

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Análisis comparativo de aislamiento térmico de muros de adobe, ladrillo y bloqueta, tratados con tarrajeos de suelo mejorado

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Por:

Alex Fernando Ticona Choque

Diego Joaquin Kcana Hancoccallo

Angel Frans Aliaga Ordoño

Asesor:

Ing. Ruben Fitzgerald Sosa Aquisé

Juliaca, junio de 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Ruben Fitzgerald Sosa Aquis, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE AISLAMIENTO TÉRMICO DE MUROS DE ADOBE, LADRILLO Y BLOQUETA, TRATADOS CON TARRAJEOS DE SUELO MEJORADO”** constituye la memoria que presentan los Bachilleres **Angel Frans Aliaga Ordoño, Diego Joaquin Kcana Hancoccallo y Alex Fernando Ticona Choque** para obtener el título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 23 días del mes de junio del año 2022



Ing. Ruben Fitzgerald Sosa Aquis
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 16 día(s) del mes de junio del año 2022, siendo las 15:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a) Luz. Herson Dubelky Pari Lusi

el (la) secretario(a): Luz. José Jacori Páez

y los demás miembros: Luz. Liana Beatriz

y el (la) asesor(a) Luz. Rubén Fitzguald

Aquise Pari

Sosa Aquise

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado

"Análisis comparativo de aislamiento térmico de muros de adobe, ladrillo y bloqueta, tratados con tanajeros de suelo mejorado"

del(los) bachiller(es): a) Angel Frans Aliaga Ordóñez

b) Diego Joaquín Kana Harcooccallo

c) Alex Fernando Eicona Choque

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniería Civil

(Determinación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Angel Frans Aliaga Ordóñez

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (b): Diego Joaquín Kana Harcooccallo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (c): Alex Fernando Eicona Choque

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

(Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidente/a

[Firma]
Asesor/a

[Firma]
Bachiller (a)

[Firma]
Miembro

[Firma]
Bachiller (b)

[Firma]
Secretario/a

[Firma]
Miembro

[Firma]
Bachiller (c)

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él se ha logrado concluir nuestra carrera, a nuestros padres, porque ellos siempre estuvieron a nuestro lado brindándonos su apoyo y sus consejos para hacer de nosotros una mejor persona, a nuestros hermanos por sus palabras y compañía, a nuestros amigos, compañeros, y todas aquellas personas que de una u otra manera contribuido para el logro de nuestro objetivo.

AGRADECIMIENTO

Dios, tu amor y tu bondad no tiene fin, nos permitiste sonreír ante todos nuestros logros que han sido resultado de tu ayuda, y cuando hemos caído, aprendimos de nuestros errores y nos dimos cuenta de lo que nos pones en frente nuestro es para mejorar como debemos ser y en cierta forma crecer en distintos aspectos.

Nuestro trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y agradecemos a nuestros padres, y no cesan nuestras ganas de decir que es gracias a ellos que esta meta esta cumplida.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN:.....	10
ABSTRACT:	11
1 INTRODUCCIÓN	12
2 METODOLOGIA	13
2.1 Materiales utilizados	13
2.2 Ensayo de Granulometría.....	14
2.3 Diseño de mezclas	14
2.4 Diseño de composición de mortero	15
2.5 Elaboración de moldes.....	16
2.6 Aplicación del sensor de temperatura	16
3 ANALISIS ESTADISTICO.....	17
3.1 Análisis de Varianza de un Factor, ANOVA (Analysis of Variance).	18
4 RESULTADOS	20
4.1 Resultados de la Transmitancia Térmica de los Muros.	21
5 DISCUSION.....	25
6 CONCLUSIONES	29
REFERENCIAS	30
ANEXOS	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseño de mezcla para el tarrajeo de suelo mejorado.	14
Tabla 2. Resumen de proporciones del diseño de mezclas – método ACI 211.1.....	14
Tabla 3. Resumen de valores estadísticos descriptivos de las muestras 01, 02 y 03.....	17
Tabla 4. Análisis de Varianza de un Factor- ANOVA.	18
Tabla 5. Resultados de Valor R ($m^2 \cdot K/W$).....	20
Tabla 6. Consolidado de Resultados, obtenidos a través del Sensor de temperatura de las muestras en diferentes porcentajes de cenizas de ichu y arcilla.	21
Tabla 7. Resumen de transmitancia térmica (U) de los muros de ladrillo, bloqueta y adobe, tarrajados con mortero convencional, y mortero con adición de ceniza de ichu ya arcilla a diferentes porcentajes.	24
Tabla 8. Análisis comparativo de los parámetros de transmitancia térmica del espesor de tarrajeo.	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muros de ladrillo N.º 1, N.º 2 y N.º 3 con dimensiones de 1mx1m.....	13
Figura 2. Muros de ladrillo N.º 1, N.º 2 y N.º 3 con dimensiones de 1mx1m.....	13
Figura 3. Muros tarrajados con el mortero mejorado.	15
Figura 4. Muros tarrajados con el mortero mejorado.	16
Figura 5. Sensor de temperatura.	16
Figura 6. Distribución normal de muestras.	17
Figura 7. Distribución de Valor crítico.....	19
Figura 8. Corte de estructura (muro) tarrajada.	22
Figura 9. Circuito térmico de la estructura (muro).....	22
Figura 10. Corte de estructura (muro) tarrajada.	25
Figura 11. Análisis comparativo de muestras.....	28
Figura 12. Reseña de aislamiento térmico con el valor U.	28

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A . Evidencia de sumisión a una revista indexada.....	33
Anexo B. Diseño de mezclas de composicion de 0% Cenizas de ichu mas 0% de Arcilla.	34
Anexo C. Diseño de mezclas de composicion de 5% Cenizas de ichu mas 10% de Arcilla.	35
Anexo D. Diseño de mezclas de composicion de 10% Cenizas de ichu mas 20% de Arcilla.	36
Anexo E. Certificado de calibracion del sensor de temperatura.....	37
Anexo F. Certificado de calibracion equipos de laboratorio.	38
Anexo G. Certificado de calibracion equipos de laboratorio METROTEC.....	39

Análisis comparativo de aislamiento térmico de muros de adobe, ladrillo y bloqueta, tratados con tarrajeos de suelo mejorado

RESUMEN:

En la presente investigación se tiene como objetivo analizar comparativamente el aislamiento térmico en los muros de adobe, ladrillo y bloqueta tarrajados con mortero de suelo mejorado; por lo que se elaboró 3 muros de adobe, 3 muros de ladrillo y 3 muros de bloqueta de 1 metro cuadrado. Para el mortero de tarrajeo se realizan 3 diseños de mezcla; el primer diseño se realiza sin adiciones, el segundo diseño contempla la adición del 5% de ceniza de ichu y 15% de arcilla y el tercer diseño es con 10% de ceniza de ichu y 20% de arcilla. Para calcular la transmitancia térmica se necesita hallar la resistencia térmica total del muro y se obtiene con el sensor de temperatura PHFS-01e. En conclusión, en la tabla 8 se realizó el análisis comparativo de los muros 9 muros de acuerdo a diversos espesores de mortero desde 0.5 cm a 3 cm, donde se tiene desde el peor aislante térmico que es el muro de bloqueta con 0% CI + 0% A con $U=0.1299 \text{ U (W/m}^2\text{*K)}$ y como mejor aislante térmico el Muro de adobe con 10% CI + 20% A con $U=0.1033 \text{ U (W/m}^2\text{*K)}$.

Palabras clave: aislamiento térmico, análisis comparativo, arcilla, cenizas de ichu, transmitancia térmica.

Comparative analysis of thermal insulation of adobe, brick and block walls, treated with improved soil plastering

ABSTRACT:

The objective of this research is to comparatively analyze the thermal insulation in adobe, brick and block walls plastered with improved soil mortar; Therefore, 3 adobe walls, 3 brick walls and 3 block walls of 1 square meter were made. For the plastering mortar, 3 mix designs are made; the first design is made without additions, the second design contemplates the addition of 5% ichu ash and 15% clay and the third design is with 10% ichu ash and 20% clay. To calculate the thermal transmittance it is necessary to find the total thermal resistance of the wall and it is obtained with the PHFS-01e temperature sensor. In conclusion, in table 8, the comparative analysis of the 9 walls was carried out according to various mortar thicknesses from 0.5 cm to 3 cm, where the worst thermal insulator is the block wall with 0% CI + 0% A with $U=0.1299 \text{ U (W/m}^2\text{*K)}$ and the best thermal insulator was the adobe wall with 10% CI + 20% A with $U=0.1033 \text{ U (W/m}^2\text{*K)}$.

Keywords: Thermal insulation, comparative analysis, clay, ichu ashes, thermal transmittance.

1 INTRODUCCIÓN

En cuanto a los antecedentes de estudios realizados, (Córdova Alejos, 2017) afirma que en las zonas alto andinas mayores a 3800 m.s.n.m. se cuenta con diversidad de material ichu; propio de la zona y en abundancia que cuenta con variedad en características termoaislantes. Otro material natural de la zona es la arcilla.

(Son et al., 2021) plantea que dichos materiales procesados y diseñados en proporciones acorde al diseño de mezclas. El aporte a la investigación es brindar una mejor calidad de vida a la población beneficiada ubicada a 3800 m.s.n.m. ya que en su mayoría sufre del friaje que se da en temporadas estacionales del año, además (Jensen et al., 2018) busca tener una reducción de resistencia térmica, el cual ayudará a innovar un mortero térmico aislante para combatir el frío y heladas, por consiguiente, mejorará la capacidad térmica en muros tradicionales.

(Jensen et al., 2018) define la resistencia térmica agregada por el aislamiento que representa su capacidad de oponerse al flujo del calor. Las investigaciones buscan contribuir al desarrollo de nuevas tecnologías para contrarrestar el fenómeno climático de friaje que tiene impacto negativo en la salud de la población altoandina especialmente enfermedades de vías respiratorias.

El método planteado en la investigación fue recolectar información a través del sensor de temperatura para obtener la resistencia térmica de las muestras para calcular mediante métodos matemáticos la transmitancia térmica “U”. (Blender, 2015) dice que mientras en valor de “U” sea menor, el aislamiento térmico es mejor y menor es la pérdida de calor en el muro.

2 METODOLOGIA

2.1 Materiales utilizados

Las materias primas de esta investigación son de fácil accesibilidad para la realización de las muestras, en base a (Zhao et al., 2019) deben ser comerciales para obtener el mortero de suelo mejorado, están compuestos por cenizas de ichu procesado por el stipa ichu a través de un grado de calcinación manual a fuego. (Selvaranjan et al., 2021) usó el cemento en el mortero para controlar la mezcla, el mismo proceso fue aplicado para la presente investigación. El material de agregados fue extraído del río maravillas.

Los materiales utilizados para el asentado de muros son de adobe procesado de barro de medidas 40cmx40cmx10cm, ladrillo cocido de arcilla de medidas 25cmx12cmx5cm y bloqueta que en el comercio es conocido como bloques de concreto, son de medida 40cmx20cmx10cm.



FIGURA 1. Muros de ladrillo N.º 1, N.º 2 y N.º 3 con dimensiones de 1mx1m.

Fuente: Elaboracion Propia.



FIGURA 2. Muros de ladrillo N.º 1, N.º 2 y N.º 3 con dimensiones de 1mx1m.

Fuente: Elaboracion Propia.

En la figura 1 y 2 se muestra la realización de 3 diferentes muros siendo un total de 9 muros de 1 metro x 1 metro, 3 muros de adobe, 3 muros de ladrillo y 3 muros de bloqueta con la misma dimensión.

2.2 Ensayo de Granulometría

(Hofmann et al., 2018) realizó ensayos de granulometría con agregados finos y esta investigación realizó los mismos estudios, para ello se aplicaron los conocimientos de análisis granulométrico (NTP-400.012-2013).

2.3 Diseño de mezclas

(Hofmann et al., 2018) elaboró diseños para el cálculo de dosificación de materiales; y esta investigación sostiene a través del (método ACI 211.1) realizar el diseño de mezclas de resistencia 175 kg/cm² con una cantidad de aire atrapado de 1.5% y se tiene según el laboratorio con certificado de calibración.

TABLA 1. *Diseño de mezcla para el tarrajeo de suelo mejorado.*

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO CON ADICIÓN DE		
		0% CI + 0% A	5% CI + 15% A	10% CI + 20% A
Cemento RUMI TIPO I	2850 kg/m ³	0.1240 m ³	0.1240 m ³	0.1240 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2180 m ³	0.2180 m ³	0.2180 m ³
Aire atrapado= 1.5%	---	0.0150 m ³	0.0150 m ³	0.0150 m ³
Arcilla	2547 kg/m ³	---	0.0208 m ³	0.0278 m ³
Cenizas de ichu	2410 kg/m ³	---	0.0073 m ³	0.0146 m ³
Agregado fino	2560 kg/m ³	0.6430 m ³	0.6148 m ³	0.6006 m ³
	Volumen de pasta	0.3570 m ³	0.3852 m ³	0.3994 m ³
	Volumen de agregados	0.6430 m ³	0.6148 m ³	0.6006 m ³
	Volumen total	1.0000 m ³	1.0000 m ³	1.0000 m ³

Nota: El significado de “0% CI + 0% A” es adición de cenizas de ichu más arcilla al cemento rumi tipo I.

Fuente: Elaboración Propia.

Se procedió a calcular para las cantidades de pasta, agregados y la adición de cenizas de ichu más arcilla; esta adición es solo al cemento, por ende, el volumen del agregado fino reduce su cantidad. (Kümmel, 2018) probó el mortero en una estructura de pared hecha de unidades de albañilería.

TABLA 2. *Resumen de proporciones del diseño de mezclas – método ACI 211.1.*

COMPONENTE	PESO SECO CON ADICIÓN DE		
	0% CI + 0% A	5% CI + 15% A	10% CI + 20% A
Cemento RUMI TIPO I	354 kg	354 kg	354 kg
Agua	218 L	218 L	218 L
Arcilla	No aplica	53.0 kg	70.7 kg
Cenizas de ichu	No aplica	17.7 kg	35.4 kg
Agregado fino	1646 kg	1574 kg	1537 kg
Peso Total =	2218	2216.7	2215.1

Fuente: Elaboración Propia.

(Lázaro et al., 2016) menciona las propiedades de los materiales empleados en los ensayos y condiciones de la obtención de los resultados y esta investigación afirma que los

componentes identificados mediante en el diseño de mezclas; las cantidades de peso seco que se muestra en la tabla 2 son para calcular las cantidades mediante aspa simple con el valor de 1m³. Al observar el peso seco total de los diferentes porcentajes de cenizas de ichu más arcilla se produce la variación de peso en el agregado fino.

2.4 Diseño de composición de mortero

Realizada la elaboración del diseño de mezcla, se utilizó las siguientes cantidades que se muestra en la tabla 2 para elaborar el mortero y luego aplicarlos en los muros realizados conteniendo un espesor de tarrajeo de 1.5cm (Alkhateeb & Youssef, 2018) menciona que la eficiencia de la construcción de un edificio considerado térmico, se tiene que hacer el aumento del espesor de la capa y la reducción de pérdidas con la finalidad de tener una investigación de una combinación de tecnología de aislamiento térmico en paredes.

(Khoukhi et al., 2021) considera encontrar un material aislante con un nivel de baja densidad y compara su desempeño cuando se ejecuta el análisis de conductividad térmica y esta investigación encontró como primer material aislante en la ceniza de ichu.



FIGURA 3. Muros tarrajados con el mortero mejorado.

Fuente: Elaboracion Propia.

(Hofmann et al., 2018) realizó la extracción de los suelos en cuatro zonas, donde se tiene conocimientos por los habitantes de la zona, que los mismos presentaban características de suelos arcillosos, siendo además que coincidían con las zonas potenciales de suelos finos.

Asimismo, durante la toma de muestras se realizó visitas in situ de los suelos que podemos encontrar a las altitudes de 3800 m.s.n.m., que consistió en: caracterización por tamaño de las partículas por color, brillo y tacto. Una vez que se definen las nuevas proporciones de

cada suelo, con el agregado de arena y la fibra vegetal procesado a cenizas, se agrega agua hasta obtener una el mejor mortero de suelo mejorado.

2.5 Elaboración de moldes

(Dlimi et al., 2019) elaboró un mortero y lo puso dentro de una estructura de madera y esta investigación aplicó un diseño semejante con moldes de madera para ser llamados las muestras de mortero.

Se realizó la elaboración del mortero de acuerdo con las proporcionar que indicaron en el diseño de mezcla para ponerlo en las 3 muestras. El molde tiene la dimensión de 15 cm x 15 cm, diseñado con un marco de madera teniendo un espesor de 1.5 cm.



FIGURA 4. Muros tarrajeados con el mortero mejorado.

Fuente: Elaboracion Propia.

2.6 Aplicación del sensor de temperatura

Se utilizo como herramienta el sensor de temperatura PHFS – 01e tal como se muestra en la figura 4, tiene la capacidad de calcular la muestra de mortero de 15cmx15cm y de esta forma recopilar mediciones de temperatura interior y exterior, flujo de calor y resistencia térmica.

(Wu et al., 2017) el sensor de temperatura que utilizo debe estar calibrado para no tener fallas en los resultados. El cual esta investigación realizó la aplicación a las 3 muestras para luego comparar con los datos experimentales reportados y obtenidos en laboratorio.

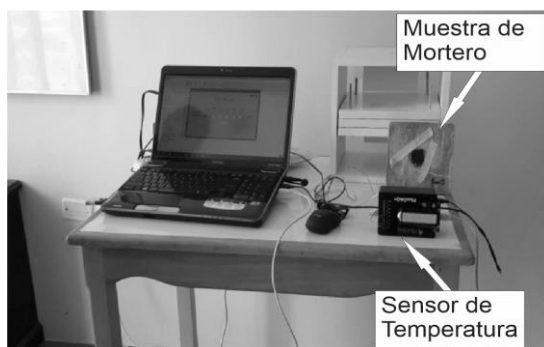


FIGURA 5. Sensor de temperatura.

Fuente: Elaboracion Propia.

(Taler et al., 2019) demostró que al medir la temperatura del mortero o elemento se tiene que considerar el espesor y ancho mínimo para que se encuentre dentro del alcance del sensor a utilizar, el sensor utilizado cuenta con la capacidad de calcular la resistencia térmica, flujo de calor, temperatura interior y exterior.

(Zhao et al., 2019) realizo 2 muestras de microestructura con dimensiones de 180mmx180mmx20mm para ser analizados con diferentes porcentajes de materiales excelentes propiedades de aislamiento térmico.

3 ANALISIS ESTADISTICO

Con los datos obtenidos, procedemos a realizar el análisis estadístico; en principio detallamos los estadísticos descriptivos para las muestras.

- a) Distribución normal de la muestra 01 con adición de 0% de cenizas de ichu y 0% de arcilla.
- b) Distribución normal de la muestra 02 con adición de 5% de cenizas de ichu y 15% de arcilla.
- c) Distribución normal de la muestra 03 con adición de 10% de cenizas de ichu y 20% de arcilla.

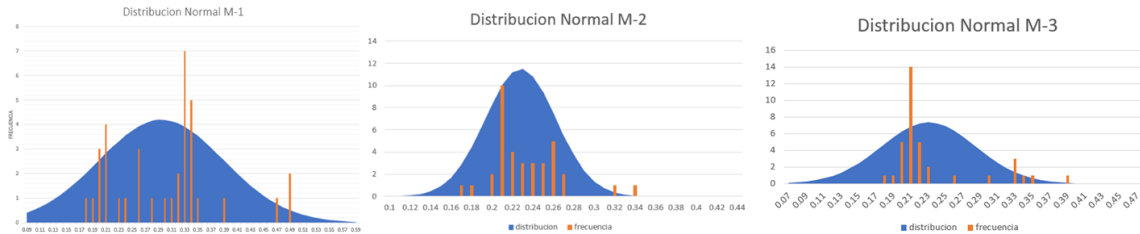


FIGURA 6. Distribución normal de muestras.

Fuente: Elaboracion Propia.

Se determina que si existe diferencias significativas entre las medias de la muestra 1 respecto a las muestras 2 y 3 respectivamente.

TABLA 3. Resumen de valores estadísticos descriptivos de las muestras 01, 02 y 03.

Resumen de Valores Estadísticos Descriptivos				
Muestra	Cuenta	Suma	Media	Varianza
Muestra 1 - 0% de Cenizas de Ichu y 0% de Arcilla.	36	10.6008	0.2945	0.0067
Muestra 2 - 5% de Cenizas de Ichu y 15% de Arcilla.	36	8.2065	0.2280	0.0012
Muestra 3 - 10% de Cenizas de Ichu y 20% de Arcilla.	36	8.2911	0.2303	0.0029

Fuente: Elaboracion Propia.

3.1 Análisis de Varianza de un Factor, ANOVA (Analysis of Variance).

Según (Sampieri Hernández, 2004) la metodología de Análisis de Varianza de un factor ANOVA, nos determina estadísticamente si existe diferencias significativas entre las medias de dos o más grupos (para la presente investigación, muestra 01, muestra 02, muestra 03).

a) Conforme a la prueba estadística de ANOVA se formulan la hipótesis nula y la hipótesis alternativa, para responder a la pregunta: ¿existe una disminución de la Transmitancia Térmica del mortero para tarrajeo adicionado con cenizas de ichu y arcilla?

Hipótesis Nula:

Ho= No existe una disminución de la transmitancia térmica del concreto al realizar los tratamientos en el mortero para tarrajeo adicionado a diferentes porcentajes de ceniza de ichu y arcilla.

Hipótesis Alternativa:

H1= La adición de ceniza ichu y arcilla al mortero, a 5.00% de cenizas de ichu, 15.00% de arcilla y 10.00% de Cenizas de Ichu, 20.00% de arcilla, incide en la transmitancia térmica del mortero con tendencia a disminuir.

b) Nivel de Significancia.

$$\alpha=0.05$$

TABLA 4. *Análisis de Varianza de un Factor- ANOVA.*

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad p-valor</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.1025	2	0.0513	14.2280	0.0000034	3.0829
Dentro de los grupos	0.3784	105	0.0036			
Total	0.4809	107				

Fuente: Elaboracion Propia.

Observamos que la probabilidad calculada (p-valor) es de 0.0000034, a la vez tenemos el valor crítico para F es de 3.0829 y el valor F (de Fisher) 14.2280, a continuación, dichos valores se representan en el ítem c) mediante el gráfico de Distribución F.

c) Representación Gráfica. En la figura 7, se observa que el Valor Crítico para F es de 3.0829 dicho valor delimita la zona de aceptación de la hipótesis alternativa.

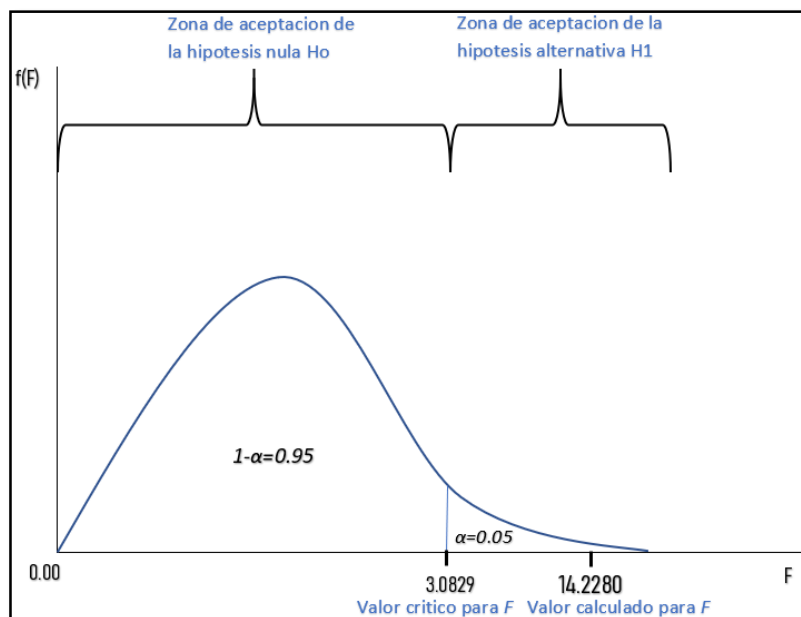


FIGURA 7. Distribución de Valor crítico.

Fuente: Elaboracion Propia (Microsoft Excel)

En distribución F, observamos en el gráfico que el valor calculado F se encuentra en la zona de aceptación de la hipótesis alternativa.

d) Toma de Decisión.

Si la probabilidad obtenida $p\text{-valor} < \alpha$ nivel de significancia, se rechaza la H_0 , y se acepta la H_1 .

Si la probabilidad obtenida $p\text{-valor} > \alpha$ nivel de significancia, no se rechaza la H_0 , y se acepta la H_0 .

$$p \text{ valor} = 0.0000034 < \alpha = 0.05$$

(Sampieri Hernández, 2004) en acuerdo a la probabilidad (p-valor) obtenido, observamos que es menor al nivel de significancia (α), por ende, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa, concluyendo además que, si existe diferencias significativas entre las medias de las muestras, es decir que si existe una disminución de la transmitancia térmica del mortero con adición de ceniza de ichu a 5% y 10% y arcilla a 10% y 20% respectivamente.

4 RESULTADOS

Conforme a la dosificación descrita en la *tabla 2*, se elaboró las 03 muestras de mortero de 15cm x 15cm, para seguir con la medición de las temperaturas en el mortero empleando el sensor de temperatura, dichas mediciones registraron valores de resistencia térmica.

TABLA 5. *Resultados de Valor R ($m^2 \cdot K/W$).*

No de Medición	Muestra 1 - 0% de Cenizas de Ichu y 0% de Arcilla	Muestra 2 - 5% de Cenizas de Ichu y 15% de Arcilla	Muestra 3 - 10% de Cenizas de Ichu y 20% de Arcilla
1	3.07	5.20	3.40
2	3.85	6.20	2.93
3	3.87	3.89	3.04
4	3.59	3.78	3.08
5	3.21	4.05	2.59
6	3.39	4.20	3.08
7	3.15	5.83	5.44
8	3.05	4.80	5.83
9	3.08	4.50	5.18
10	3.08	4.94	5.08
11	3.01	4.50	4.94
12	5.20	4.65	4.50
13	4.80	3.00	4.65
14	3.98	3.90	3.00
15	3.05	4.50	3.90
16	3.03	3.89	4.50
17	2.93	3.20	5.18
18	3.04	4.10	4.94
19	4.25	3.89	4.99
20	2.59	4.73	4.87
21	3.08	4.79	4.73
22	5.44	3.80	4.79
23	5.83	4.89	4.86
24	5.18	4.21	4.89
25	2.05	4.30	4.86
26	2.98	3.90	4.62
27	2.15	4.70	4.97
28	2.06	4.66	4.70
29	3.00	4.94	4.66
30	2.98	4.99	4.94
31	4.50	4.82	4.99
32	5.18	4.79	4.82
33	4.94	4.80	4.79
34	4.99	4.90	5.19
35	4.87	4.00	4.90
36	3.29	5.03	5.10

Fuente: Elaboracion Propia (Microsoft Excel).

4.1 Resultados de la Transmitancia Térmica de los Muros.

En la tabla 6 se muestran los datos obtenidos producto de las mediciones realizadas con el sensor de temperatura a las muestras de mortero de 15cm x 15cm; para lo cual utilizaremos los valores de resistencia térmica “Rt” para determinar la transmitancia térmica de los muros de adobe, ladrillo y bloqueta.

TABLA 6. Consolidado de Resultados, obtenidos a través del Sensor de temperatura de las muestras en diferentes porcentajes de cenizas de ichu y arcilla.

Descripción	Flujo de calor q1 (W/m ²)	Resistencia Térmica "Rt" (m ² *K/W)	Transmitancia Térmica U (W/m ² *K)
Muestra 1 - 0% de Cenizas de Ichu y 0% de Arcilla.	0.8753	3.6594	0.2733
Muestra 2 - 5% de Cenizas de Ichu y 15% de Arcilla.	0.8247	4.4797	0.2232
Muestra 3 - 10% de Cenizas de Ichu y 20% de Arcilla.	0.8786	4.5258	0.2210

Nota: Las unidades de medida son las q1 (W/m²), Rt (m²*K/W) y U (W/m²*K). Fuente: Elaboracion Propia.

(Ayarquispe Lopez, 2019)realizo para el cálculo de la transmitancia térmica de los muros de ladrillo, bloque y adobe se emplearon valores de resistencia térmica superficial interior y exterior y esta investigación se basó en el proceso de cálculo de transmitancia térmica del mortero de tarrajeo, espesor del ladrillo, espesor de junta, conductividad térmica del ladrillo y conductividad térmica de la junta con mortero.

A continuación, presentamos el cálculo de transmitancia térmica del muro de ladrillo tarrajeado con mortero convencional y tarrajeado con mortero tratado con ceniza de ichu y arcilla a diferentes porcentajes de adición.

a) Transmitancia Térmica del muro de Ladrillo.

Para el cálculo de la transmitancia térmica se tomarán en cuenta los valores de espesores y conductividad térmica de los elementos y/o componentes de un muro, así como la resistencia térmica de los elementos. Se muestra en la figura 8 los componentes de un muro.

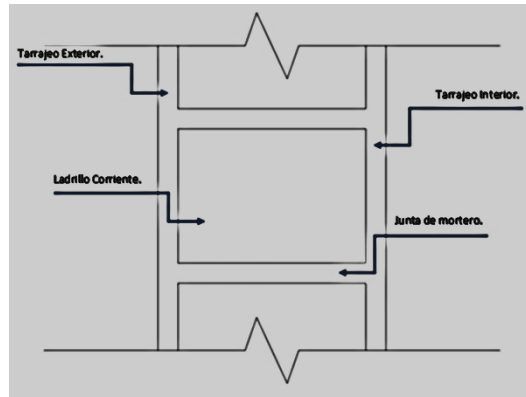


FIGURA 8. Corte de estructura (muro) tarrajada.

Fuente: Elaboracion Propia (Autocad 2021).

En la figura se detalla el corte de una estructura (muro), tarrajados con mortero convencional y mortero tratado con ceniza de ichu y arcilla; además se observa la junta entre elementos de construcción.

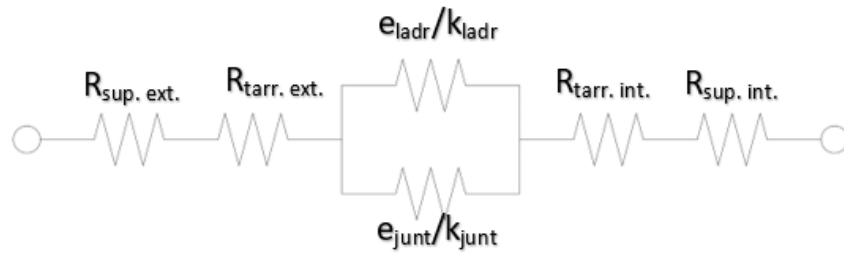


FIGURA 9. Circuito térmico de la estructura (muro).

Fuente: Elaboracion Propia (Microsoft Excel).

En la figura se muestra en un circuito térmico del muro de ladrillo tarrajado con mortero convencional y mortero tratado con ceniza de ichu y arcilla.

Con los datos obtenidos y tomados de la (Norma EM 110, 2014). Se calculo la transmitancia térmica del muro de ladrillo con 0% de cenizas de ichu y 0% de arcilla y se empleó las siguientes fórmulas:

Ecuación 1 obtenida de la (Norma EM 110, 2014):

$$Rt_{muro\ ladrillo}(m^2K/w) = R_{sup.ext.} + R_{tarr.ext.} + \frac{e_{ladr}}{k_{ladr}} + \frac{e_{junt}}{k_{junt}} + R_{tarr.int.} + R_{sup.int.}$$

Ecuación 2 obtenida de la (Norma EM 110, 2014):

$$U_{muro\ ladrillo}(w/m^2K) = \frac{1}{Rt_{muro\ ladrillo}}$$

Donde:

eladr: Espesor de ladrillo corriente empleado en la investigación, de 0.12 metros.

ejunt: Espesor de junta de mortero de cemento arena, 0.015 metros.

kladr: Conductividad térmica del ladrillo corriente, dato tomado de la Norma Técnica EM 110, 0.84 w/m.k.

kjunt: Conductividad térmica de la junta con mortero de cemento arena, dato tomado de la Norma Técnica EM 110, 1.40 w/m.k.

Rtarr. ext: Resistencia Térmica del tarrajeo exterior, dato tomado de los resultados obtenidos con el sensor de temperatura.

Rtarr. int: Resistencia Térmica del tarrajeo interior, dato tomado de los resultados obtenidos con el sensor de temperatura.

Rsup. ext: Resistencia Térmica superficial exterior, dato tomado de la Norma Técnica EM 110, 0.11 w/m.k.

Rsup. int: Resistencia Térmica superficial interior, dato tomado de la Norma Técnica EM 110, 0.06 w/m.k.

Reemplazamos los valores en la ecuación 1:

$$Rt_{muro\ ladrillo} = \frac{0.11w}{m^2.k} + \frac{3.6594w}{m^2.k} + \frac{0.12m}{\frac{0.84w}{m.k}} + \frac{0.015m}{\frac{1.40w}{m.k}} + \frac{3.6594w}{m^2.k} + \frac{0.06w}{m^2.k}$$
$$Rt_{muro\ ladrillo} = 7.6423 \frac{m^2.k}{w}$$

Reemplazamos los valores en la ecuación 2:

$$U_{muro\ ladrillo} = \frac{1}{7.6424 \frac{w}{m^2.k}}$$
$$U_{muro\ ladrillo} = 0.1308 \frac{w}{m^2.k}$$

Empleando el mismo procedimiento y reemplazado con los datos obtenidos correspondientes y dimensiones de la bloqueta y adobe se tiene el siguiente resumen de resultados:

TABLA 7. *Resumen de transmitancia térmica (U) de los muros de ladrillo, bloqueta y adobe, tarrajeados con mortero convencional, y mortero con adición de ceniza de ichu ya arcilla a diferentes porcentajes.*

LADRILLO	Resistencia Térmica R (m^2K/w)	Transmitancia Térmica U (w/m^2K)
Muro 1 "Muestra 1 - 0% de Cenizas de Ichu y 0% de Arcilla"	7.6423	0.1308
Muro 2 "Muestra 2 - 5% de Cenizas de Ichu y 15% de Arcilla"	9.2930	0.1077
Muro 3 "Muestra 3 - 10% de Cenizas de Ichu y 20% de Arcilla"	9.3752	0.1067
BLOQUETA	Resistencia Térmica R (m^2K/w)	Transmitancia Térmica U (w/m^2K)
Muro 4 "Muestra 1 - 0% de Cenizas de Ichu y 0% de Arcilla"	7.6995	0.1299
Muro 5 "Muestra 2 - 5% de Cenizas de Ichu y 15% de Arcilla"	9.3402	0.1071
Muro 6 "Muestra 3 - 10% de Cenizas de Ichu y 20% de Arcilla"	9.4324	0.1060
ADOBE	Resistencia Térmica R (m^2K/w)	Transmitancia Térmica U (w/m^2K)
Muro 7 "Muestra 1 - 0% de Cenizas de Ichu y 0% de Arcilla"	7.9499	0.1258
Muro 8 "Muestra 2 - 5% de Cenizas de Ichu y 15% de Arcilla"	9.5906	0.1043
Muro 9 "Muestra 3 - 10% de Cenizas de Ichu y 20% de Arcilla"	9.6828	0.1033

Fuente: Elaboracion Propia.

(Zhang et al., 2021) dice que un buen aislamiento térmico es lo que se realiza mejor a base de una normativa y estos resultados finales obtenidos de la transmitancia térmica de los 03 tipos de muros (adobe, ladrillo y bloqueta) tarrajeados con mortero convencional y con mortero adicionado con ceniza de ichu y arcilla.

En la *figura 11* se muestra que los muros con adición de 10% de cenizas de ichu y 20% de arcilla presentan un mejor aislamiento térmico y (Zhang et al., 2021) dice quien tenga mejor aislamiento térmico de acuerdo con el diseño puede ser expansivo para su uso en la construcción.

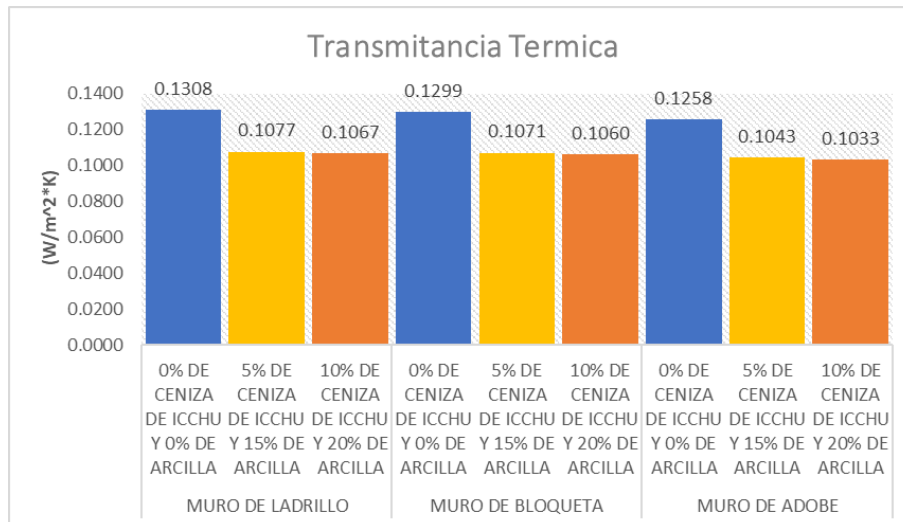


FIGURA 10. Corte de estructura (muro) tarrajada.

Fuente: Elaboracion Propia (Microsoft Excel).

La transmitancia térmica registrado para el muro de ladrillo, bloqueta y adobe tarrajado con mortero convencional posee valores por encima de 0.1250 w/m²K, a comparación de los muros de ladrillo, bloqueta y adobe tarrajados con mortero adicionado con ceniza de ichu y arcilla poseen valores por debajo de 0.1080 w/m²K, por lo que deducimos que la adición de ceniza de ichu y arcilla al mortero para tarrajeo ayuda al muro a ser aislante térmico y la (Norma EM 110, 2014) menciona que el valor U mientras más se asemeje a 0.0 w/m²K es el mejor aislador térmico.

5 DISCUSION

En la investigación se realizó un análisis comparativo de algunas propiedades mecánicas de los materiales de construcción y características del comportamiento térmico y elementos elaborados con suelos naturales estabilizados, afirma (Cuitiño R., 2020).

(Cruz Escobedo, 2017) realizo los ensayos de granulometría y límites de Atterberg donde tuvieron los siguientes resultados de la arcilla de la cantera de caracoto el cual esta investigación también obtuvo el suelo arcilloso del mismo lugar, teniendo lo siguientes datos:

- Límite plástico (LP) de 20.59%.
- Límite líquido (LL) de 63,68%.
- Índice de plasticidad (IP) es 43.09%.

Indicando que este suelo corresponde a la clase CH un suelo arcillo de alta plasticidad.

Se estudiaron los conocimientos de la especificación estándar de los agregados extraídos del río maravillas ubicada a 3800 msnm y se tiene según el ensayo de análisis granulométrico con el método (ASTM C 136). Se observa en el diseño que mezclas que se tiene un módulo de finura de 1.76.

(Cañas, 1996) menciona algunos valores de módulos de finura límites son: arena gruesa 2.5 a 3.5; arena fina 1.5 a 2.5; arena muy fina 0.5 a 1.5, sosteniendo que el agregado que se maneja es reconocido como arena fina. (Arrué Buendía & Gonzáles Saavedra, 2021) trabajaron en edificaciones multifamiliares donde aplicaron los conocimientos por experiencia indicando que el tarrajeo debe tener el espesor de 1.5 cm ya que si es menos se solaquea y si es mayor a 1.5 cm se coloca una malla de alambre para que el mortero se adhiera a la estructura. El tarrajeo considerado acabado y (Arrué Buendía & Gonzáles Saavedra, 2021) consideran que no existe una norma técnica de acabados en el Perú y solo existe la (Norma Técnica G.040) que indica las definiciones de los acabados.

La adherencia del mortero en las unidades de adobe, bloqueta y ladrillo aumenta a medida que se sustituye la ceniza de ichu al cemento. (Mamani Quispe, 2021) realizó ensayo de adherencia de mortero con una sustitución de cenizas de ichu de 0 %, 2%, 4% y 6% donde los valores tienen mejor adherencia y sus resultados son de 1.82 kg/cm², 2 kg/cm², 2.28 kg/cm², 2.43 kg/cm².

Respecto a la recopilación de resultados se guardaron en archivos de Microsoft Excel como indica la compañía (fluxteq, 2018), porque el proceso de obtención de resultados fue con el método Arduino y está estandarizado en ASTM C1046 y ASTM C1155 y es la única forma de medir directamente el valor R de los materiales de construcción con mediciones in situ. Las muestras de dimensiones de 15cmx15cmx1.5cm fueron obtenidas a través de (Cuentas Alvarado, 2020). Como guía principal del estudio ya que utilizaron el mismo sensor de temperatura con las mismas dimensiones de las muestras a diferencia del espesor que fueron realizados a 2cm.

TABLA 8. *Análisis comparativo de los parámetros de transmitancia térmica del espesor de tarrajeo.*

Espesor de tarrajeo	Transmitancia térmica de Muros - U (W/m ² *K)								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
0.5 cm	0.3257	0.2764	0.2741	0.3619	0.3021	0.2993	0.3546	0.2970	0.2943
1.0 cm	0.1815	0.1514	0.1500	0.1922	0.1588	0.1573	0.1901	0.1574	0.1559
1.5 cm	0.1258	0.1043	0.1033	0.1308	0.1077	0.1067	0.1299	0.1071	0.1060
2.0 cm	0.0963	0.0795	0.0787	0.0992	0.0815	0.0807	0.0986	0.0811	0.0803
2.5 cm	0.0779	0.0643	0.0636	0.0799	0.0655	0.0649	0.0795	0.0653	0.0647
3.0 cm	0.0655	0.0539	0.0534	0.0668	0.0548	0.0543	0.0666	0.0546	0.0541

Fuente: Elaboracion Propia.

Donde:

- M1: Muro de adobe con 0% CI + 0% A
- M2: Muro de adobe con 5% CI + 15% A
- M3: Muro de adobe con 10% CI + 20% A
- M4: Muro de ladrillo con 0% CI + 0% A
- M5: Muro de ladrillo con 5% CI + 15% A
- M6: Muro de ladrillo con 10% CI + 20% A
- M7: Muro de bloqueta con 0% CI + 0% A
- M8: Muro de bloqueta con 5% CI + 15% A
- M9: Muro de bloqueta con 10% CI + 20% A

Estos parámetros que se muestra en la tabla 8 fueron analizados y cálculos mediante cálculos matemáticos con fines de replicar en demás investigaciones y medir los resultados respecto al espesor del tarrajeo in situ, con la ayuda de la (Norma EM 110, 2014) obtuvimos la resistencia térmica superficial interior y exterior.



FIGURA 11. Análisis comparativo de muestras.

Fuente: Elaboracion Propia (Microsoft Excel).

Según los resultados obtenido del análisis estadístico ANOVA existe una diferencia significativa entre las muestras 2 y 3 con respecto a la muestra 1, con ello se deduce que la adición de cenizas de ichu y arcilla contribuye a ser aislante térmico en comparación a la muestra 1.

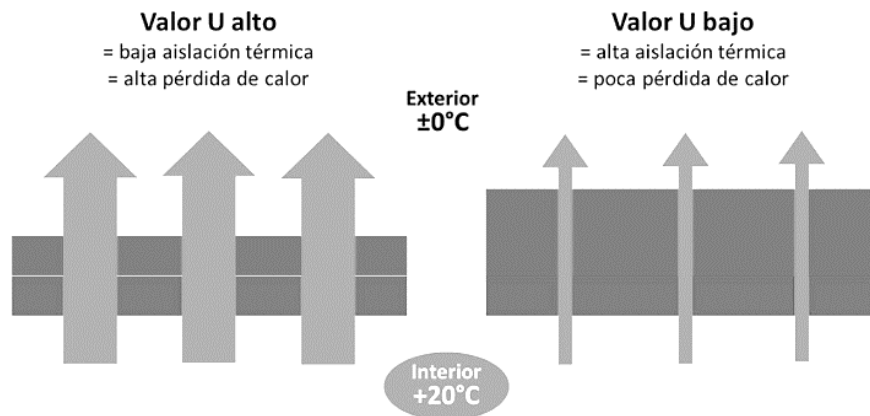


FIGURA 12. Reseña de aislamiento térmico con el valor U.

Fuente: (Blender, 2015).

(Blender, 2015) dice que mientras que la transmitancia térmica conocido como el valor de “U” sea menor, el aislamiento térmico es mejor y menor es la perdida de calor en el muro.

6 CONCLUSIONES

A modo de reflexión final y considerando los resultados de esta investigación, en la tabla 8 se realiza el análisis comparativo de los muros 9 muros de acuerdo a diversos espesores de mortero desde 0.5 cm a 3 cm, donde se tiene desde el peor aislante térmico que es el Muro de bloqueta con 0% CI + 0% A con $U=0.1299 \text{ U (W/m}^2\text{*K)}$ y como mejor aislante térmico el Muro de adobe con 10% CI + 20% A con $U=0.1033 \text{ U (W/m}^2\text{*K)}$ de y que estos pueden ser considerados al momento de ejecutarlo in situ y si es favorable utilizar un mortero con 1.5 cm de espesor ya que afirman investigación y normas estandarizadas.

Después de a ver calculado en el diseño de mezcla tabla 2, nuestras proporciones de la muestra (1) que son las siguientes: arena fina 1646 kg, cemento 354 kg, agua 218 L, ceniza de ichu 0% y arcilla 0%, dando así un resultado final del mejor aislador térmico, para el muro de ladrillo un valor de $U=0.1308 \text{ (W/m}^2\text{*K)}$, para el muro de bloqueta un valor de $U=0.1299 \text{ (W/m}^2\text{*K)}$, y para el muro de adobe un valor de $U=0.1258 \text{ (W/m}^2\text{*K)}$.

Luego calculamos en el diseño de mezcla tabla 2, nuestras proporciones de la muestra (2) que son las siguientes: arena fina 1574 kg, cemento 354 kg, agua 218 L, ceniza de ichu 5% y arcilla 15%, dando así un resultado final del mejor aislador térmico, para el muro de ladrillo un valor de $U=0.1077 \text{ (W/m}^2\text{*K)}$, para el muro de bloqueta un valor de $U=0.1027 \text{ (W/m}^2\text{*K)}$, y para el muro de adobe un valor de $U=0.1071 \text{ (W/m}^2\text{*K)}$.

También calculamos en el diseño de mezcla tabla 2, nuestras proporciones de la muestra (3) que son las siguientes: arena fina 1537 kg, cemento 354 kg, agua 218 L, ceniza de ichu 10% y arcilla 20%, dando así un resultado final del mejor aislador térmico, para el muro de ladrillo un valor de $U=1067 \text{ (W/m}^2\text{*K)}$, para el muro de bloqueta un valor de $U=0.1060 \text{ (W/m}^2\text{*K)}$, y para el muro de adobe un valor de $U=0.1033 \text{ (W/m}^2\text{*K)}$.

Se probó la hipótesis general (H_i) que afirma la efectividad del aislamiento térmico más optimo y tiene las proporciones de cemento, agua, ceniza de ichu 10%, y arcilla 20%, rechazando la hipótesis nula (H_o) que niega la efectividad del aislamiento térmico en los muros de adobe u, ladrillo y bloqueta.

Finalmente, también obtuvimos el aislamiento pésimo de esta investigación, la cual sería el siguiente diseño de mezcla: arena fina 1646 kg, cemento 354 kg, agua 218 L, ceniza de ichu 0% y arcilla 0%.

REFERENCIAS

- Alkhateeb, E., & Youssef, H. (2018). Innovative insulation technology for the reduction of thermal transmission losses in cavity walls. *Mauerwerk*, 22(2), 113–125. <https://doi.org/10.1002/DAMA.201800004>
- Arrué Buendía, L. A., & Gonzáles Saavedra, L. K. (2021). *UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL*. UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS.
- Ayarquispe Lopez, E. C. (2019). *PROPUESTA DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO CON AISLAMIENTO TÉRMICO UTILIZANDO TOTORA, MADERA Y REVOQUE DE MORTERO EN ZONAS ALTOANDINAS* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_34fb3707ee2becc93b50f74f0ab073b5
- Blender, M. (2015, March 23). *El valor U. La transmitancia térmica en edificación*. ARQUITECTURA Y ENERGIA. <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-valor-u-la-transmitancia-termica-en-edificacion/#prettyPhoto>
- Cañas, S. (1996). *UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA*. <http://geotech.uta.edu/lab/Main//sieve/index.htm>,
- Córdova Alejos, M. S. (2017). *Descripción: Conductividad térmica y resistencia a compresión en mortero con sustitución del 30% de cemento (20% arcilla y 10% ichu) C.C. Andaymayo Sihuas*. Repositorio Institucional Universidad San Pedro. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USPE_ef57e1f7b954ae354d07892f4ff17222
- Cruz Escobedo, E. (2017). *INFLUENCIA DEL USO DEL CEMENTO EN LA ESTABILIZACIÓN GEOMÉTRICA DEL LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA EN ALBAÑILERÍA NO ESTRUCTURAL EN LA CIUDAD DE JULIACA*. https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/3623/Tesis_Influencia_Estabilizaci%C3%B3n_Tierra.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cuentas Alvarado, M. S. (2020). *PROPIEDADES TÉRMICAS DEL BASALTO PARA ALMACENAMIENTO DE CALOR EN VIVIENDAS DEL ALTIPLANO* [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13510/Mario_Serafin_Cuentas_Alvarado.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Cuitiño R., M. G. (2020). *Vista de Análisis comparativo de aspectos térmicos y resistencias mecánicas de los materiales y los elementos de la construcción con tierra*. | *Revista de Arquitectura (Bogotá)*. TECNOLOGIA, MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD. <https://doi.org/10.14718/REVARQ.2020.2348>
- Dlimi, M., Iken, O., Agounoun, R., Kadiri, I., & Sbai, K. (2019). Dynamic assessment of the thermal performance of hemp wool insulated external building walls according to the

- Moroccan climatic zoning. *Journal of Energy Storage*, 26, 101007. <https://doi.org/10.1016/J.EST.2019.101007>
- fluxteq. (2018). *Sistema de medición del valor R* . <https://es.fluxteq.com/product-page/r-value-measurement-system>
- Hofmann, A., Kaudelka, S., & Hauswaldt, S. (2018). Fire safety of FAÇADES with polystyrene foam insulation. *Fire and Materials*, 42(5), 466–474. <https://doi.org/10.1002/FAM.2662>
- Jensen, N. F., Bjarløv, S. P., Rode, C., & Odgaard, T. R. (2018). Hygrothermal assessment of internally insulated solid masonry walls fitted with exterior hydrophobization and deliberate thermal bridge. *Ce/Papers*, 2(4), 79–87. <https://doi.org/10.1002/CEPA.868>
- Khoukhi, M., Abdelbaqi, S., Hassan, A., & Darsaleh, A. (2021). Impact of dynamic thermal conductivity change of EPS insulation on temperature variation through a wall assembly. *Case Studies in Thermal Engineering*, 25, 100917. <https://doi.org/10.1016/J.CSITE.2021.100917>
- Lázaro, D., Crespo, J., Puente, E., Abreu, O. v., & Alvear, D. (2016). Hydro-thermal model of concrete for the calculation of the pore pressure at high temperatures. *Revista Internacional de Métodos Numéricos Para Cálculo y Diseño En Ingeniería*, 32(3), 146–152. <https://doi.org/10.1016/J.RIMNI.2015.02.007>
- Mamani Quispe, M. (2021). *Diseño de un mortero en albañilería confinada con adición de ceniza de stipa ichu, Cusco - 2021*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66872>
- Norma EM 110. (2014, March 13). *Norma EM 110 | PDF | Humedad | Aislamiento térmico*. El Peruano - Reglamento Nacional de Edificaciones. <https://es.scribd.com/document/234160964/Norma-EM-110>
- NORMA TÉCNICA G.040. (n.d.). *NORMA TÉCNICA G.040, DEFINICIONES DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*.
- NTP-400.012-2013. (n.d.). *NTP-400.012-2013 (Revisión 2018)-Análisis granulométrico del agregado - StuDocu*. Retrieved 24 March 2022, from <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-santo-toribio-de-mogrovejo/tecnologia-del-concreto/ntp-400012-2013-revision-2018-analisis-granulometrico-del-agregado-fino-grueso-y-global/14744990>
- Sampieri Hernández. (2004). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (R. Fernández Collado, C. Baptista Lucio, & Pilar, Eds.; Tercera edición). McGraw-Hill Interamericana.
- Son, H. S., Kim, Y., Nawaz, M. S., Al-Hajji, M. A., Abu-Ghdaib, M., Soukane, S., & Ghaffour, N. (2021). Impact of osmotic and thermal isolation barrier on concentration and temperature polarization and energy efficiency in a novel FO-MD integrated module. *Journal of Membrane Science*, 620, 118811. <https://doi.org/10.1016/J.MEMSCI.2020.118811>

- Taler, J., Dzierwa, P., Jaremkiewicz, M., Taler, D., Kaczmariski, K., & Trojan, M. (2019). Thermal stress monitoring in thick-walled pressure components based on the solutions of the inverse heat conduction problems. *Https://Doi.Org/10.1080/01495739.2018.1520621*, 41(10–12), 1501–1524. <https://doi.org/10.1080/01495739.2018.1520621>
- Wu, Q. Q., Wang, Y., & Ren, S. (2017). Low cost and anti-noise infrared device based on saw-tooth thermal isolation structure. *Sensors and Actuators A: Physical*, 266, 178–184. <https://doi.org/10.1016/J.SNA.2017.09.025>
- Zhang, L., Chen, Z., Dong, H., Fu, S., Ma, L., & Yang, X. (2021). Wood plastic composites based wood wall's structure and thermal insulation performance. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(1), 65–74. <https://doi.org/10.1016/J.JOBAB.2021.01.005>
- Zhao, F., Zhang, L., Ren, Z., Gao, J., Chen, X., Liu, X., & Ge, T. (2019). A novel and green preparation of porous forsterite ceramics with excellent thermal isolation properties. *Ceramics International*, 45(3), 2953–2961. <https://doi.org/10.1016/J.CERAMINT.2018.09.296>

ANEXOS

ANEXO A. Evidencia de sumisión a una revista indexada.

The screenshot shows the 'Revista Ingeniería de Construcción' website. The header includes the university logo and name: 'PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, ESCUELA DE INGENIERÍA, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN'. The page title is 'Revista Ingeniería de Construcción' with ISSN: 0718-5973. The main navigation bar includes 'HOME', 'ACERCA DE', 'BÚSQUEDA', 'ACTUAL', 'ARCHIVO', and 'YA DISPONIBLE'. The user is logged in as 'Inicio > Usuario > Autor > Envíos activos'. The 'ACTIVO' tab is selected, showing a table of submissions:

IDENTIFICACIÓN	MM-DD ENVIAR	SEGUNDO	AUTORES	TÍTULO	ESTADO
1333	01-14	INV	Sosa Aquisé, Ticona Choque, Kcana...	ANÁLISIS COMPARATIVO DE AISLAMIENTO TÉRMICO DE MUROS DE...	EN REVISIÓN

Below the table, there is a section 'Iniciar un nuevo envío' with a link 'HAGA CLIC AQUÍ para ir al paso uno del proceso de envío de cinco pasos.' and a 'Devoluciones' section with tabs 'TODOS', 'NUEVO', 'PUBLICADO', and 'IGNORADO'. The 'NUEVO' tab is active, showing a table with columns: FECHA AGREGADA, GOLPES, URL, ARTÍCULO, TÍTULO, ESTADO, and ACCIÓN. The table is empty, and a message states 'Actualmente no hay reembolsos.' Buttons for 'Publicar', 'Ignorar', 'Eliminar', and 'Seleccionar todo' are at the bottom.

The screenshot shows the 'Revista Ingeniería de Construcción' website with the submission details for manuscript 1333. The header is the same as the previous screenshot. The main navigation bar includes 'HOME', 'ACERCA DE', 'BÚSQUEDA', 'ACTUAL', 'ARCHIVO', and 'YA DISPONIBLE'. The user is logged in as 'Inicio > Usuario > Autor > Envíos > #1333 > Resumen'. The 'RESUMEN' tab is selected, showing the following details:

Envío

Autores: Ruben Fitzgerald Sosa Aquisé, Alex Fernando Ticona Choque, Diego Joaquín Kcana Hancoccallo, Angel Frans Aliaga Ordoño

Título: Análisis comparativo de aislamiento térmico de muros de adobe, ladrillo y bloqueta, tratados con tarrajes de suelo mejorado

Archivo original: 1333-7796-3-SM.DOCX 2022-01-14

Supl. archivos: 1333-7797-1-SP.DOCX 2022- AGREGAR UN ARCHIVO COMPLEMENTARIO

Remitente: Alex Fernando Ticona Choque

Fecha Enviado: 14 de enero de 2022 - 14:21

Sección: Investigación original

Editor: Ximena Araya Gallardo

Estado:

Estado	En revisión
Iniciado	2022-01-14
Última modificación	2022-01-14

The right sidebar contains a search bar, a list of links (Enviar un manuscrito, Información útil del autor, Inicio del usuario, Cerrar sesión), a language selector (Idioma) with flags for Spanish and English, a keyword cloud (Nube de palabras clave) with terms like 'resistencia', 'durabilidad', 'corrosión', etc., and a section for the content of the review (Contenido de la revista).

ANEXO B. Diseño de mezclas de composicion de 0% Cenizas de ichu mas 0% de Arcilla.

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO 175 kg/cm²
METODO DEL ACI 211.1

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO DE AISLAMIENTO TÉRMICO DE MUROS DE ADOBE, LADRILLO Y BLOQUETA, TRATADOS CON TAMPAJEOS DE SUELO MEJORADO
SOLICITANTE : BACH. ALEX FERNANDO TICONA CHOQUE
 : BACH. ANGEL FRANS ALIAGA ORDÓÑEZ
 : BACH. DIEGO JOAQUÍN KICANA HANCOCCALLO
CÓDIGO DE PROYECTO
UBICACIÓN DE PROYECTO : DISTRITO: JULIACA, PROVINCIA: SAN ROMAN, DEPARTAMENTO: PUNO

REGISTRO N°: LH31-LEMG-218
MUESTREO POR : Solicitante
ENSAYADO POR : Solicitante
FECHA DE ENSAYO : 20/08/2021
TURNO : Diurno
F'c de diseño: 175 kg/cm²
Asentamiento: 3" a 4"
Código de mezcla: 210*8.80%*P

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA
F'cr = 245

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO
R/a/c = 0.62

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 218 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 1.5%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
Cemento = 354 kg = 8.3 Bolsas x m³

6. ADICIONES
Arcilla: No aplica
Ceniza: No aplica

7. FIBRAS
Fibras Naturales: No aplica

8. ADITIVOS
Aditivo: No aplica

9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento RUMI TIPO 1	2850 kg/m ³	0.1240 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2180 m ³
Aire atrapado = 1.5%	---	0.0150 m ³
Arcilla	No aplica	
Ceniza	No aplica	
Aditivo	No aplica	
Agregado grueso		
Agregado fino	2580 kg/m ³	0.6430 m ³
Fibra Natural		
Volumen de pasta		0.3570 m ³
Volumen de agregados		0.6430 m ³

10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso

Agregado fino 100.0% = 0.6430 m³ = 1646 kg

Fibra Natural

14. RESUMEN DE PROPORCIONES EN PESO

COMPONENTE	PESO SECO	PESO HÚMEDO	CORR. RENDIMIENTO
Cemento RUMI TIPO 1	354 kg	354 kg	354 kg
Agua	218 L	252 L	252 kg
Aire atrapado = 1.5%			
Arcilla	No aplica	No aplica	
Ceniza	No aplica	No aplica	
Aditivo			
Agregado grueso			
Agregado fino	1646 kg	1646 kg	1646 kg
Fibra Natural			
PUT		2251 kg	2251 kg

11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado grueso

Agregado fino 1646 kg

Fibra Natural

15. TANDA DE PRUEBA MÍNIMA 9.005 m³

COMPONENTE	PESO SECO
Cemento RUMI TIPO 1	1.768 kg
Agua	1.09L
Aire atrapado = 1.5%	0 kg
Arcilla	0 kg
Ceniza	0 kg
Aditivo	0 g
Agregado grueso	0 kg
Agregado fino	8.228 kg
Fibra Natural	0 kg
Slump obtenido	3.3/5
Apertura	Buena, cohesiva
Rendimiento	1.00

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agua 252 L

13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA P3

CEM	ARCILLA	CENIZA	A.P.	A.O.	AGUA	ADITIVO	FIBRA
1				4.8		30.3 L	

CANTIDADES DE PROBETAS PARA PRUEBA

PROBETAS 4"x8" : 3.8 UNDS

VOGAS

SLUMP

PUC

OBSERVACIONES:

* Muestras provistas e identificadas por el solicitante

* Los valores presentados en el presente diseño pueden variar ligeramente en obra por cambios en la granulometría del agregado, correcciones por humedad y absorción, la limpieza de los agregados, el cambio de tipo de cemento y/o proporción de aditivo.

ANEXO C. Diseño de mezclas de composicion de 5% Cenizas de ichu mas 10% de Arcilla.

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO 175 kg/cm²
METODO DEL ACI 211.1

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO DE AISLAMIENTO TÉRMICO DE MUROS DE ADOBES, LADRILLO Y BLOQUETA, TRATADOS CON TAPAJEOS DE SUELO MEJORADO

SOLICITANTE : BACH. ALEX FERNANDO TICONA CHOQUE
: BACH. ANGEL FRANS ALIAGA ORDOÑO
: BACH. DIEGO JOAQUÍN KICANA HANCOCCOLLO

CÓDIGO DE PROYECTO : DISTRICTO: JULIACA, PROVINCIA: SAN ROMÁN, DEPARTAMENTO: PUNO

UBICACIÓN DE PROYECTO : DISTRICTO: JULIACA, PROVINCIA: SAN ROMÁN, DEPARTAMENTO: PUNO

REGISTRO N°: LH21-LEM-218

MUESTREO POR : Solicitante

ENSAYADO POR : Solicitante

FECHA DE ENSAYO : 20/05/2021

TURNO : Diurno

Fc de diseño: 175 kg/cm²

Asentamiento: 3" a 4"

Código de mezcla: 210*0.00*P

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA
F'cr = 245

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO
R/a = 0.62

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 218 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 1.5%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
Cemento = 354 kg = 8.3 Bolsas a m³

6. ADICIONES
Arcilla = 53.0 kg = 15%
Ceniza = 17.7 kg = 5%

7. FIBRAS
Fibras Naturales: No aplica

8. ADITIVOS
Aditivo: No aplica

9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento RUMI TIPO 1	2850 kg/m ³	0.1240 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2180 m ³
Aire atrapado ± 1.5%	---	0.0150 m ³
Arcilla	2547 kg/m ³	0.0208 m ³
Ceniza	2420 kg/m ³	0.0073 m ³
Aditivo	No aplica	
Agregado grueso		
Agregado fino	2500 kg/m ³	0.6148 m ³
Fibra Natural		
Volumen de pasta		0.3852 m ³
Volumen de agregados		0.6148 m ³

10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso

Agregado fino 100.0% = 0.6148 m³ = 1574 kg

Fibra Natural

14. RESUMEN DE PROPORCIONES EN PESO

COMPONENTE	PESO SECO	PESO HÚMEDO	CORR. RENDIMIENTO
Cemento RUMI TIPO 1	354 kg	354 kg	354 kg
Agua	218 L	251 L	251 kg
Aire atrapado ± 1.5%			
Arcilla	53.0 kg	53.0 kg	53 kg
Ceniza	17.7 kg	17.7 kg	18 kg
Aditivo			
Agregado grueso			
Agregado fino	1574 kg	1574 kg	1574 kg
Fibra Natural			
PUT		2249 kg	2249 kg

11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado grueso

Agregado fino 1574 kg

Fibra Natural

15. TANDA DE PRUEBA MÍNIMA 0.065 m³

COMPONENTE	PESO SECO
Cemento RUMI TIPO 1	1.768 kg
Agua	1.09L
Aire atrapado ± 1.5%	0 kg
Arcilla	0.265 kg
Ceniza	0.088 kg
Aditivo	0 g
Agregado grueso	0 kg
Agregado fino	7.869 kg
Fibra Natural	0 kg
Slump obtenido	
3 3/8"	
Apariencia	
Buena, cohesionada	
Rendimiento	
1.66	

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agua 251 L

13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA P3

CEN	ARCILLA	CENIZA	A.P.	A.O.	AGUA	ADITIVO	FIBRA
1	0.2	0.1	4.6		30.1 L		

ANEXO D. Diseño de mezclas de composicion de 10% Cenizas de ichu mas 20% de Arcilla.

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO 175 kg/cm²
METODO DEL ACI 211.1

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO DE AISLAMIENTO TERMICO DE MUROS DE ADOBE, LADRILLO Y BLOQUETA, TRATADOS CON TAPAJEADOS DE SUELO MEJORADO

SOLICITANTE : BACH. ALEX FERNANDO TICONA CHOQUE
: BACH. ANGEL PRANS ALIAGA ORDOÑO
: BACH. DIEGO JOAQUÍN KICANA HANCCOCOCALLO

CÓDIGO DE PROYECTO : DISTRICTO: JULIACA, PROVINCIA: SAN ROMAN, DEPARTAMENTO: PUNO

UBICACIÓN DE PROYECTO : DISTRICTO: JULIACA, PROVINCIA: SAN ROMAN, DEPARTAMENTO: PUNO

REGISTRO N°: LH21-LEM-216

MUESTREO POR : Solicitante

ENSAYADO POR : Solicitante

FECHA DE ENSAYO : 20/05/2021

TURNO : Diurno

F'c de diseño: 175 kg/cm²

Asentamiento: 3" a 4"

Código de mezcla: 216*9.00%P

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA
F'cr = 245

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO
R/a/c = 0.62

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 216 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 1.5%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
Cemento = 354 kg = 8.3 Bolsas x m³

6. ADICIONES
Arcilla = 70.7 kg = 20%
Ceniza = 35.4 kg = 10%

7. FIBRAS
Fibras Naturales No aplica

8. ADITIVOS
Aditivo No aplica

9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento RUMI TIPO 1	2850 kg/m ³	0.1240 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2160 m ³
Aire atrapado ± 1.5%	---	0.0150 m ³
Arcilla	2547 kg/m ³	0.0275 m ³
Ceniza	2420 kg/m ³	0.0146 m ³
Aditivo	No aplica	
Agregado grueso		
Agregado fino	2560 kg/m ³	0.6006 m ³
Fibra Natural		
Volumen de pasta		0.3994 m ³
Volumen de agregados		0.6006 m ³

10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso

Agregado fino 100.0% = 0.6006 m³ = 1537 kg

Fibra Natural

14. RESUMEN DE PROPORCIONES EN PESO

COMPONENTE	PESO SECO	PESO HÚMEDO	CORR. RENDIMIENTO
Cemento RUMI TIPO 1	354 kg	354 kg	354 kg
Agua	216 L	250 L	250 kg
Aire atrapado ± 1.5%			
Arcilla	70.7 kg	70.7 kg	71 kg
Ceniza	35.4 kg	35.4 kg	35 kg
Aditivo			
Agregado grueso			
Agregado fino	1537 kg	1537 kg	1537 kg
Fibra Natural			
PUT		2247 kg	2247 kg

11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado grueso

Agregado fino 1537 kg

Fibra Natural

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agua 250 L

13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA P3

CEM	ARCILLA	CENIZA	A.P.	A.O.	AGUA	ADITIVO	FIBRA
1	0.2	0.1	4.5		30.0 L		

CANTIDADES DE PROBETAS PARA PRUEBA

PROBETAS 4"x8" : 3.0 UNDS

VIGAS

SLUMP

PLAC

15. TANDA DE PRUEBA MÍNIMA 0.065 m³

COMPONENTE	PESO SECO
Cemento RUMI TIPO 1	1.768 kg
Agua	1.09L
Aire atrapado ± 1.5%	0 kg
Arcilla	0.354 kg
Ceniza	0.177 kg
Aditivo	0 g
Agregado grueso	0 kg
Agregado fino	7.687 kg
Fibra Natural	0 kg
Slump obtenido	3 3/8
Apariencia	Buena, cohesiva
Rendimiento	1.66

OBSERVACIONES:

* Muestras provistas e identificadas por el solicitante

* Los valores presentados en el presente diseño pueden variar ligeramente en obra por cambios en la granulometría del agregado, correcciones por humedad y absorción, la limpieza de los agregados, el cambio de tipo de cemento y/o proporción de aditivo.

ANEXO E. Certificado de calibracion del sensor de temperatura.



PHFS Certificate of Calibration

www.fluxteq.com info@fluxteq.com +1-540-257-3735

Sensor Model: PHFS-01e
 Serial Number: PH-11687
 Date of Calibration: 20/05/2024

Sensor Calibration Method

PHFS-01 and PHFS-01e heat flux sensors are calibrated using a conduction based calibration system. The sensors are placed between a precisely controlled hot plate surface, heated by a resistance heater, and a cold water cooled surface. This calibration system was developed in-house by FluxTeq LLC and provides results of up to 5% accuracy.

Calibration Test Results

Heat Flux Sensor Sensitivity, S_{Calib}	1.02 $\pm 0.03 \mu V/(W/m^2)$
Sensor Temperature at Time of Calibration, T_{Calib}	25.0 $^{\circ}C$
Heat Flux at Time of Calibration	3420 W/m^2

- Sensors should be recalibrated after 1 year to ensure accuracy.
- Each individual sensor is calibrated in conduction system to within 5%.
- Alternate calibration procedures under radiation and convection conditions are available upon request for additional cost per sensor.

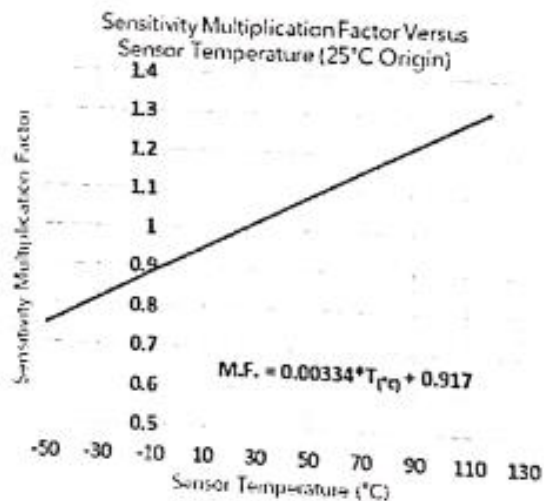
Apply the Sensitivity Multiplication Factor (M.F.) to adjust sensor sensitivity when the sensor temperature is significantly different than 25 $^{\circ}C$.

The resulting sensitivity at that sensor temperature, S_{Tc} , can be found using the following equation.

$$S_{Tc} = [0.00334 \cdot T_c + 0.917] \cdot S_{Calib}$$

Where T_c is the sensor's temperature in degrees Celsius & S_{Calib} is the calibrated sensor sensitivity provided in the table above.

Calibrated by: 76



For additional information about PHFS heat flux sensor specifications, applications, or general inquiries, use the following contact information or visit the FluxTeq website at www.FluxTeq.com

Direct General Inquiries To: info@FluxTeq.com Phone: +1-(540) 257-3735

Email: info@FluxTeq.com Homepage: www.FluxTeq.com Phone: +1-(540)257-3735
 1800 Kraft Drive, Suite 109, Blacksburg, VA 24060-6370

ANEXO F. Certificado de calibración equipos de laboratorio.

 METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C. Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio		
Área de Metrología Laboratorio de Masa		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 300 - 2021
Página 1 de 4		
1. Expediente	210373	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	MULTISERVICIOS Y CONSTRUCTORA LH S.A.C	
3. Dirección	Jr. Honduras Mz. B26 Lote 7B Urb. Taparachi 1 Sector, San Ramon - Juliaca - PUNO	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad Máxima	6 200 g	
División de escala (d)	0,1 g	
Div. de verificación (e)	0,1 g	
Clase de exactitud	II	
Marca	OHAUS	
Modelo	SJX6201/E	
Número de Serie	B835336209	
Capacidad mínima	5 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO MULTISERVICIOS Y CONSTRUCTORA LH	
5. Fecha de Calibración	2021-07-09	
Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2021-07-10		Firmado digitalmente por Eleazar Cesar Chavez Raraz Fecha: 2021.07.11 23:31:33 -05'00'
		
Metrologia & Técnicas S.A.C. Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego , SMP , LIMA Tel: (511) 540-0642 Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282		
ventas@metrologiatecnicas.com metrologia@metrologiatecnicas.com www.metrologiatecnicas.com		

ANEXO G. Certificado de calibración equipos de laboratorio METROTEC.

**METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.**
Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 300 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, según el PC-001 2da Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II" del INACAL-DM.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO MULTISERVICIOS Y CONSTRUCTORA LH
Jr. Honduras Mz. B26 Lote 7B Urb. Taparachi 1 Sector, San Ramon - Juliaca - PUNO

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	18,0	19,5
Humedad Relativa (%)	59	63

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM - INACAL LM-075-2020	Pesa (exactitud E2)	LM-C-257-2020
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL IP-214-2020	Pesas (exactitud M1)	SGM-A-2194-2020
PESAS (Clase de exactitud M1) DM - INACAL SGM-A-1974-2020	Pesas (exactitud M2)	SGM-A-2362-2020
PESA (Clase de exactitud M1) SG NORTEC: SGM-A-1972-2020	Pesa (exactitud M2)	SGM-A-2143-2020
PESA (Clase de exactitud M1) SG NORTEC: SGM-A-1973-2020	Pesa (exactitud M2)	SGM-A-2144-2020

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.