto medio = 2.68291

Estadístico Durbin-Watson = 2.14687 (P=0.5942)

Tabla 42

Resultados de Ajuste de Modelo para absorción

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
A: Stipa Ichu	51.4869	3.08885		
B: Cemento	30.9298	3.08885		
C: Cal	13.6983	6.84042		
D: Sulfato de aluminio	31.4433	23.7789		

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

R – cuadrada = 82.97%

R – cuadrada (ajustada por g.l.) = 76.58%

Error estándar del est. = 4.10939

Error absoluto medio = 2.68291

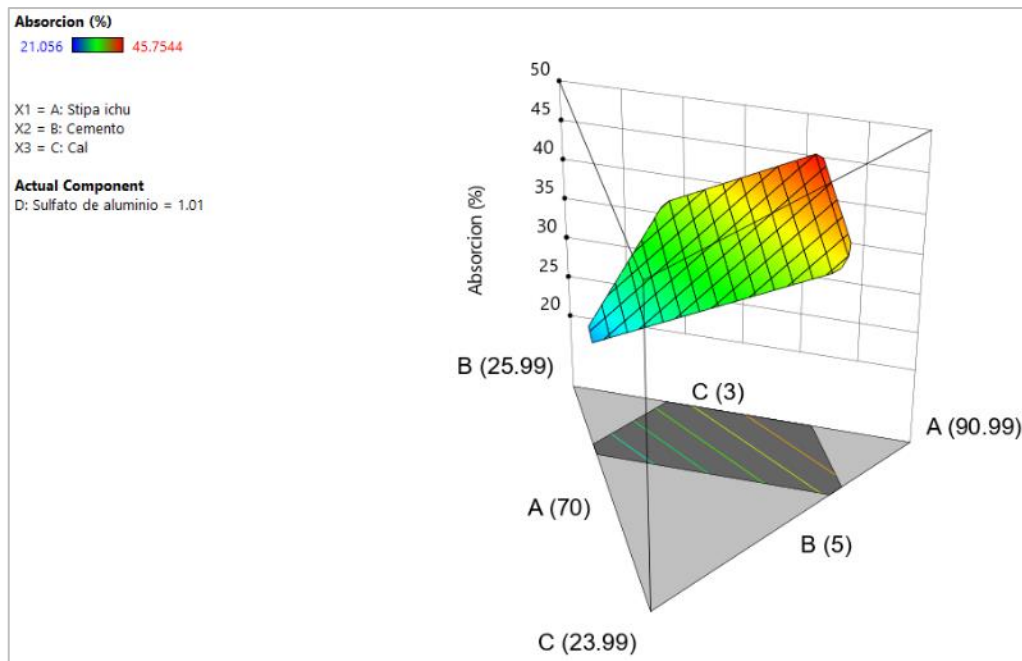
Estadístico Durbin – Watson = 2.14687 (P = 0.5942)

De acuerdo con esto, los coeficientes del modelo lineal para absorción están dados por la siguiente ecuación:

$$\text{Absorción} = 51.4869 * \text{Stipa Ichu} + 30.9298 * \text{Cemento} + 13.6983 * \text{Cal} + 31.4433 * \text{Sulfato de aluminio}$$

Figura 35

Superficie de respuesta para absorción.



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

4.4.3.7 Ajuste y selección para el costo por bloque

Tabla 43

Análisis de los posibles modelos para ajuste de la variable resistencia a la flexión

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	F-value	p-value
Media	106.67	1	106.67		
Lineal	12.61	3	4.20	205.23	0.0000
Cuadrático	0.10	4	0.03	1.57	0.3358
Error	0.06	4	0.02		
Total	119.44	12	9.95		

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: en la tabla 43 donde se muestra el modelo, la media consiste solo en una constante, el lineal contiene términos de primer orden para cada componente. El cuadrático incluye la interacción de dos componentes. El valor-p (p-value), permite visualizar que tan significativo es el modelo para poder dar una respuesta después de comparar el modelo anterior de orden inferior.

El criterio de valor-p (p-value) considera el modelo más adecuado que cumpla con $p < 0.05$. Por tanto, este criterio evalúa el modelo adecuado el cual sería el *modelo lineal*.

Otro criterio adicional, es seleccionar el modelo adecuado mediante los coeficientes de determinación (R^2 y R^2_{ajus}), el cual nos muestra el porcentaje de la variación de la variable respuesta.

Tabla 44

Coefficientes de determinación

Modelo	FS	R^2	R^2_{ajus}
Lineal	< 0.0001	96.86	98.24
Cuadrático	0.33580	92.49	98.63

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

De acuerdo a los dos criterios analizados anteriormente el modelo que mejor se ajusta para la respuesta (resistencia a la compresión) es el *modelo lineal*, pues el coeficiente de determinación lineal es mayor al *modelo cuadrático*.

4.4.3.8 Modelo adecuado para costo por bloque

En la tabla 45 se muestra el análisis de varianza para el modelo lineal completo, junto con la estimación de sus coeficientes, con R^2 muy bueno.

Tabla 45

Ajuste y ANOVA para el modelo lineal (costo por bloque)

Fuente	Suma Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo Lineal	12.6038	3	4.20126	207.06	0.0000
Error total	0.162324	8	0.0202905		
Total (corr.)	12.7661	11			

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

R-cuadrada = 98.72%

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 98.25%

Error estándar del est. = 0.142445

Error absoluto medio = 0.0909551

Estadístico Durbin-Watson = 1.56648 (P=0.2384)

Tabla 46

Resultados de Ajuste de Modelo para costo por bloque

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
		<i>Estándar</i>	<i>T</i>	
A: Stipa ichu	1.33357	0.107069		
B: Cemento	4.67854	0.107069		
C: Cal	3.07365	0.237111		
D: Sulfato de aluminio	2.20608	0.824254		

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

R-cuadrada = 98.72%

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 98.25%

Error estándar del est. = 0.142445

Error absoluto medio = 0.0909551

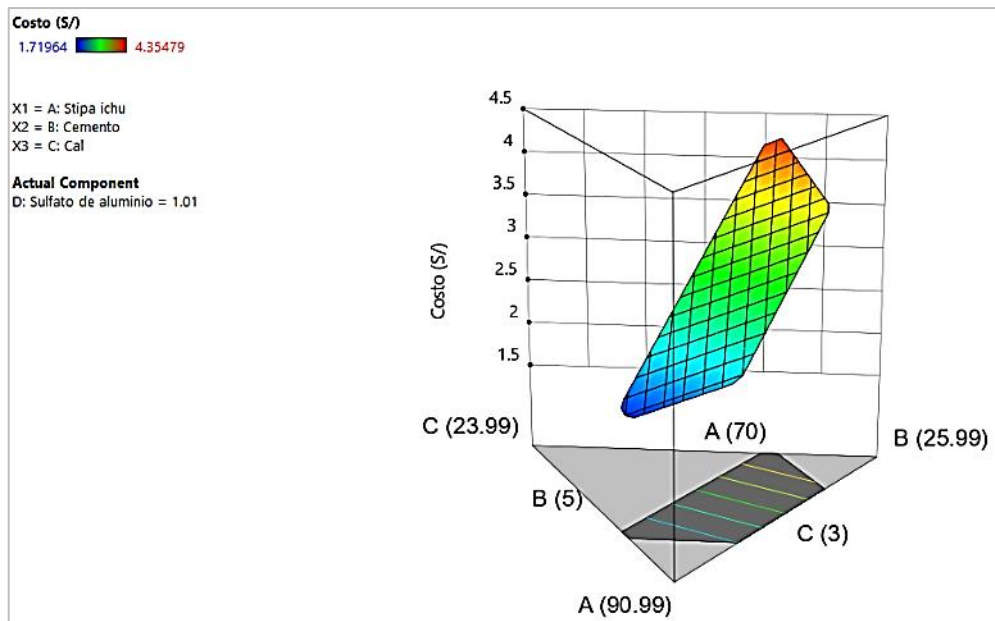
Estadístico Durbin-Watson = 1.56648 (P=0.2384)

De acuerdo con esto, los coeficientes del modelo lineal para costo por bloque están dados por la siguiente ecuación:

Costo por bloque = 1.33357*Stipa Ichu + 4.67854*Cemento + 3.07365*Cal + 2.20608*Sulfato de aluminio

Figura 36

Superficie de respuesta para costo por bloque.



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

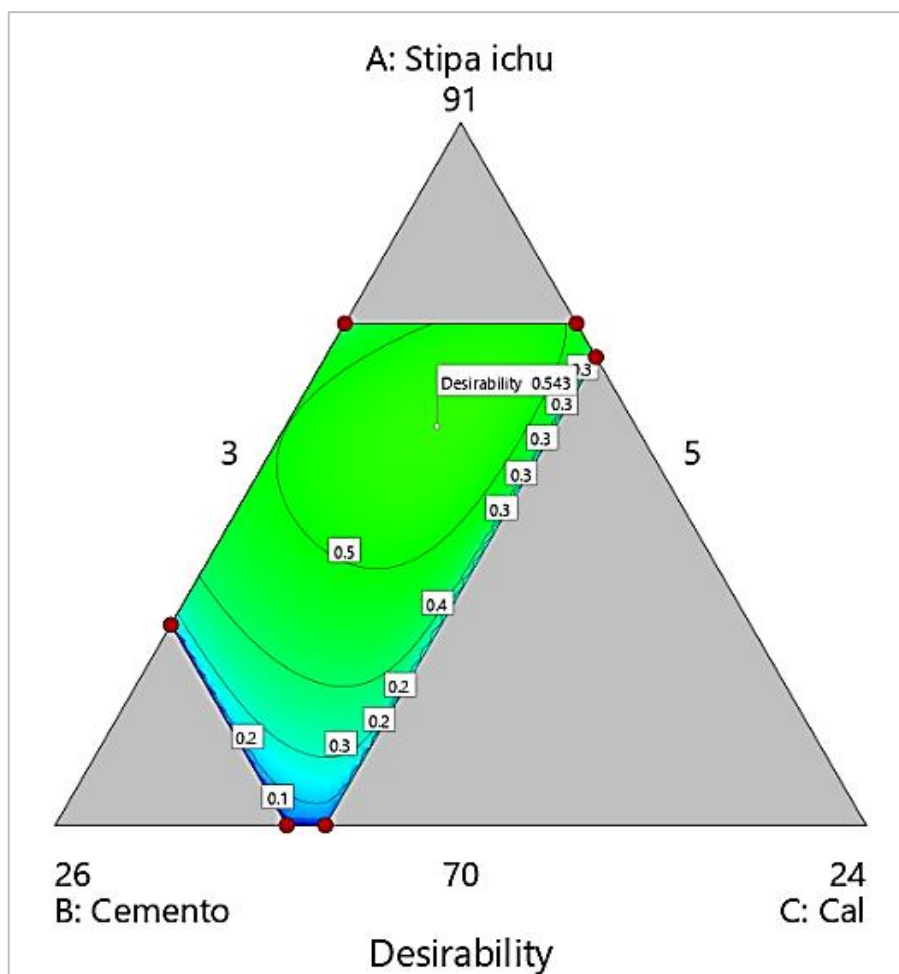
4.5. RESULTADO DE LA OPTIMIZACIÓN SIMULTANEA DE VARIAS RESPUESTAS

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 características (variables o componentes) para lograr diseños de mejor calidad y propiedades. En la presente investigación los bloques de Stipa Ichu tiene varias propiedades que analizar como: resistencia característica a la compresión, resistencia característica a la flexión, absorción y el costo por bloque, todas estas son importantes para que el bloque de Stipa Ichu pueda ser aceptado con un material de construcción, según la norma RNE E.070. Si la optimización solo 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 literatura, la optimización simultánea se realizará con el método estadístico *función de deseabilidad*, para ello nos apoyaremos por software estadístico *Design Expert* ya que el programa cuenta con graficador más avanzado, los resultados reportados por el software *Design Expert* se detallan a continuación.

Figura 37

Función de deseabilidad global y punto óptimo simultáneo.

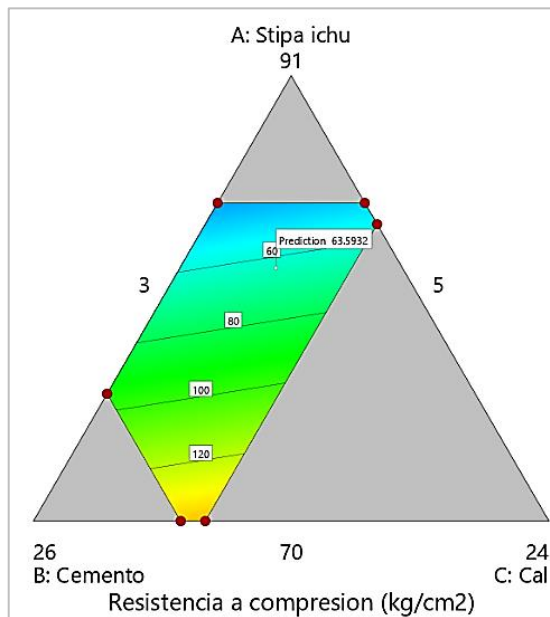


Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

Nota: La deseabilidad global resulta 0.543, el cual es aceptable pues por definición, es la media geométrica de todas las deseabilidades individuales.

Figura 38

Predicción para la resistencia

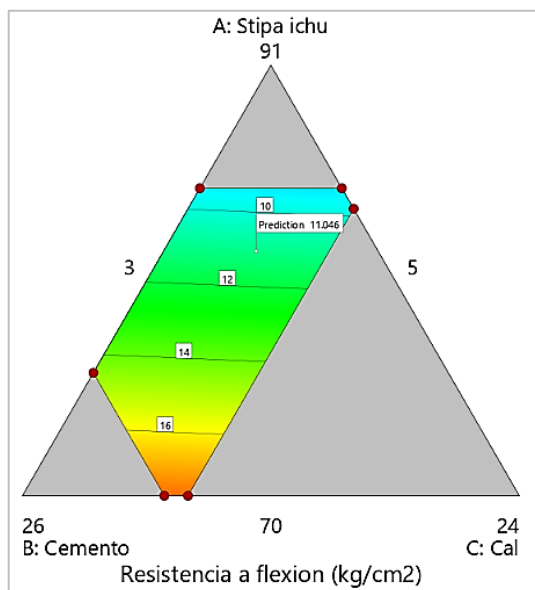


Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: En la imagen se muestra la predicción para la resistencia a la compresión que resulta ser 63.5932 kg/cm².

Figura 39

Predicción para la resistencia a la flexión

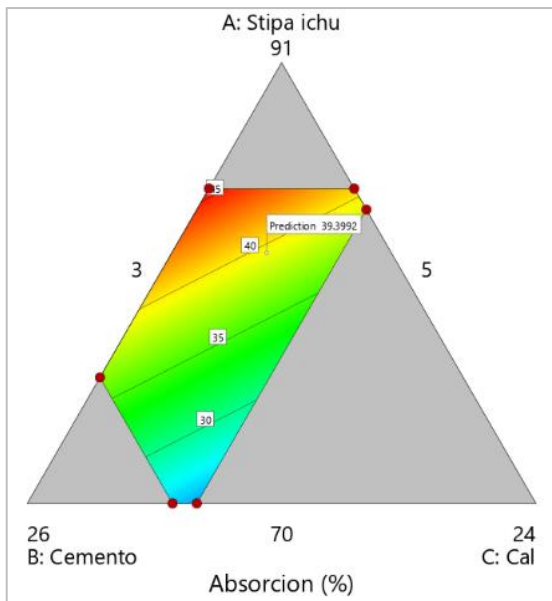


Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: En la imagen se muestra la predicción para la resistencia a la flexión que resulta ser 11.046 kg/cm².

Figura 40

Predicción para la absorción

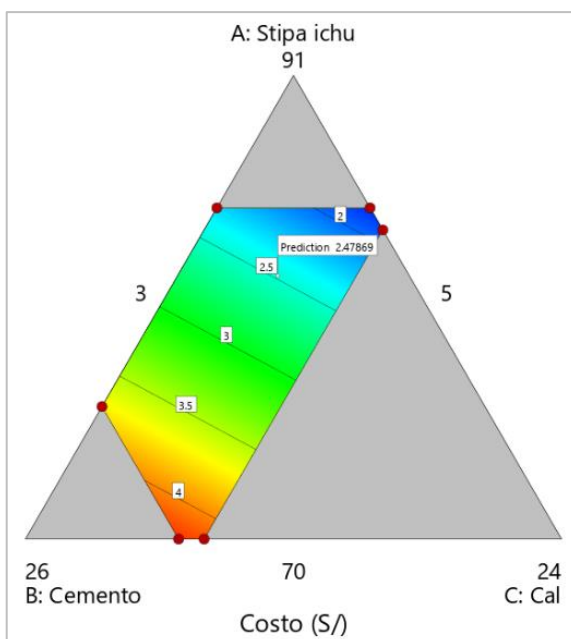


Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: En la imagen se muestra la predicción para la absorción que resulta ser 39.3992 %.

Figura 41

En la imagen se muestra la predicción para el costo

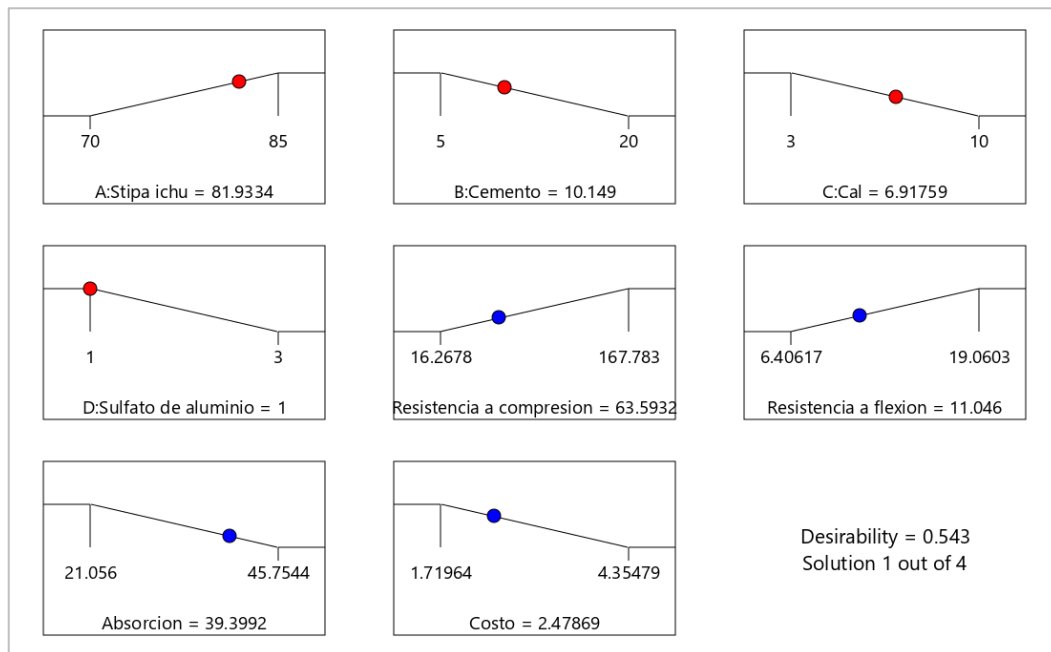


Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: En la imagen se muestra la predicción para el costo por bloque que resulta ser S/ 2.48.

Figura 42

Predicción óptima para los componentes



Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

Nota: En la imagen 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).

En resumen, la mezcla óptima se emplea para fabricar los bloques de Stipa Ichu y construir la vivienda prototipo (350 unidades), posterior a ello se realiza la toma de temperatura y la evaluación térmica para concretar los objetivos de la presente investigación.

Tabla 47

Proporciones de la mezcla optima.

Mezclas	% Stipa Ichu	% Cemento	% Cal	% Sulfato de Aluminio
Mezcla optima calculada	81.93	10.15	6.92	1

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Tabla 48

Dosificación de la mezcla óptima para un bloque.

Dosificación para un bloque de dimensiones
(15x40x19) cm, volumen (0.0114 m³)

	% en volumen	En peso (Kg)
Stipa ichu	81.93	4.10
Cemento	10.15	3.63
Cal	6.92	0.95
Sulfato de Aluminio	1	0.30

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Tabla 49

Dosificación de la mezcla óptima para 1m³.

Dosificación para un volumen de 1 m³

	% en volumen	En peso (Kg)
Stipa ichu	81.93	359.34
Cemento	10.15	318.71
Cal	6.92	83.04
Sulfato de Aluminio	1	26.72

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: estas proporciones se emplearán para fabricar los bloques de Stipa Ichu y con ellos construir la vivienda prototipo.

4.6. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LA MEZCLA OPTIMA

Tabla 50

Resultado variación dimensional

VARIACIÓN DIMENSIONAL (NTP 399.613-399.604)			
	Dimensiones	unidad	Mezcla optima
LARGO	Largo promedio	(mm)	401.26
	Largo diseñado	(mm)	400.00
	Desviación estándar	s	0.77
	Coefficiente de variación	CV (%)	-0.32%
	Variación dimensional	V (%)	0.19%
ANCHO	Largo promedio	(mm)	152.35
	Largo diseñado	(mm)	150
	Desviación estándar	s	1.03
	Coefficiente de variación	CV (%)	-1.57%
	Variación dimensional	V (%)	0.68%
ALTURA	Largo promedio	(mm)	192.23
	Largo diseñado	(mm)	195.00
	Desviación estándar	s	0.75
	Coefficiente de variación	CV (%)	1.42%
	Variación dimensional	V (%)	0.39%

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación



Tabla 51

Resultado Alabeo

Alabeo (NTP 339.613)			Mezcla optima
CARA 1	Promedio	(mm)	1.17
	Desviación estándar	s	0.58
	Coficiente de variación	CV (%)	49.90
CARA 2	Promedio	(mm)	1.15
	Desviación estándar	s	0.24
	Coficiente de variación	CV (%)	21.00

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Tabla 52

Resultado Absorción

Absorción (NTP 339.613-399.604)			
		Mezcla	Mezcla optima
ABSORCIÓN (%)	5 horas	Absorción promedio	% 22.91
		Desviación estándar	s 0.02
		Coficiente de variación	CV (%) 6.73
	24 horas	Absorción promedio	% 36.66
		Desviación estándar	s 0.01
		Coficiente de variación	CV (%) 2.87

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación



Tabla 53

Resultados Ensayo de resistencia a la compresión

Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.613-399.604)		
Mezcla optima		
Valor promedio de la resistencia a la compresión (kg/cm ²)	fb	62.76
Desviación estándar	s	1.14
Resistencia característica a la compresión (kg/cm ²)	f'b	61.62
Coefficiente de variación	CV (%)	1.81

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Tabla 54

Resultado ensayo de resistencia a la flexión

Ensayo de resistencia a la flexión (NTP 339.613)		
Mezcla optima		
Valor promedio de la resistencia a Flexión (Kg/cm ²)	ft	12.81
Desviación estándar	s	1.58
Coefficiente de variación (CV)	(%)	12.32
Resistencia característica a la Flexión (Kg/cm ²)	f't	11.23

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

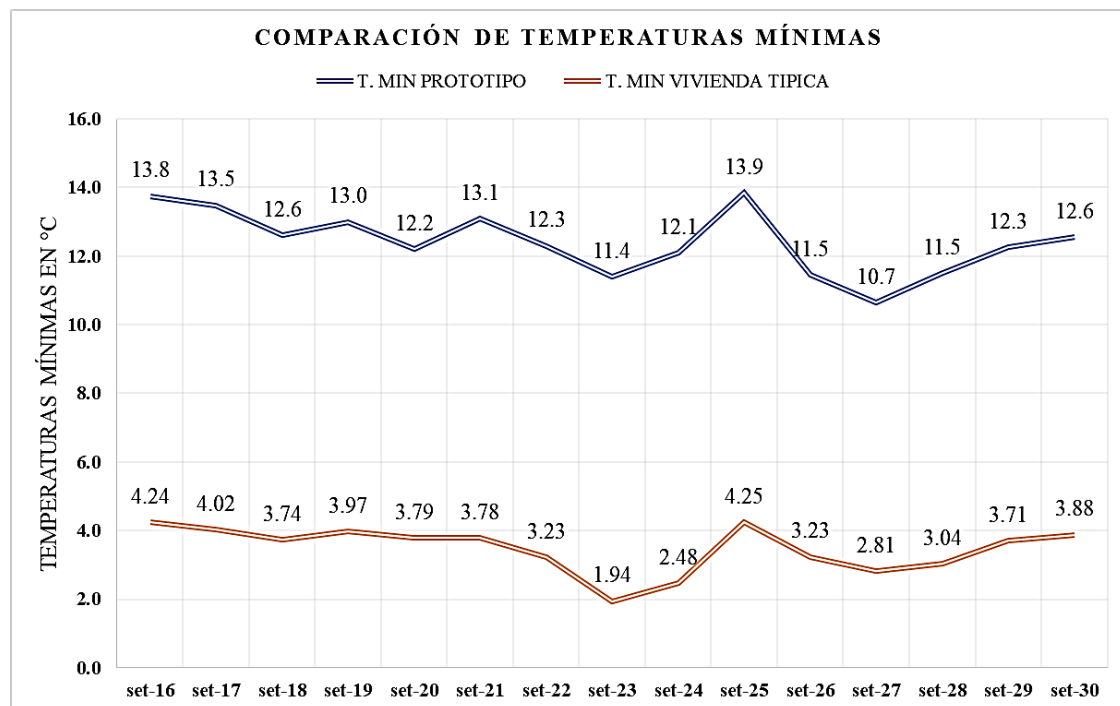
4.7. RESULTADOS EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA VIVIENDA PROTOTIPO Y VIVIENDA RURAL TÍPICA

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 usó 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.

4.7.1. Registro mes de setiembre

Figura 43

Comparación de temperaturas mínimas (16 al 30 setiembre 2021)



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación.

Nota: Según el reporte de registro de temperaturas durante los últimos 15 días de 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 viene dada por la diferencia de las temperaturas máximas y mínimas promedio, Ver anexo 6, Tablas 1 y 2.

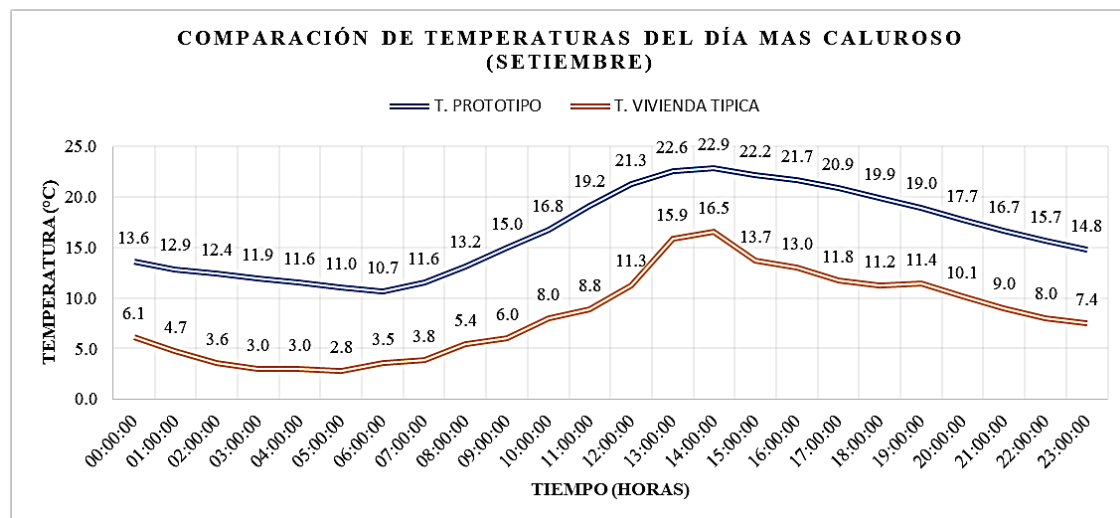
$$\Delta T_{max} = 22.1 - (14.9) = 7.2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

Por tanto, concluimos que la vivienda prototipo propuesto construido 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 $\Delta T_{min} = 8.9 \text{ } ^\circ\text{C}$

Figura 44

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

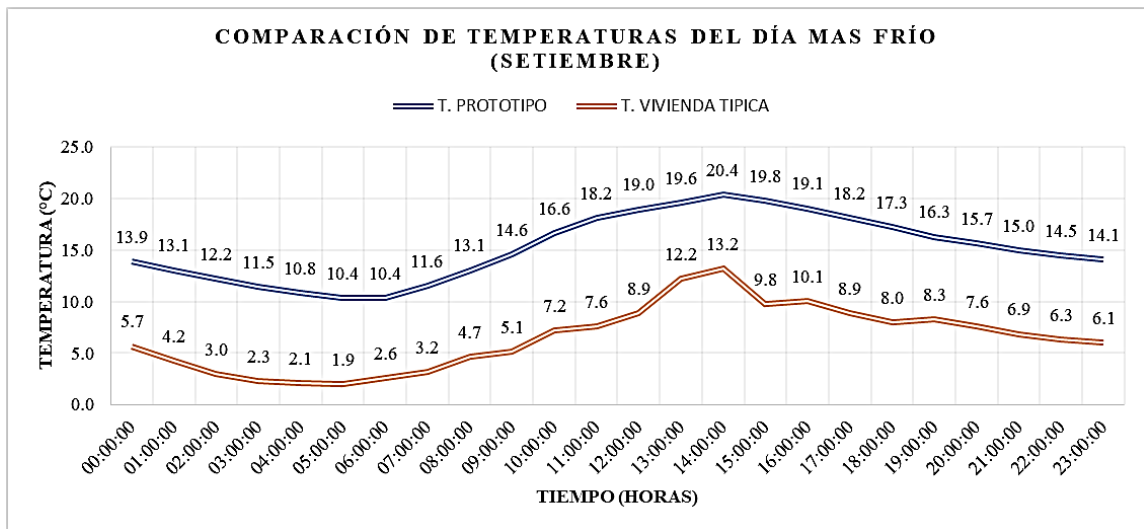


Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

Nota: En la figura 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.

Figura 45

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



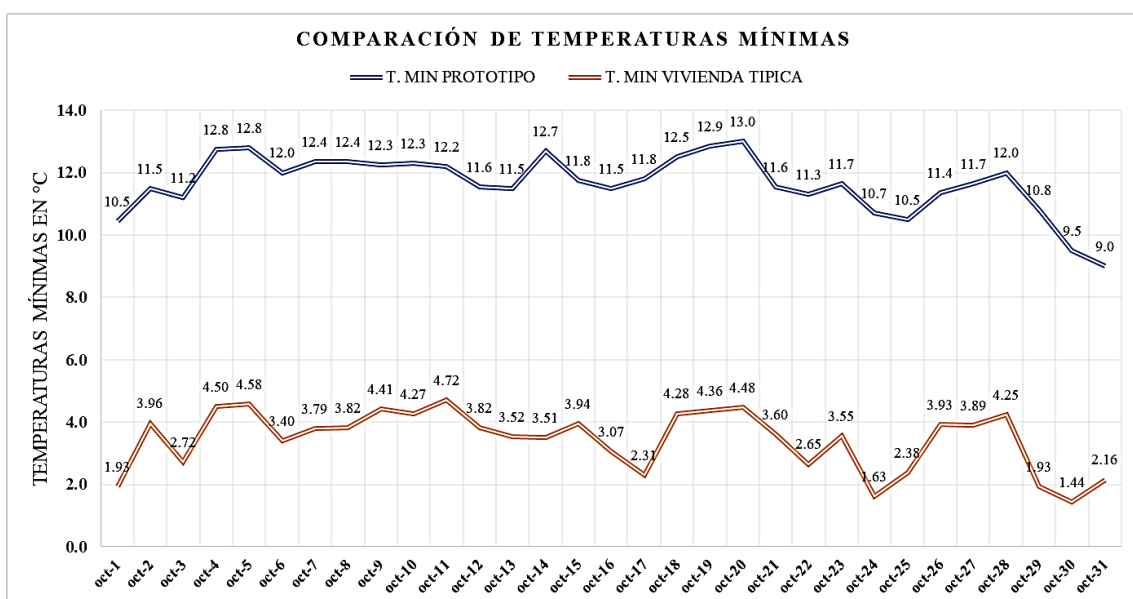
Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: En la figura 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 1.9°C.

4.7.2. Registro mes de octubre

Figura 46

Comparación de temperaturas mínimas (1 a 31 octubre 2021)



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: Según el reporte de registro de temperaturas durante los 31 días de mes de octubre, la vivienda prototipo alcanzo una temperatura máxima y mínima promedio de 22.4 °C y 11.7 °C mientras que la vivienda rural típica alcanzo 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 viene dada por la diferencia de las temperaturas máximas y mínimas promedio.

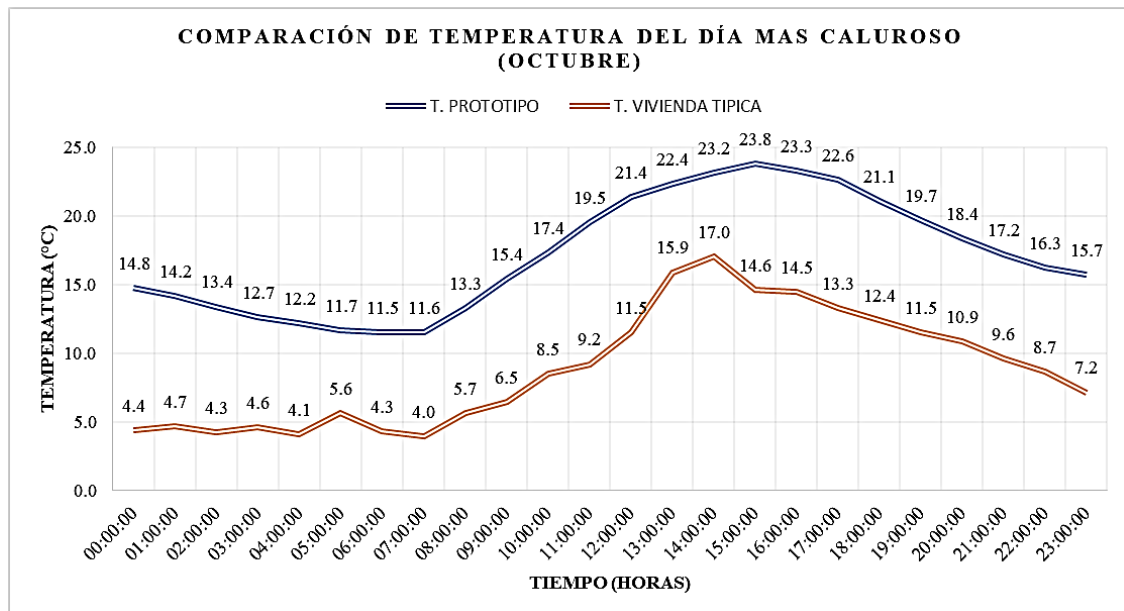
$$\Delta T_{max} = 22.4 - (14.7) = 7.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

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 $\Delta T_{min} = 8.3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Figura 47

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

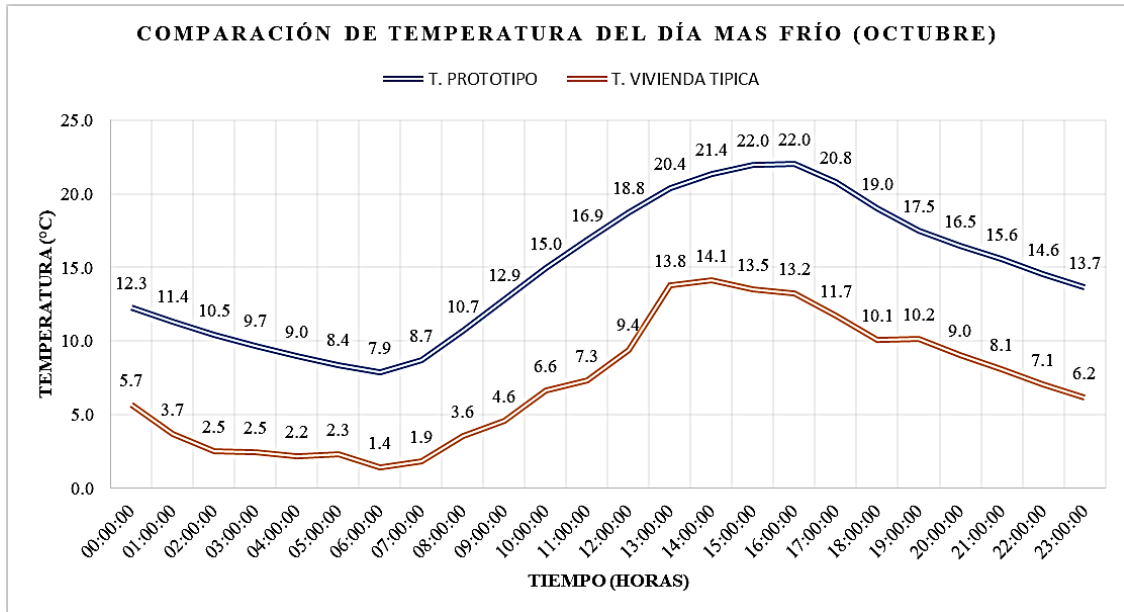


Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: En la figura se representa 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 17.0°C.

Figura 48

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



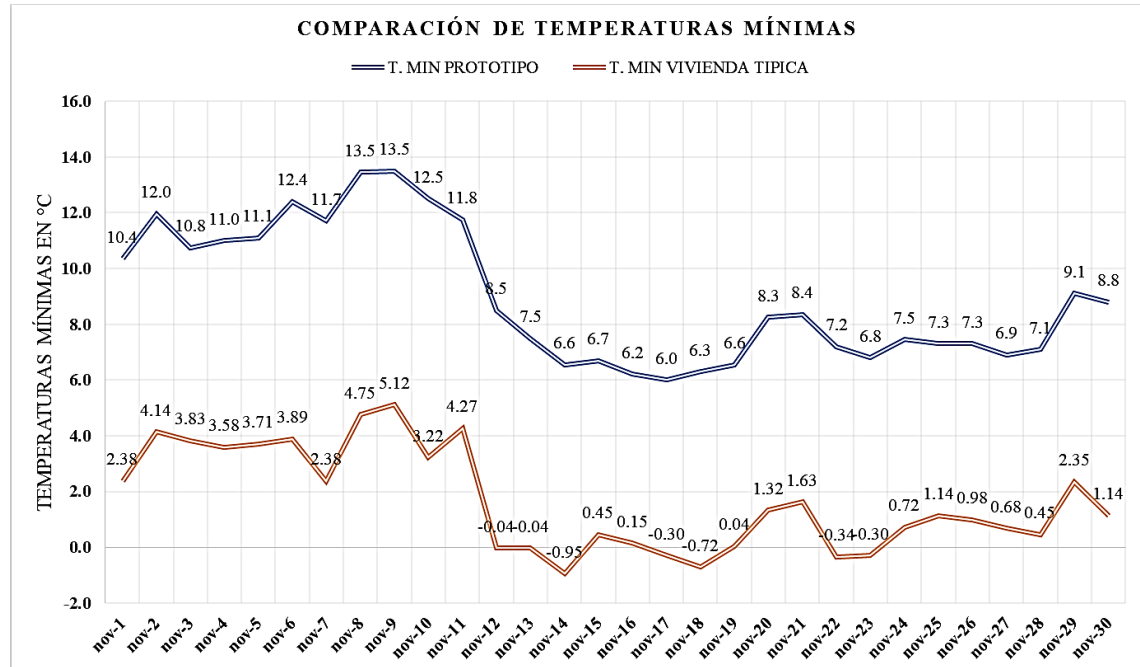
Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: En la figura 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 1.4°C.

4.7.3. Registro mes de noviembre

Figura 49

Comparación de temperaturas mínimas (1 a 30 noviembre 2021)



Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

Nota: Según el reporte de registro de temperaturas durante los 30 días de mes de noviembre, la vivienda prototipo alcanzo una temperatura máxima y mínima promedio de 22.6 °C y 9.0 °C mientras que la vivienda rural típica alcanzo 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 viene dada por la diferencia de las temperaturas máximas y mínimas promedio.

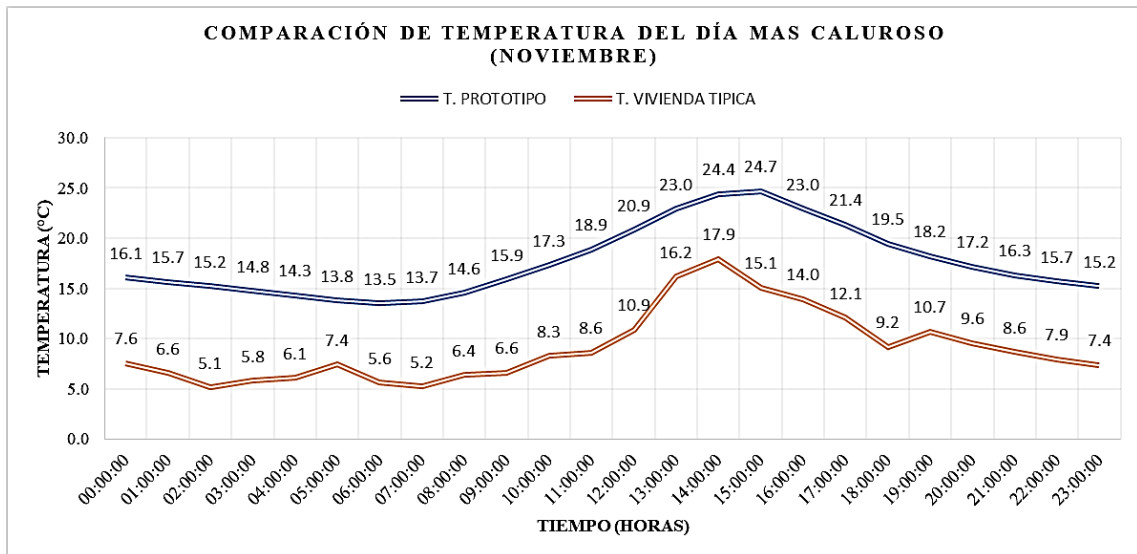
$$\Delta T_{max} = 22.6 - (15.0) = 7.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

Por tanto, concluimos que la vivienda prototipo propuesto construido 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 $\Delta T_{min} = 7.3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Figura 50

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

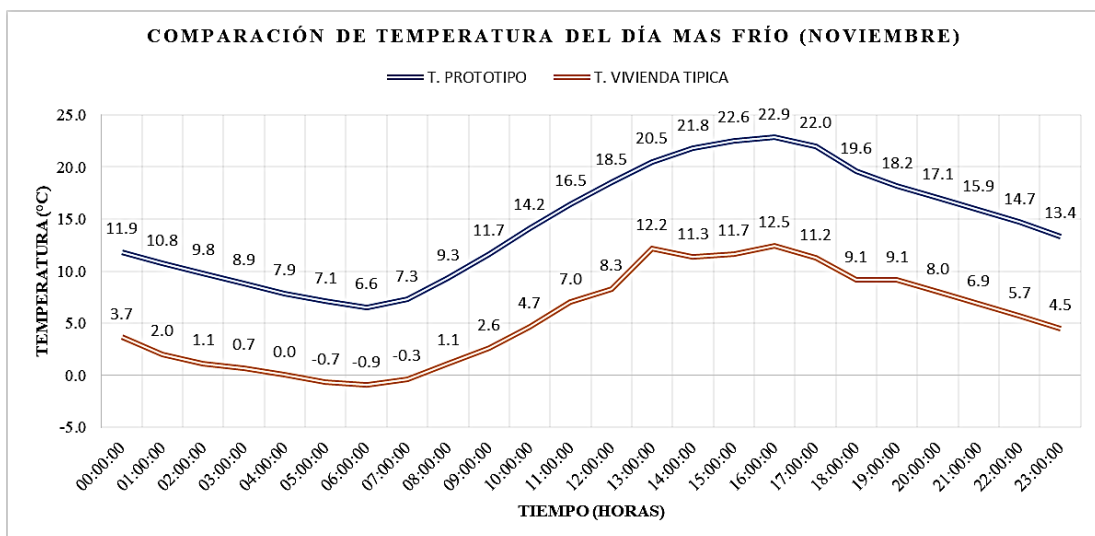


Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: En la figura 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 17.9°C.

Figura 51

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



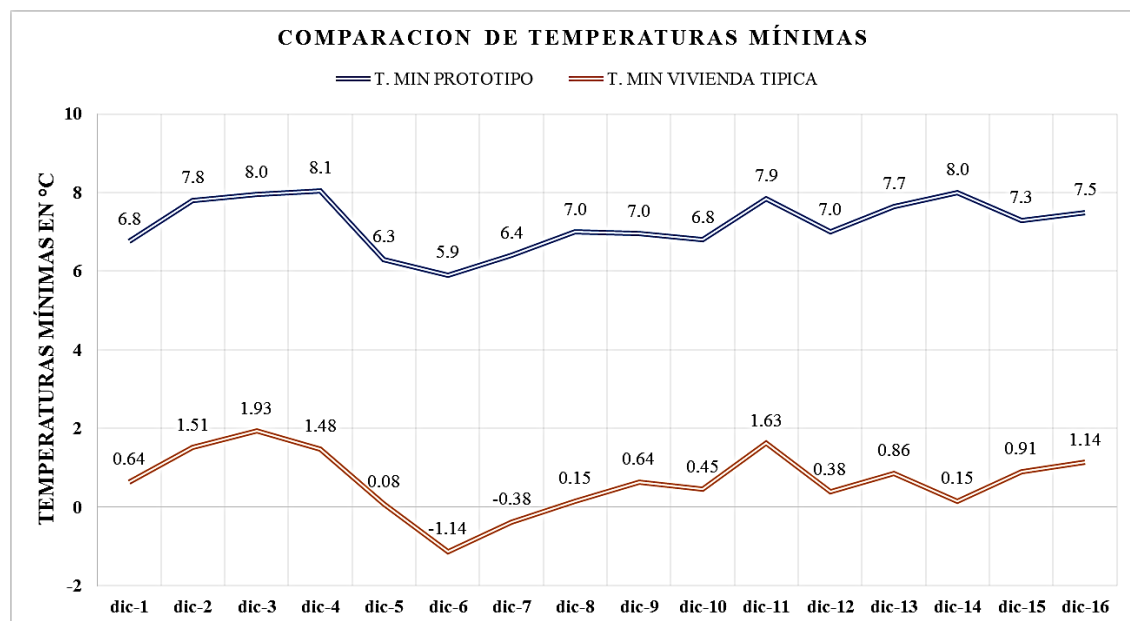
Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: En la figura 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 -0.9°C .

4.7.4. Registro mes de diciembre

Figura 52

Comparación de temperaturas mínimas (1 a 16 diciembre 2021)



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: Según el reporte de registro de temperaturas durante los 16 días de 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 viene dada por la diferencia de las temperaturas máximas y mínimas promedio.

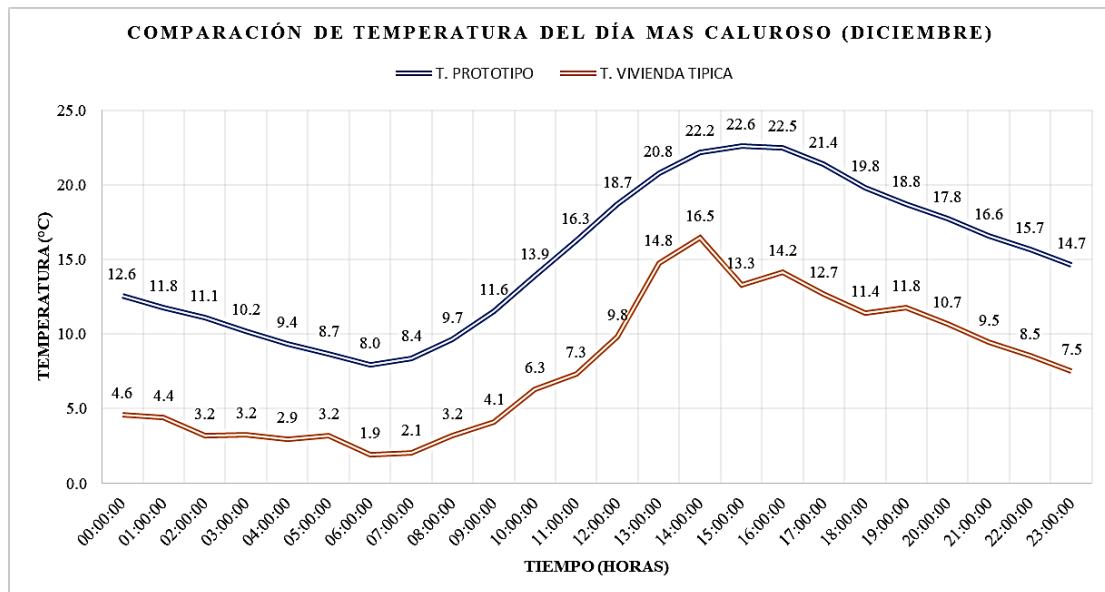
$$\Delta T_{max} = 21.4 - (13.8) = 7.6^{\circ}\text{C}$$

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

Por tanto, concluimos que la vivienda prototipo propuesto construido 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 $\Delta T_{min} = 6.5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Figura 53

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

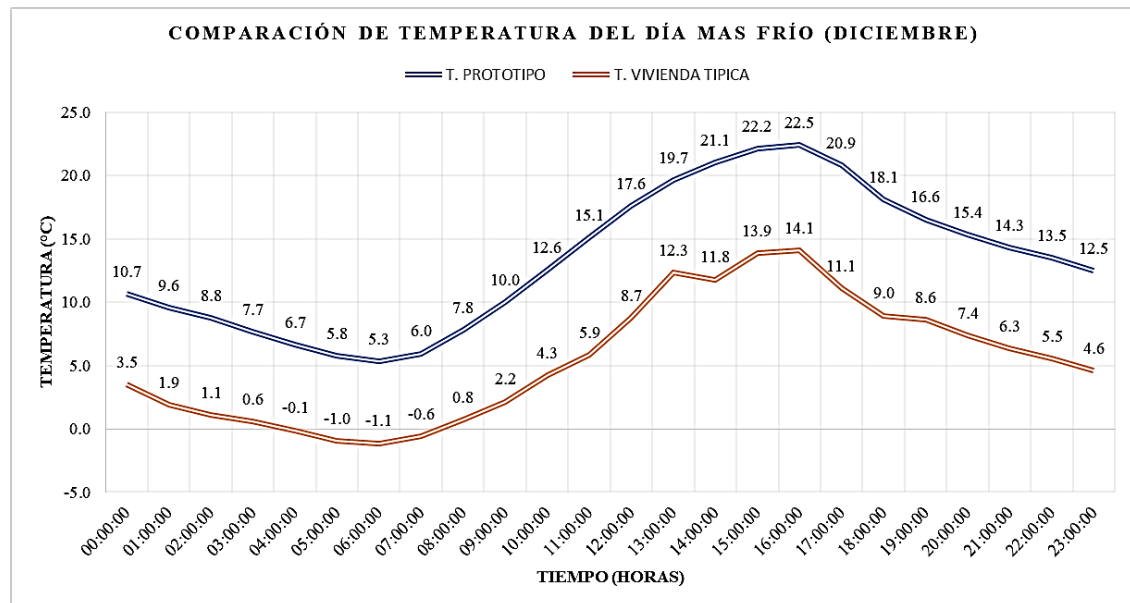


Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: En la figura 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 .

Figura 54

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



Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

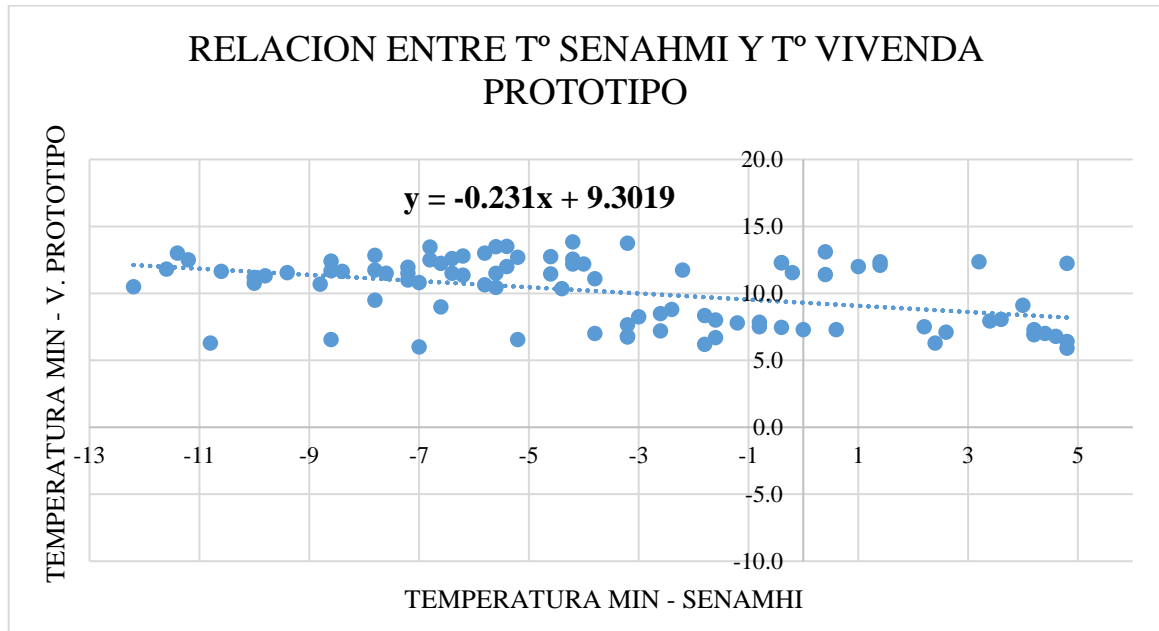
Nota: En la figura se representa la variación de temperatura en el día más frío durante el mes de diciembre entre la vivienda rural típica y la vivienda prototipo, donde se observa que la temperatura mínima en la vivienda rural típica es -1.1°C .

4.8. RESULTADO DE CORRELACIÓN DE TEMPERATURAS PARA LOS MESES DE MAYO, JUNIO, JULIO Y AGOSTO.

Los meses de mayo, junio, julio y agosto son considerados los más críticos debido al descenso de las temperaturas por debajo de cero grados según el registro de SENAMHI, se desea saber cuál es el comportamiento de la vivienda prototipo en estos meses para esto se realiza la correlación lineal y regresión de la temperatura mínima según SENAMHI con la temperatura mínima de la vivienda prototipo de los meses de prueba (setiembre, octubre, noviembre y diciembre), de los cuales se obtuvieron los siguientes gráficos y resultados.

Figura 55

Diagrama de dispersión lineal directa (meses setiembre, octubre, noviembre y diciembre)



Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

Coefficiente de correlación: $r = 0,72$

El $r = 0,72$ nos indica que existe una relación alta positiva entre la Tmax SENAHMI y la Tmax vivienda prototipo, r varía desde -1 a 1 , cuando esta entre -1 a 0 y 0 a 1 la relación es alta mientras que si la tendencia es a 0 la relación será baja.

Coefficiente de determinación: $r^2 = 0.5138 = 51.38\%$

El 51.38% de la Tmax SENAMHI se debe a la Tmax de la vivienda prototipo

Coefficiente de regresión:

$a = 9.30$, intersección con el eje y

$b = -0.23$, pendiente



por cada grado que disminuya en la vivienda prototipo, la temperatura de SENAMHI disminuirá en -0.23

Ecuación de la recta de regresión:

$$y = a + bx$$

$$y = 9.30 - 0.23x$$

Con la siguiente ecuación se calculará la estimación para los meses de mayo, junio, julio y agosto con el respectivo error estándar

Error Estándar de estimación: $S_{xy} = 2.21$

cada vez que se realice una estimación de la Tmax SENAMHI, en base a la Tmax de la vivienda prototipo, se generara un error de estimación de 2.21 °C

Tabla 55*Estimación de la temperatura del mes de mayo*

DIA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C) SENAMHI	TEMPERATURA (°C) ESTIMACIÓN PUNTUAL VIVIENDA PROTOTIPO	TEMPERATURA (°C) ERROR ESTÁNDAR DE ESTIMACIÓN	TEMPERATURA (°C) ERROR ESTÁNDAR DE ESTIMACIÓN
			Y-Sxy	Y+Sxy
01/05/2021	-12.6	12.2	10.0	14.4
02/05/2021	-9.2	11.4	9.2	13.6
03/05/2021	-13.2	12.4	10.1	14.6
04/05/2021	-8.6	11.3	9.1	13.5
05/05/2021	-6.4	10.8	8.6	13.0
06/05/2021	-5.8	10.6	8.4	12.9
07/05/2021	-6.4	10.8	8.6	13.0
08/05/2021	-3	10.0	7.8	12.2
09/05/2021	-5.2	10.5	8.3	12.7
10/05/2021	-7.2	11.0	8.8	13.2
11/05/2021	-6.8	10.9	8.7	13.1
12/05/2021	-2.6	9.9	7.7	12.1
13/05/2021	-4	10.2	8.0	12.4
14/05/2021	-8.2	11.2	9.0	13.4
15/05/2021	-5.6	10.6	8.4	12.8
16/05/2021	-9.2	11.4	9.2	13.6
17/05/2021	-8.6	11.3	9.1	13.5
18/05/2021	-7.6	11.1	8.8	13.3
19/05/2021	-9.6	11.5	9.3	13.7
20/05/2021	-10.2	11.7	9.4	13.9
21/05/2021	-11.6	12.0	9.8	14.2
22/05/2021	-16	13.0	10.8	15.2
23/05/2021	-13.6	12.4	10.2	14.7
24/05/2021	-5.6	10.6	8.4	12.8
25/05/2021	-7.6	11.1	8.8	13.3
26/05/2021	0.4	9.2	7.0	11.4
27/05/2021	-0.4	9.4	7.2	11.6
28/05/2021	-5.6	10.6	8.4	12.8
29/05/2021	-7.2	11.0	8.8	13.2
30/05/2021	-6.6	10.8	8.6	13.0
31/05/2021	-8	11.1	8.9	13.4

Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

Tabla 56

Estimación de la temperatura del mes de junio

DIA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C) SENAMHI	TEMPERATURA (°C) ESTIMACIÓN PUNTUAL VIVIENDA PROTOTIPO	TEMPERATURA (°C) ERROR ESTÁNDAR DE ESTIMACIÓN	TEMPERATURA (°C) ERROR ESTÁNDAR DE ESTIMACIÓN
			Y-Sxy	Y+Sxy
01/06/2021	-8.6	11.3	9.1	13.5
02/06/2021	-13.6	12.4	10.2	14.7
03/06/2021	-12.2	12.1	9.9	14.3
04/06/2021	-7	10.9	8.7	13.1
05/06/2021	-6.6	10.8	8.6	13.0
06/06/2021	-9.8	11.6	9.4	13.8
07/06/2021	-8.2	11.2	9.0	13.4
08/06/2021	-12	12.1	9.9	14.3
09/06/2021	-7	10.9	8.7	13.1
10/06/2021	-14.6	12.7	10.5	14.9
11/06/2021	-14	12.5	10.3	14.7
12/06/2021	-16.2	13.0	10.8	15.3
13/06/2021	-12.4	12.2	10.0	14.4
14/06/2021	-12.2	12.1	9.9	14.3
15/06/2021	-11.2	11.9	9.7	14.1
16/06/2021	-9.2	11.4	9.2	13.6
17/06/2021	-8.2	11.2	9.0	13.4
18/06/2021	-9.8	11.6	9.4	13.8
19/06/2021	-10.2	11.7	9.4	13.9
20/06/2021	-10.4	11.7	9.5	13.9
21/06/2021	-9.6	11.5	9.3	13.7
22/06/2021	-9.2	11.4	9.2	13.6
23/06/2021	-8.6	11.3	9.1	13.5
24/06/2021	-15.2	12.8	10.6	15.0
25/06/2021	-15.6	12.9	10.7	15.1
26/06/2021	-10.8	11.8	9.6	14.0
27/06/2021	-10	11.6	9.4	13.8
28/06/2021	-5	10.5	8.2	12.7
29/06/2021	-12.4	12.2	10.0	14.4
30/06/2021	-14.6	12.7	10.5	14.9

Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

Tabla 57

Estimación de la temperatura del mes de junio

DIA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C) SENAMHI	TEMPERATURA (°C) ESTIMACIÓN PUNTUAL VIVIENDA PROTOTIPO	TEMPERATURA (°C) ERROR ESTÁNDAR DE ESTIMACIÓN	TEMPERATURA (°C) ERROR ESTÁNDAR DE ESTIMACIÓN
			Y-Sxy	Y+Sxy
01/07/2021	-14.2	12.6	10.4	14.8
02/07/2021	-16	13.0	10.8	15.2
03/07/2021	-17.2	13.3	11.1	15.5
04/07/2021	-16.4	13.1	10.9	15.3
05/07/2021	-15.4	12.9	10.6	15.1
06/07/2021	-15	12.8	10.6	15.0
07/07/2021	-14.2	12.6	10.4	14.8
08/07/2021	-12	12.1	9.9	14.3
09/07/2021	-11.8	12.0	9.8	14.2
10/07/2021	-12.6	12.2	10.0	14.4
11/07/2021	-11.8	12.0	9.8	14.2
12/07/2021	-11.2	11.9	9.7	14.1
13/07/2021	-9.8	11.6	9.4	13.8
14/07/2021	-6	10.7	8.5	12.9
15/07/2021	-8.8	11.3	9.1	13.5
16/07/2021	-10	11.6	9.4	13.8
17/07/2021	-13.6	12.4	10.2	14.7
18/07/2021	-12.6	12.2	10.0	14.4
19/07/2021	-8.4	11.2	9.0	13.5
20/07/2021	-6	10.7	8.5	12.9
21/07/2021	-12.6	12.2	10.0	14.4
22/07/2021	-10.2	11.7	9.4	13.9
23/07/2021	-9.4	11.5	9.3	13.7
24/07/2021	-10.2	11.7	9.4	13.9
25/07/2021	-4.6	10.4	8.2	12.6
26/07/2021	-9.2	11.4	9.2	13.6
27/07/2021	-10.4	11.7	9.5	13.9
28/07/2021	-8.8	11.3	9.1	13.5
29/07/2021	-9	11.4	9.2	13.6
30/07/2021	-8.2	11.2	9.0	13.4
31/07/2021	-8	11.1	8.9	13.4

Fuente: Elaborado por los tesis de la investigación

Tabla 58*Estimación de la temperatura del mes de agosto*

DIA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C) SENAMHI	TEMPERATURA (°C) ESTIMACIÓN PUNTUAL VIVIENDA PROTOTIPO	TEMPERATURA (°C) ERROR ESTÁNDAR DE ESTIMACIÓN	TEMPERATURA (°C) ERROR ESTÁNDAR DE ESTIMACIÓN
			Y-Sxy	Y+Sxy
01/08/2021	-10.2	11.7	9.4	13.9
02/08/2021	-2.2	9.8	7.6	12.0
03/08/2021	-6.8	10.9	8.7	13.1
04/08/2021	-1	9.5	7.3	11.7
05/08/2021	-9.2	11.4	9.2	13.6
06/08/2021	-13	12.3	10.1	14.5
07/08/2021	-11.8	12.0	9.8	14.2
08/08/2021	-9.6	11.5	9.3	13.7
09/08/2021	-11	11.8	9.6	14.1
10/08/2021	-10	11.6	9.4	13.8
11/08/2021	-10.4	11.7	9.5	13.9
12/08/2021	-8.6	11.3	9.1	13.5
13/08/2021	-10.2	11.7	9.4	13.9
14/08/2021	-15.4	12.9	10.6	15.1
15/08/2021	-9.4	11.5	9.3	13.7
16/08/2021	-13.2	12.4	10.1	14.6
17/08/2021	-15.2	12.8	10.6	15.0
18/08/2021	-13.6	12.4	10.2	14.7
19/08/2021	-13.2	12.4	10.1	14.6
20/08/2021	-12.6	12.2	10.0	14.4
21/08/2021	-12	12.1	9.9	14.3
22/08/2021	-12.6	12.2	10.0	14.4
23/08/2021	-13.6	12.4	10.2	14.7
24/08/2021	-9.6	11.5	9.3	13.7
25/08/2021	-5.2	10.5	8.3	12.7
26/08/2021	-11.4	11.9	9.7	14.1
27/08/2021	-5.2	10.5	8.3	12.7
28/08/2021	-8	11.1	8.9	13.4
29/08/2021	-6.2	10.7	8.5	12.9
30/08/2021	-12.2	12.1	9.9	14.3
31/08/2021	-13.2	12.4	10.1	14.6

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

4.9. CONTRASTE DE HIPÓTESIS

Para la hipótesis planteada: Las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu cumplen con las condiciones establecidas en la norma E.070.

Según los resultados del ítem 4.2.1 con respecto a su propiedad física *variación dimensional* los bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu están debajo de los porcentajes permitidos por la norma E.070 por lo tanto, se valida la hipótesis planteada.

Según los resultados del ítem 4.2.2 con respecto a su propiedad física *alabeo* los bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu están debajo de los valores permitidos por la norma E.070 por lo tanto, se valida la hipótesis planteada.

Según los resultados del ítem 4.2.3 con respecto a su propiedad física *absorción* los bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu están por encima de los valores permitidos por la norma E.070 por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada.

Según los resultados del ítem 4.3.1 con respecto a su propiedad mecánica *resistencia a compresión* de los bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu, para contrastar la hipótesis establecida se plantea una hipótesis nula y una alternativa la que se detalla a continuación:

Mezcla 1

Redacción de la hipótesis

H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 1 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 1 se clasifica como bloque portante. Es decir $H_0: \mu \geq 50$.



H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 1 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 1 no se clasifica como bloque portante. Es decir $H_a: \mu < 50$.

Teniendo: nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$

Prueba

Si el P valor (Sig.) $\geq \alpha \rightarrow$ aceptar H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 1 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 1 se clasifica como bloque portante.

Si el P valor (Sig.) $< \alpha \rightarrow$ aceptar H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 1 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 1 no se clasifica como bloque portante.

Numero de muestras	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para m
6	20.31	1.3	0.531	21.379

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu \geq 50$
Hipótesis alterna	$H_a: \mu < 50$
Valor T	Valor P
-55.94	0.00000

Conclusión: Rechazamos la hipótesis nula $H_0: \mu \geq 50$ y aceptamos la hipótesis alterna $H_a: \mu < 50$ por tanto, el bloque resultante de la mezcla 1 no se clasifica como bloque portante.

Mezcla 2

Redacción de la hipótesis

H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 2 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 2 se clasifica como bloque portante. Es decir $H_0: \mu \geq 50$.

H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 2 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 2 no se clasifica como bloque portante. Es decir $H_a: \mu < 50$.

Teniendo: nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$

Prueba

Si el P valor (Sig.) $\geq \alpha \rightarrow$ aceptar H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 2 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 2 se clasifica como bloque portante.

Si el P valor (Sig.) $< \alpha \rightarrow$ aceptar H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 2 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 2 no se clasifica como bloque portante.

Numero de muestras	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para m
6	91.84	1.07	0.437	92.72

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu \geq 50$
Hipótesis alterna	$H_a: \mu < 50$
Valor T	Valor P
95.78	1.00000



Conclusión: Aceptamos la hipótesis nula $H_0: \mu \geq 50$ y rechazamos la hipótesis alterna $H_a: \mu < 50$ por tanto, el bloque resultante de la mezcla 2 se clasifica como bloque portante.

Mezcla 3

Redacción de la hipótesis

H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 3 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 3 se clasifica como bloque portante. Es decir $H_0: \mu \geq 50$.

H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 3 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 3 no se clasifica como bloque portante. Es decir $H_a: \mu < 50$.

Teniendo: nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$

Prueba

Si el P valor (Sig.) $\geq \alpha \rightarrow$ aceptar H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 3 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 3 se clasifica como bloque portante.

Si el P valor (Sig.) $< \alpha \rightarrow$ aceptar H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 3 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 3 no se clasifica como bloque portante.

Numero de muestras	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para m
6	116.3	2	0.816	117.945

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu \geq 50$
Hipótesis alterna	$H_a: \mu < 50$
Valor T	Valor P
81.2	1.00000

Conclusión: Aceptamos la hipótesis nula $H_0: \mu \geq 50$ y rechazamos la hipótesis alterna $H_a: \mu < 50$ por tanto, el bloque resultante de la mezcla 3 se clasifica como bloque portante.

Mezcla 4

Redacción de la hipótesis

H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 4 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 4 se clasifica como bloque portante. Es decir $H_0: \mu \geq 50$.

H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 4 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 4 no se clasifica como bloque portante. Es decir $H_a: \mu < 50$.

Teniendo: nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$

Prueba

Si el P valor (Sig.) $\geq \alpha \rightarrow$ aceptar H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 4 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 4 se clasifica como bloque portante.

Si el P valor (Sig.) $< \alpha \rightarrow$ aceptar H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 4 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 4 no se clasifica como bloque portante.

Numero de muestras	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para m
6	50.26	1.43	0.584	51.436

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu \geq 50$
Hipótesis alterna	$H_a: \mu < 50$
Valor T	Valor P
0.45	0.66300

Conclusión: Aceptamos la hipótesis nula $H_0: \mu \geq 50$ y rechazamos la hipótesis alterna $H_a: \mu < 50$ por tanto, el bloque resultante de la mezcla 4 se clasifica como bloque portante.

Mezcla 5

Redacción de la hipótesis

H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 5 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 5 se clasifica como bloque portante. Es decir $H_0: \mu \geq 50$.

H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 5 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 5 no se clasifica como bloque portante. Es decir $H_a: \mu < 50$.

Teniendo: nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$

Prueba

Si el P valor (Sig.) $\geq \alpha \rightarrow$ aceptar H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 5 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 5 se clasifica como bloque portante.

Si el P valor (Sig.) $< \alpha \rightarrow$ aceptar H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 5 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 5 no se clasifica como bloque portante.



Numero de muestras	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para m
6	169.19	1.41	0.576	170.35

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu \geq 50$
Hipótesis alterna	$H_a: \mu < 50$
Valor T	Valor P
207.06	1.00000

Conclusión: Aceptamos la hipótesis nula $H_0: \mu \geq 50$ y rechazamos la hipótesis alterna $H_a: \mu < 50$ por tanto, el bloque resultante de la mezcla 5 se clasifica como bloque portante.

Mezcla 6

Redacción de la hipótesis

H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 6 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 6 se clasifica como bloque portante. Es decir $H_0: \mu \geq 50$.

H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 6 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 6 no se clasifica como bloque portante. Es decir $H_a: \mu < 50$.

Teniendo: nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$

Prueba

Si el P valor (Sig.) $\geq \alpha \rightarrow$ aceptar H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 6 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 6 se clasifica como bloque portante.

Si el P valor (Sig.) $< \alpha \rightarrow$ aceptar H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 6 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 6 no se clasifica como bloque portante.

Numero de muestras	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para m
6	77.49	1.85	0.755	79.012

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu \geq 50$
Hipótesis alterna	$H_a: \mu < 50$
Valor T	Valor P
36.4	1.00000

Conclusión: Aceptamos la hipótesis nula $H_0: \mu \geq 50$ y rechazamos la hipótesis alterna $H_a: \mu < 50$ por tanto, el bloque resultante de la mezcla 6 se clasifica como bloque portante.

Mezcla 7

Redacción de la hipótesis

H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 7 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 7 se clasifica como bloque portante. Es decir $H_0: \mu \geq 50$.

H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 7 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 7 no se clasifica como bloque portante. Es decir $H_a: \mu < 50$.

Teniendo: nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$

Prueba

Si el P valor (Sig.) $\geq \alpha \rightarrow$ aceptar H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 7 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 7 se clasifica como bloque portante.

Si el P valor (Sig.) $< \alpha \rightarrow$ aceptar H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 7 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 7 no se clasifica como bloque portante.



Numero de muestras	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para m
6	61.67	1.66	0.678	63.036

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu \geq 50$

Hipótesis alterna $H_a: \mu < 50$

Valor T **Valor P**

17.22 1.00000

Conclusión: Aceptamos la hipótesis nula $H_0: \mu \geq 50$ y rechazamos la hipótesis alterna $H_a: \mu < 50$ por tanto, el bloque resultante de la mezcla 7 se clasifica como bloque portante.

Mezcla 8

Redacción de la hipótesis

H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 8 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 8 se clasifica como bloque portante. Es decir $H_0: \mu \geq 50$.

H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 8 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 8 no se clasifica como bloque portante. Es decir $H_a: \mu < 50$.

Teniendo: nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$

Prueba

Si el P valor (Sig.) $\geq \alpha \rightarrow$ aceptar H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 8 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 8 se clasifica como bloque portante.

Si el P valor (Sig.) $< \alpha \rightarrow$ aceptar H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 8 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 8 no se clasifica como bloque portante.



Numero de muestras	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para m
6	27.49	1.23	0.502	28.502

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu \geq 50$
Hipótesis alterna	$H_a: \mu < 50$
Valor T	Valor P
-44.83	0.00000

Conclusión: Rechazamos la hipótesis nula $H_0: \mu \geq 50$ y aceptamos la hipótesis alterna $H_a: \mu < 50$ por tanto, el bloque resultante de la mezcla 8 no se clasifica como bloque portante.

Mezcla 9

Redacción de la hipótesis

H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 9 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 9 se clasifica como bloque portante. Es decir $H_0: \mu \geq 50$.

H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 9 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 9 no se clasifica como bloque portante. Es decir $H_a: \mu < 50$.

Teniendo: nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$

Prueba

Si el P valor (Sig.) $\geq \alpha \rightarrow$ aceptar H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 9 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 9 se clasifica como bloque portante.

Si el P valor (Sig.) $< \alpha \rightarrow$ aceptar H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 9 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 9 no se clasifica como bloque portante.



Numero de muestras	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para m
6	17.74	1.47	0.6	18.949

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu \geq 50$
Hipótesis alterna	$H_a: \mu < 50$
Valor T	Valor P
-53.76	0.00000

Conclusión: Rechazamos la hipótesis nula $H_0: \mu \geq 50$ y aceptamos la hipótesis alterna $H_a: \mu < 50$ por tanto, el bloque resultante de la mezcla 9 no se clasifica como bloque portante.

Mezcla 10

Redacción de la hipótesis

H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 10 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 10 se clasifica como bloque portante. Es decir $H_0: \mu \geq 50$.

H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 10 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 10 no se clasifica como bloque portante. Es decir $H_a: \mu < 50$.

Teniendo: nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$

Prueba

Si el P valor (Sig.) $\geq \alpha \rightarrow$ aceptar H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 10 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 10 se clasifica como bloque portante.

Si el P valor (Sig.) $< \alpha \rightarrow$ aceptar H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 10 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 10 no se clasifica como bloque portante.



Numero de muestras	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para m
6	75.85	1.76	0.719	77.298

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu \geq 50$
Hipótesis alterna	$H_a: \mu < 50$
Valor T	Valor P
35.98	1.00000

Conclusión: Aceptamos la hipótesis nula $H_0: \mu \geq 50$ y rechazamos la hipótesis alterna $H_a: \mu < 50$ por tanto, el bloque resultante de la mezcla 10 se clasifica como bloque portante.

Mezcla 11

Redacción de la hipótesis

H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 11 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 11 se clasifica como bloque portante. Es decir $H_0: \mu \geq 50$.

H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 11 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 11 no se clasifica como bloque portante. Es decir $H_a: \mu < 50$.

Teniendo: nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$

Prueba

Si el P valor (Sig.) $\geq \alpha \rightarrow$ aceptar H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 11 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 11 se clasifica como bloque portante.

Si el P valor (Sig.) $< \alpha \rightarrow$ aceptar H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 11 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 11 no se clasifica como bloque portante.



Numero de muestras	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para m
6	72.3	2.26	0.923	74.159

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu \geq 50$
Hipótesis alterna	$H_a: \mu < 50$
Valor T	Valor P
24.17	1.00000

Conclusión: Aceptamos la hipótesis nula $H_0: \mu \geq 50$ y rechazamos la hipótesis alterna $H_a: \mu < 50$ por tanto, el bloque resultante de la mezcla 11 se clasifica como bloque portante.

Mezcla 12

Redacción de la hipótesis

H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 12 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 12 se clasifica como bloque portante. Es decir $H_0: \mu \geq 50$.

H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 12 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 12 no se clasifica como bloque portante. Es decir $H_a: \mu < 50$.

Teniendo: nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$

Prueba

Si el P valor (Sig.) $\geq \alpha \rightarrow$ aceptar H_0 : la resistencia a la compresión de la mezcla 12 supera los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto el bloque resultante de la mezcla 12 se clasifica como bloque portante.

Si el P valor (Sig.) $< \alpha \rightarrow$ aceptar H_a : la resistencia a la compresión de la mezcla 12 es menor a los valores mínimos establecidos para bloques portantes (50kg/cm²) por tanto, el bloque resultante de la mezcla 12 no se clasifica como bloque portante.

Numero de muestras	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para m
6	147.21	2.46	1	149.23

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu \geq 50$
Hipótesis alterna	$H_a: \mu < 50$
Valor T	Valor P
96.79	1.00000

Conclusión: Aceptamos la hipótesis nula $H_0: \mu \geq 50$ y rechazamos la hipótesis alterna $H_a: \mu < 50$ por tanto, el bloque resultante de la mezcla 12 se clasifica como bloque portante.

Para la hipótesis planteada: La variación térmica en °C en el interior de la vivienda prototipo construida con los bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu presentan temperaturas confortables para el habitante del centro poblado Chullunquiani en comparación con una vivienda rural típica de la zona.

De acuerdo a los resultados de la evaluación térmica de la vivienda prototipo y vivienda rural típica se observó que la variación de temperatura máximas y mínimas fueron los siguientes, setiembre $\Delta T_{max} = 7.2 \text{ }^\circ\text{C}$ y $\Delta T_{min} = 8.9 \text{ }^\circ\text{C}$; octubre $\Delta T_{max} = 7.7 \text{ }^\circ\text{C}$ y $\Delta T_{min} = 8.3 \text{ }^\circ\text{C}$; noviembre $\Delta T_{max} = 7.6 \text{ }^\circ\text{C}$ y $\Delta T_{min} = 7.3 \text{ }^\circ\text{C}$ y diciembre $\Delta T_{max} = 7.6 \text{ }^\circ\text{C}$ y $\Delta T_{min} = 6.5 \text{ }^\circ\text{C}$. Se observa que existe una variación de temperatura significativa en la vivienda prototipo y vivienda rural típica mejorando así las condiciones de confort térmico. Además, se ha determinado la temperatura dentro de la vivienda prototipo con un máximo de 22.2°C y mínimo de 10.1°C, donde la temperatura máxima



está por encima de temperatura mínima base de confort 17°C. Por lo cual se valida la hipótesis.

Para la hipótesis planteada: 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 presupuesto estimado para la construcción de la vivienda rural construida con bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu es S/ 26,687.64, en comparación con los presupuestos del PNVR del “Casas calientes: Sumaq Wasi” que tiene un valor promedio de S/ 30,000.00 y el Proyecto “MEJORAMIENTO DE VIVIENDA RURAL EN LOS CENTROS POBLADOS CHULLUNQUIANI Y PROVIDENCIA - DISTRITO DE SANTA ROSA - PROVINCIA DE EL COLLAO - DEPARTAMENTO DE PUNO” que tiene un presupuesto de total de S/ 1 824 933.88 para 61 beneficiarios, que por beneficiario asciende a un valor de s/ 29,916.94, es decir que el presupuesto de la propuesta técnica de la presente investigación es menor a los proyectos mencionados. Por lo cual se valida la hipótesis.

4.10. DISCUSIÓN

Tabla 59

Clasificación 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
Largo (400 mm)	-0.24	-0.25	-	-	-	-	-	-	-	-0.31	-0.31	-0.29
Variación de la dimensión VD (%)	2.35	-1.45	-	-	-	-	-	-	-	-1.80	-1.80	-1.62
Altura (195 mm)	1.80	1.80	1.41	1.87	1.72	1.41	1.46	1.54	1.65	1.74	1.74	1.63
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
Alabeo (mm) 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/cm²)	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 calificada	Portante	Portante	No portante	Portante	Portante	Portante	Portante	No portante	No portante	Portante	Portante

Fuente: Elaborado por los tesisistas de la investigación

Nota: La tabla 59 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.

Tabla 60

Comparación de resultados obtenidos en investigaciones anteriores.

Título de 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 a 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 Pórtland	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 a ser utilizados en la construcción de paredes en viviendas y este es un material durable y competitivo, que cuenta con propiedades físicas y mecánicas adecuadas.	-	-	20.8	Cevallos, 2011
Estudio del comportamiento 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	5 - 35	1.3 - 7.4	75 - 85	GOST 19222-2019
	Hormigones ligeros a base de áridos orgánicos de origen vegetal. Especificaciones	7.5 - 35	-	-	GOST R 54854-2011
Investigación actual	Bloques de cemento añadidos con fibras de Stipa Ichu	61.62	12.81	36.66	Ccopa, W & Poma A.

Fuente: Elaboración equipo de trabajo.

Nota: La Tabla 60 muestra resultados de investigaciones anteriores y la investigación actual detallando los valores de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y absorción, donde se muestra que el bloque propuesto alcanza valores superiores respecto a (Hermosilla, 2006) y (Cevallos, 2011) con $f'_b = 61.62 \text{ kg/cm}^2$, $f'_t = 12.81 \text{ kg/cm}^2$ y un valor promedio en absorción de 36.66% respecto a la norma alemana (GOST 19222-2019.)

Tabla 61

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

Fuente: Elaboración equipo de trabajo.

Discusión: La Tabla 61, muestra los modelos de investigaciones anteriores y la investigación actual obtenido la ecuación de regresión lineal $y = -0.23x + 9.3$, con el cual se determinó las temperaturas para los meses de mayo, junio, julio y agosto, de donde se puede inferir que la investigación actual tiene mucha similitud con las investigaciones anteriores, por lo que la construcción de la vivienda prototipo muestra confort térmico.



V. CONCLUSIONES

Respecto al objetivo general se realizó la propuesta técnica para la construcción de la vivienda rural térmica empleando los bloques de cemento adicionados con fibras de Stipa Ichu. Los bloques de cemento y Stipa Ichu 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. Para el diseño de la vivienda propuesta se ha seguido los lineamientos de diseño establecidos por la guía de tipologías de vivienda rural del MVCS en lo que respecta a emplazamiento, diseño y expansión.

Del primer objetivo específico concluimos que los bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu respecto a sus propiedades físicas y mecánicas cumplen con los requerimientos mínimos que se establecen en la norma E.070, obteniendo los siguientes resultados para bloques fabricados a partir de la mezcla óptima; resistencia a compresión (61.62 kg/cm^2), resistencia a la flexión (11.23 kg/cm^2) 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 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 de 22.91% a las 5 horas y 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%).

Del segundo objetivo específico 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 $\Delta T_{min} = 6.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente. Entonces concluimos que las temperaturas en el interior de la vivienda prototipo construido con bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa Ichu es confortable y agradable para el habitante del centro poblado Chullunquiani.

Del tercer objetivo concluimos que 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. el cual se logró luego de optimizar la mezcla considerando las diferentes propiedades físicas y mecánicas que debe alcanzar el bloque.



VI. RECOMENDACIONES

Evaluar el comportamiento de bloques de Stipa Ichu con la mineralización de cloruro de magnesio ($MgCl_2$), silicato de potasio (K_2SiO_3) y cloruro de calcio ($CaCl_2$), para poder mejorar la adherencia con el cemento.

Evaluar la durabilidad de los bloques de Stipa ichu sometidos a condiciones de hielo, deshielo y sales.

Diseñar y evaluar paneles de fibrocemento a base de ichu y cemento como un material de construcción en muros divisorios.

Evaluar el comportamiento sísmico de un prototipo de vivienda construida con los bloques de cemento adicionado con fibras de Stipa ichu.

Realizar nuevas aplicaciones y usos que se le puede dar a las fibras de Stipa Ichu añadidas con cemento para la elaboración paneles decorativos para el uso en el cielo raso.

Diseñar y evaluar bloques de fibrocemento a base de aserrín y cemento como un material de construcción en edificaciones



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del Concreto (Teoría y problemas)*. Segunda Edición. Lima, Peru.
- Albarracín, K., Jaramillo, L., & Albuja, M. (2015). *Obtención de Bioetanol Anhidro a Partir de Paja (Stipa ichu)*. *Revista Politécnica*, 36(2), 4. Retrieved from <https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen36/tomo2/ObtenciondeBioetanolAnhidroaPartirdePaja.pdf>
- Acero, N. (2016). *Evaluación y Diseño de Vivienda Rural Bioclimática en la Comunidad Campesina de Ccopachullpa del Distrito de Ilave*. Puno: Tesis de la Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.
- Álvarez, A.; García, E. (2012). *Aprovechamiento integral de los materiales lignocelulósicos*. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. Recuperado en https://www.researchgate.net/publication/283334651_APROVECHAMIENTO_INTEGRAL_DE_LOS_MATERIALES_LIGNOCELULOSICOS
- Atahuachi, G. & 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*. [Título profesional, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/11138>
- Beraldo, A. (2012). *Aprovechamiento de residuos agro-industriales como fuente sostenible de materiales de construcción*. Ed. Rev. Brasil. Editorial Universitat Politècnica de València. 326 p.
- 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-la-politica-de-Vivienda-Rural1.pdf>
- Cerrón, R. (2009). *Influencia de la geometría de partículas de los residuos provenientes del aserrío con cierra circular y de banda de Eucaliptus globulus Labill en la fabricación de tableros aglomerados con cemento*. Tesis Ingeniero Forestal. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Cevallos, M. 2011. *Elaboración de Paneles Ligeros a Base de Bagazo de Caña de Azúcar Aglomerado con Cemento Pórtland*. Maestría en construcción civil y desarrollo sustentable. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/7709>
- Chávez Menacho, I. (2016). *Stipa ichu como alternativa local en el cultivo de pleurotus ostreatus (jacquin ex fr.) kummer*. Cusco, Peru: Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/1782>
- Comino, P., Saint, J., & Vetrotex, G. (2014). *El GRC Material Compuesto de Matriz Cementicia reforzado Con fibra de Vidrio AR*. 1–19.
- Council, I., & Standardization, F. O. R. (2012). *GOST R 54854-2011 Hormigones ligeros*



- a base de áridos orgánicos de origen vegetal. Especificaciones.*
- Council, I., & Standardization, F. O. R. (2019). *GOST 19222-2019 Arbolit y sus productos. Especificaciones generales.*
- Covarrubias, M. (2012). *Determinación de estándares de confort térmico para personas que habitan en clima tropical sub-húmedo.* Universidad Internacional de Andalucía.
- De Arquitectura, H. (2022, 12 marzo). *Cubiertas de paja, de caña o de palma.* HUELLAS DE ARQUITECTURA. <https://huellasdearquitectura.com/2017/04/10/cubiertas-de-paja-de-cana-o-de-palma/>
- De, H., De Seguridad, D., Químico, N., De, S., Solución, A., & Al, F. Q. (n.d.). *SULFATO DE ALUMINIO LIQUIDO Seguridad e Higiene Sección I Datos Generales Sección II Datos de la Sustancia Sección III Identificación de la Sustancia.* 4–7.
- Díaz V, J., Calderon G, C., Flores L, J., & Perez C, D. (2019). *Artículo mejoramiento de la propiedades mecánicas del concreto con fibra de cañamo en obras de pavimento rígido en el distrito de El Tambo.*
- Fumo, N., Mago, P., Luck, R., 2010. *Methodology to estimate building energy consumption using EnergyPlus Benchmark Models.* Energy Build. 42, 2331–2337.
- Galindo, G. (2018). *Determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio granulado tipo b en la planta de tratamiento de agua potable Yurajhuanca – Emapa Pasco.* Repositorio.Undac.Edu.Pe, 138. Retrieved from <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/347>
- Gallegos, H. & Casabonne, C. (2005). *Albañilería estructural* (P. U. C. del Perú, Ed.).
- Gamarra, L. F. (2016). *Aptitud de las fibras del mesocarpio de la palma aceitera (elaeis guineensis jacq.) para la elaboración de tableros fibrocemento.* [Título profesional, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2643>
- Gómez-Azpeitia, G., Morales, G. B., & Torres, R. P. R. (2013). *El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados/Thermal comfort: two confronted theoretical focuses.* Palapa, 2(1), 45–57. Retrieved from <http://revistasacademicas.ucol.mx/index.php/palapa/article/view/43>
- González, M., Astudillo, J., Bozo, A., & Silva, R. (2007). *Fibrocemento Utilizando Fibras De Rastrojos De Trigo.* Retrieved from https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120363/141916_C2_B25-ESTUDIO_EXPERIMENTAL_DE_UN_MATERIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gutiérrez Pulido, H., & V. S. (2012). *Análisis y diseño de experimentos.*
- Hernández, & Mendoza. (2018). *Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta.* In *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* Retrieved from <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández->



Metodología de la investigación.pdf

- Herrera, A. 2014. *Diseño de mezcla de Concreto Celular con desechos de cascara de arroz y microsílíce*. Trabajo Especial de Grado para obtener el Título de ingeniería Civil. Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño. Puerto Ordaz, Venezuela
- INEI. (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*.
- INEI, L. enciclopedia libre. (2018). Departamento de Puno. Wikipedia, 12. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Puno
- Iza Tutillo, G. (2017). Caracterización mecánica del material compuesto de matriz epoxi reforzada con fibra vegetal (algodon) y fibra natural de stipa ichu (pasto de paramo) con secado natural y precocido para determinar propiedades mecanicas en la fabricación de elementos livia. *Repo.Uta.Edu.Ec*, (1), 130. Retrieved from <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>
- Jauregui, M. (2017). *APTITUD DE LAS FIBRAS DEL MESOCARPIO DE LA PALMA ACEITERA (Elaeis guineensis Jacq.) PARA LA ELABORACIÓN DE TABLEROS FIBROCEMENTO*. 100.
- Juárez, C. 2002. *Concreto base cemento Portland reforzados con fibras naturales (Agave lechuguilla), como material para construcción en México*. Tesis Ingeniero Mecánico. San Nicolás de los Garza, MX. Universidad Autónoma de Nuevo León. 320 p
- Karade, S. (2020, November 26). *Usos del cáñamo en la construcción* - Avatar Energía, blog de Energías Renovables. Avatar Energía, Blog de Energías Renovables; avatarenergia.com. <https://avatarenergia.com/usos-del-canamo-en-la-construccion/>
- Lozano, L. A., Sanchez, D. E. M., Porras, P., Para, Í., & Estimación, L. A. (2015). *SENAMHI INDICE PARA LA ESTIMACION DE LA RIGUROSIDAD DE LA TEMPORADA DE BAJAS TEMPERATURAS EN LA REGIÓN ANDINA DEL PERÚ*. 18.
- Lucana, D. 2008. *Diseño de un molde para la fabricación de probetas de materiales compuestos de matriz plástica y refuerzos de fibras naturales mediante compresión térmica*. Tesis Ingeniero Mecánico. Lima, PE. Pontificia Universidad Católica del Perú. 111 p.
- Macía, M. 2006. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia
- Mamani, E., & Pinazo, L. roscio. (2020). “Eficiencia de una vivienda construida con tabiquería bioclimática a base del Stipa ichu y Festuca dolichophylla presl para mejorar el confort térmico de la zona de Chillapalca, San Antonio de Putina, de la región Puno-2018” (Univerdida Nacional del Altiplano). Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15745>
- Mamani, G., Garcia, A., & Durand, F. (2013). Manejo y utilización de praderas naturales en la zona altoandina. *Ministerio de Agricultura y Riego*, 101. Retrieved from



- <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/755>
- MAYTA HUIZA, F. (2010). *Cultivo y manejo de Pastos. Moquegua*, Peru: Universidad José Carlos Mariátegui.
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (n.d.). *Unidades de albañilería bloques de concreto para uso estructural*.
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2021). *Anexo N° 1: Guia de Tipologías de Vivienda Rural*.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica de Diseño de Opciones Tecnológicas de Saneamiento Rural*. 5–193. Retrieved from www.vivienda.gob.pe
- Molina, J. O. (2018). “*Uso del programa Energyplus para la simulación del consumo energético de un módulo bioclimático ubicado en Imata, Arequipa a 4519 msnm*” (Universidad Nacional de Ingeniería). Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12390/1711>
- Moncloa, G. C. (2018). Un sistema aislante para la vivienda alto andina fabricado con materiales reciclados. *Módulo de Arquitectura-CUC*, 18(1), 73–90. <https://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.18.1.2017.04>
- Mora Rodríguez, L., Álvarez García, E., & Hernández González, J. F. (2009). Determinación de propiedades mecánicas de las fibras de Bambusa Vulgaris a utilizar en tableros prensados. *Revista Ingeniería de Construcción*, 24(2), 153–166. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732009000200003>
- NTP-399.602 (2002) Unidades de albañilería. métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. Descargado de <https://www.inacal.gob.pe/principal> (Comisión de reglamentos técnicos y comerciales-INDECOPI)
- NTP-399.604. (2002). Unidades de albañilería. métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. Descargado de <https://www.inacal.gob.pe/principal> (Comisión de reglamentos técnicos y comerciales-INDECOPI)
- NTP-399.613. (2005). Unidades de albañilería. métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Descargado de <https://www.inacal.gob.pe/principal> (Comisión de reglamentos técnicos y comerciales-INDECOPI)
- NTP-400.006 (2005) Coordinación modular de la construcción. Bloques huecos de concreto para muros y tabiques. Medidas modulares. Descargado de <https://www.inacal.gob.pe/principal> (Comisión de reglamentos técnicos y comerciales-INDECOPI)
- ONU. (2017). *Viviendas y mejoramiento de asentamientos precarios*. Retrieved May 23, 2019, from <http://es.unhabitat.org/temas-urbanos/viviendas/>
- 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.



- Paucar, J. 2008. *Determinación de la compatibilidad de mezclas de aserrín de Pinus spp. Y cemento Portland para la potencial manufactura de tableros cemento madera*. Tesis Maestría Ciencias de Productos Forestales. Jalisco, MX. Universidad de Guadalajara. 101 p.
- Pérez, J. B., Cabanillas, R. E., Hinojosa, J. F., & Borbón, A. C. (2011). Estudio Numérico de la Resistencia Térmica en Muros de Bloques de Concreto Hueco con Aislamiento Térmico. *Informacion Tecnologica*, 22(3), 27–38. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642011000300005>
- Piatti visitó la planta de Simacon en El Alcazar – *Todo Misiones Digital*. (2021, April 30). *Todo Misiones Digital*; todomisionesdigital.com.ar. <https://todomisionesdigital.com.ar/2021/04/30/piatti-visito-la-planta-de-simacon-en-el-alcazar/>
- Reiser, J., & Wieser, M. (2016). N° 135 - *Transferencia tecnológica para la vivienda alto-andina*. (2), 10.
- Reyes, C. 2009. *Estudio del comportamiento de morteros reforzados con fibras de maíz, para componentes de viviendas de bajo coste*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, España.
- Rivva Lopez, E. (2004). *Naturaleza y Materiales del concreto* (2004th ed.; E. Rivva Lopez, Ed.). Retrieved from Rivva Lopez, Enrique
- RNE-E.070. (2006). *Norma técnica de edificaciones e.070 albañilería*. MVCS. Descargado de <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Rodríguez, L. (2014). *Elaboración de un material biocompuesto a partir de la fibra de plátano*. Tesis Ingeniero Industrial. Manizales, CO. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado en <https://fddocuments.ec/document/elaboracion-de-un-material-biocompuesto-a-partir-de-la-fibra-de-.html>
- Rojas, E. R., Hernández Mora, L. F., & Muñoz Umaña, F. D. M. (2020). *Resistencia a compresión versus tiempo de curado en concreto hidráulico a partir de cementos modificados*. *Métodos y Materiales*, 9, 1–10. <https://doi.org/10.15517/mym.v9i0.36101>
- Schwarz, M. (2017). Guía de referencia para la elaboración de una investigación aplicada. *Universidad de Lima*, 30. Retrieved from http://repositorio-anterior.ulima.edu.pe/bitstream/handle/ulima/6029/Schwarz_guia_investigacion_aplicada.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Salas, J., & Veras Castro, J. (1985). *Materiales de construcción con propiedades aislantes a base de cascara de arroz*. *Informes De La Construcción*, 37(372). <https://doi.org/10.3989/ic.1985.v37.i372.1856>
- Saldívar, V. (2005). *Estudio de tres variables en la obtención de pulpa celulósica, con proceso de alto rendimiento, a partir del tallo de arroz (Oryza sativa L.)*. Tesis Ingeniero Forestal. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de https://www.academia.edu/8052361/Estudio_de_tres_variables_en_la_obtenci%C



3%B3n_de_pulpa_celul%C3%B3sica_con_proceso_de_alto_rendimiento_a_partir_del_tallo_de_arroz_Oryza_sativa_L._

San Bartolomé, A. (1994). *Construcciones de albañilería* (P. U. C. del Perú, Ed.).

SENAMHI. (2020). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI /*

SENAMHI. (2021). *Climas del Perú Mapa de Clasificación Climática Nacional*. Ministerio del Ambiente (Vol. 53).

SENAMHI. (2021). *INFORME TECNICO “Análisis del periodo de bajas temperaturas mayo-setiembre 2021 a nivel nacional” Sub dirección de predicción climática-SPC*.

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. *Investigacion & Desarrollo*, 20(1), 215–227. <https://doi.org/10.23881/idupbo.020.1-15i>

Trejos, J. (2014). *Propiedades mecánicas de una matriz de poliéster reforzada con fibra de coco comparadas con la misma matriz reforzada con fibra de vidrio*. Tesis Ingeniero Mecánico. Pereira, CO. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado de <https://1library.co/document/qokgge7y-propiedades-mecanicas-matriz-poliester-reforzada-comparadas-matriz-reforzada.html>

UTEC & MIT. (2015). *Ichu: aislante térmico natural para combatir el friaje. desde adentro: revista de la sociedad nacional de minería, petróleo y energía*.

Valles, R. M. U. (2015). Estudio y análisis de la utilización de la cal para el patrimonio arquitectónico. *Universidad Politécnica de Valencia*, 150. Retrieved from <https://cutt.ly/dAZ2PdY>

Vidal, G., & Hormazábal, S. (2016). Las Fibras Vegetales y sus aplicaciones. *Grupo de Ingeniería y Biotecnología Ambiental (GIBA-UDEC)*, 0, 1–100.

Volpi, V. (2017). *Efecto de corrosión en concreto reforzado elaborado con desecho minero (JAL)*. [tesis de maestro en ingeniería, Benemerita Universidad Autónoma de Puebla]. Disponible en <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/141>

Walker, R., Pavia, S., & Mitchell, R. (2014). Mechanical properties and durability of hemp-lime concretes. *Construction and Building Materials*, 61, 340–348. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.02.065>



ANEXOS

ANEXO 1: CERTIFICADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

ANEXO 2: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

ANEXO 3: TEMPERATURAS ESTACIÓN MAZOCRUZ SENAMHI

ANEXO 4: DATA DE TEMPERATURAS VIVIENDA PROTOTIPO

ANEXO 5: DATA DE TEMPERATURAS VIVIENDA RURAL TÍPICA

ANEXO 6: DATOS PROCESADOS DE TEMPERATURA V. PROTOTIPO Y V.
RURAL.

ANEXO 7: DATOS DEL PROCESO DE CORRELACIÓN

ANEXO 8: PLANO DE VIVIENDA PROTOTIPO

ANEXO 9: PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE COSTOS VIVIENDA PROTOTIPO

ANEXO 10: PANEL FOTOGRÁFICO DE DEL EQUIPO DE TRABAJO

ANEXO 11: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CHULLUNQUIANI

ANEXO 12: PROPUESTA TÉCNICA DE VIVIENDA RURAL

ANEXO 13: PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE COSTOS DE LA VIVIENDA
PROPUESTA

ANEXO 14: CERTIFICADO DE POSESIÓN - EJECUCIÓN DE TESIS

ANEXO 15: CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LABORATORIO

ANEXO 16: CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS

PROPUESTA TÉCNICA DE VIVIENDA RURAL



**ANEXO 17: RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 145-2021LIQUIDACION FINAL
CONVENIO 127-2020**

ANEXO 18: FICHAS TÉCNICAS DE MATERIALES USADOS