



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LOS VALORES DE TRANSMITANCIAS
TÉRMICAS DE LOS MÓDULOS SUMAQ WASI EN CCATCCA-QUISPICANCHI,
SEGÚN LA NORMA EM.110"**

Presentado por:

HERENCIA TURPO, Paola Milena

PALOMINO ARONI, Paul Erick

Para optar al título profesional de Ingeniero Civil

Asesor: Dr. Ing. Víctor Chacón Sánchez

CUSCO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

*A mi familia por su infinito amor y comprensión;
a todos nuestros hermanos peruanos que sufren
las terribles consecuencias de las fuertes
heladas y friaje producto de una pobre calidad
de vida y a todas las familias que sufren de
escasos recursos.*

PAOLA MILENA HERENCIA TURPO



DEDICATORIA

A mis hermanas, Sonaly y Dalia quienes son los más importante en este punto de mi vida, a mis padres, sé que a ellos les contenta mucho los logros de sus hijos. A Yesica y Jhon por ser parte fundamental en mi motivación para culminar mis estudios, me gustaría conocer un medio para que lo sepan y decirles que lo logré.

PAUL ERICK PALOMINO ARONI



AGRADECIMIENTO

A mis padres Nelly Turpo y Rene Herencia por todo su amor y apoyo incondicional; a mis hermanas Vanessa y Mikaela por ser mi soporte en todo momento y por enseñarme lo hermoso de la vida. A Catalina y Julieta, por traer alegría y color a mis días. A mis abuelos, tías y tíos por darme la fuerza de crecer y nunca rendirme.

A todos mis docentes universitarios por brindarme todas las herramientas necesarias para ejercer la carrera, a todos mis amigos y compañeros de carrera, por su cariño y sincera amistad; a mi asesor Ing. Víctor Chacón por su asesoramiento en la presente investigación, a mi gran amigo Erick Palomino, por ser un ejemplo de fuerza y voluntad para seguir adelante.

Y a Dios por su infinita bondad.

PAOLA MILENA HERENCIA TURPO



AGRADECIMIENTO

A mis padres, a mi familia, nunca he conocido a una familia tan unida como la mía mis abuelos, mis tíos, mis tías, mis primos y primas, ellos me apoyaron desde el primer momento de mi vida profesional y sé que lo seguirán haciendo. A mi amiga Paola Herencia por la confianza de realizar el trabajo conmigo, al ingeniero Víctor Chacón por su tiempo y guía en este trabajo de investigación y a mis compañeros de la universidad por el apoyo en cada paso de la vida universitaria.

PAUL ERICK PALOMINO ARONI



RESUMEN

En esta investigación se evaluó los valores de transmitancias térmicas de los módulos habitacionales Sumaq Wasi, los que actualmente son ejecutados por el Programa Nacional de Vivienda Rural (PNVR) en beneficio de los peruanos en condición de pobreza y pobreza extrema. Para la presente investigación se tomaron en cuenta 02 módulos habitacionales existentes en el distrito de Ccatcca, la primera con material predominante de adobe ubicada en la comunidad de Cjatacamara, y la segunda con material predominante de ladrillo ubicada en la comunidad de Ccopi; cada una cuenta con diferentes dimensiones y materiales característicos en sus envolventes, es así como se calculó los valores de transmitancias térmicas de sus respectivas envolventes según los límites máximos de la norma técnica EM. 110 “Confort térmico y lumínico con eficiencia energética” la cual corresponde a la Reglamento Nacional de Edificaciones, con el objetivo de comparar los valores de transmitancias térmicas de ambos módulos Sumaq Wasi.

El R.N.E. norma EM. 110 brinda información sobre el procedimiento que se utiliza para hallar las transmitancias térmicas en muros, techos y pisos. Para la presente investigación, elegimos las viviendas ambos tipos de vivienda para hacer toma de datos, mediciones y levantamiento para contrastar con los planos que posteriormente nos brindó el Ministerio de Vivienda; asimismo, se realizó un modelado en el programa Autodesk Revit 2023, posteriormente colocamos los datos de espesor, cantidad, perímetro y coeficiente de transmitancia térmica en las tablas brindadas por la R.N.E. norma EM. 110, para así obtener transmitancias térmicas finales de muros, techos y pisos para cada módulo Sumaq Wasi de adobe con área tapón y doble muro de ladrillo con aislante.

Se concluyó que ambos módulos habitacionales Sumaq Wasi cumplen con los límites máximos de la R.N.E. norma EM. 110 a excepción de la envolvente tipo 4A, 4B y 4C del módulo de



doble muro de ladrillo con aislante. En el caso del módulo de adobe con área tapón sus transmitancias son en el tipo de envolvente 1A es $1.658 \text{ W/m}^2\text{K}$, en 3A es $0.928 \text{ W/m}^2\text{K}$ y en 4A es $0.555 \text{ W/m}^2\text{K}$; y en el módulo de doble muro de ladrillo con aislante en el tipo 1A es $1.813 \text{ W/m}^2\text{K}$, en 3A es $0.926 \text{ W/m}^2\text{K}$ y en 4A es $3.417 \text{ W/m}^2\text{K}$, corroborando que el módulo de doble muro de ladrillo con aislante cumple con los límites máximos de la norma en muros y techos, más no en pisos.

Palabras clave: Sumaq Wasi, transmitancia térmica, Norma EM. 110, envolvente, módulo habitacional, adobe con área tapón, doble muro de ladrillo con aislante.



ABSTRACT

This research evaluated the thermal transmittance values of the Sumaq Wasi housing modules, which are currently implemented by the National Rural Housing Program (PNVR) for the benefit of Peruvians living in poverty and extreme poverty. For the present investigation, two existing housing modules were taken into account in the district of Ccatcca, the first one with predominantly adobe material located in the community of Cjatacamara, and the second one with predominantly brick material located in the community of Ccopi; each one has different dimensions and characteristic materials in their envelopes, thus the values of thermal transmittances of their respective envelopes were calculated according to the maximum limits of the technical standard EM. 110 "Thermal and lighting comfort with energy efficiency", which corresponds to the National Building Regulations, in order to compare the thermal transmittance values of both Sumaq Wasi modules.

The R.N.E. norm EM. 110 provides information on the procedure used to find the thermal transmittances in walls, roofs and floors. For the present investigation, we chose the houses and both types of houses to make data collection, measurements and survey to contrast with the plans that were later provided by the Ministry of Housing; also, a modeling was made in the program Autodesk Revit 2023, then we placed the data of thickness, quantity, perimeter and coefficient of thermal transmittance in the tables provided by the R. N.E. norm EM. 110, in order to obtain the final thermal transmittance of walls, roofs and floors for each Sumaq Wasi module of adobe with plug area and double brick wall with insulation.

It was concluded that both Sumaq Wasi housing modules comply with the maximum limits of the R.N.E. standard EM. 110 with the exception of the envelope type 4A, 4B and 4C of the double brick wall module with insulation. In the case of the adobe module with plugged area its transmittances are in the envelope type 1A is $1.658 \text{ W/m}^2\text{K}$, in 3A is $0.928 \text{ W/m}^2\text{K}$ and in 4A is $0.555 \text{ W/m}^2\text{K}$, and in the double brick wall module with insulation in type 1A is 1.813



W/m^2K , in 3A is $0.926 W/m^2K$ and in 4A is $3.417 w/m2k$, corroborating that the double brick wall module with insulation complies with the maximum limits of the standard in walls and ceilings, but not in floors.

Key words: Sumaq Wasi, thermal transmittance, Standard EM. 110, envelope, housing module, adobe with plug area, double brick wall with insulation.



Evaluación comparativa de los valores de transmitancias térmicas de los módulos Sumaq Wasi en Ccatcca- Quispicanchi, según la norma EM.110

por Paola Milena Herencia Turpo Paul Erick Palomino Aroni

Fecha de entrega: 23-abr-2023 09:53a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2072739135

Nombre del archivo: TESIS_SUST-FINALOK_HERENCIA_PALOMINO_TRANSMITANCIAS_T_RMICAS.pdf
(58.48M)

Total de palabras: 73782

Total de caracteres: 353758



térmicas de los módulos Sumaq Wasi en Ccatcca-Quispicanchi, según la norma EM.110

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	1library.co Fuente de Internet	1%
6	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	<1%



9

confort térmico y arquitectura vernácula en políticas habitacionales rurales. Caso noroeste cordobés, Argentina", AUS, 2022

Publicación

< 1 %

10

issuu.com

Fuente de Internet

< 1 %

11

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

< 1 %

12

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

< 1 %

13

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %

14

Fang, Y.. "Predicted thermal performance of triple vacuum glazing", Solar Energy, 201012

Publicación

< 1 %

15

repositorio.upt.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %

16

vsip.info

Fuente de Internet

< 1 %

17

cdn.www.gob.pe

Fuente de Internet

< 1 %

18

repositorio.uprit.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %



19	Fuente de Internet	< 1 %
20	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	< 1 %
21	Submitted to Universidad de Vigo Trabajo del estudiante	< 1 %
22	inmobiliare.com Fuente de Internet	< 1 %
23	dx.doi.org Fuente de Internet	< 1 %
24	en.perfilthermik.com Fuente de Internet	< 1 %
25	www.arquitectura-tecnica.com Fuente de Internet	< 1 %
26	kokomexico.com Fuente de Internet	< 1 %
27	www.upb.edu Fuente de Internet	< 1 %
28	docplayer.cz Fuente de Internet	< 1 %
29	Submitted to Universidad del Valle Trabajo del estudiante	< 1 %
30	exitosanoticias.pe Fuente de Internet	< 1 %



31 MINERIA Y ASUNTOS AMBIENTALES SAC -
PASMINGA SAC. "Actualización del Plan de
Cierre de Minas de la Unidad Minera
Suyckutambo-IGA0001346", R.D. N° 160-2016-
MEM/DGAAM, 2020

Publicación

< 1 %

32

livrepository.liverpool.ac.uk

Fuente de Internet

< 1 %

33

proceedings.ises.org

Fuente de Internet

< 1 %

34

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

< 1 %

35

vdocuments.es

Fuente de Internet

< 1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo



INTRODUCCIÓN

Los problemas de heladas y friaje en nuestro país han sido fenómenos meteorológicos recurrentes que afectan de manera significativa a la población de zonas alto y meso andinas; en especial a niños menores de 5 años y adultos mayores de 60 años; siendo así la población más vulnerable en estas épocas. Si bien es cierto la buena salud y calidad de vida son factores importantes para un desarrollo adecuado del ser humano, también lo es la calidad de vivienda. Por lo mismo, la presente investigación hace hincapié en la evaluación de transmitancias térmicas de los módulos habitacionales construidos por el Programa Nacional de Vivienda Rural en el distrito de Ccatcca – Quispicanchi – Cusco, los cuales son: el módulo habitacional Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón (Sumaq Wasi de adobe) y el módulo habitacional Sumaq Wasi diseño de doble muro de ladrillo con aislante (Sumaq Wasi de ladrillo); dichas variables (transmitancias térmicas) serán comparadas con los límites máximos expuestos en la norma *EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética* para verificar su cumplimiento para esta zona bioclimática.

La investigación consta de 5 capítulos; en el primer capítulo “Planteamiento del problema” da a conocer la problemática a la cual, la presente investigación, busca aportar en su solución; asimismo la formulación interrogativa de la misma, las justificaciones e importancia del estudio, así como sus limitaciones y los objetivos que se plantearon y alcanzaron al concluir la investigación.

Seguidamente, el segundo capítulo “Marco teórico” acopla toda la información necesaria para comprender y desarrollar la investigación; por lo mismo, incluye antecedentes importantes cuyo aporte fue crucial en los diferentes aspectos que contiene la presente tesis.

En el tercer capítulo “Metodología” se describe el diseño y metodología de la investigación, la población y muestra, así como sus criterios evaluativos; y los instrumentos usados para el



desarrollo de la tesis; asimismo, muestra el procedimiento de evaluación de las transmitancias térmicas por envolvente de los módulos habitacionales Sumaq Wasi tanto de adobe como ladrillo.

El cuarto capítulo “Resultados” muestran los datos obtenidos del capítulo anterior; los mismos que son comparados con los límites máximos expuestos en la norma EM.110.

Y, por último, el capítulo 5: “Discusión” incluye diferentes observaciones que se dieron a lo largo del proceso de estudio; de igual forma, incluye aportes importantes para futuros estudios enfocados en el tema principal de la tesis, el estudio de transmitancias térmicas.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos de la investigación y como estos pueden incluso mejorar o cambiar el diseño de estos módulos Sumaq Wasi.



CONTENIDO

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.1. Identificación del Problema	20
1.1.1. Descripción del problema	20
1.1.2. Formulación interrogativa del problema	23
1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general	23
1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos	23
1.2. Justificación e Importancia de la investigación	24
1.2.1. Justificación técnica	24
1.2.2. Justificación social	24
1.2.3. Justificación por viabilidad	24
1.2.4. Justificación por relevancia	25
1.3. Limitaciones de la Investigación	25
1.3.1. Limitación espacial	25
1.3.2. Limitación temporal	25
1.3.3. Limitación social	25
1.3.4. Limitación conceptual	26
1.4. Objetivo de la investigación	27
1.4.1. Objetivo General	27
1.4.2. Objetivos Específicos	27
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	28
2.1. Antecedentes de la tesis	28
2.1.1. Antecedentes a Nivel Local	28
2.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional	29
2.1.3. Antecedentes a Nivel Internacional	30
2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes	31
2.2.1. Transmitancia Térmica	31
2.2.2. Módulo Habitacional Sumaq Wasi	31
2.2.3.1. Tipos de módulo habitacional Sumaq Wasi	32
2.2.3.1.1. Módulo habitacional de adobe con área tapón	32
2.2.3.1.2. Módulo habitacional con doble muro de ladrillo con aislante	33



2.3. Hipótesis	34
2.3.1. Hipótesis General.....	34
2.3.2. Sub hipótesis	34
2.4. Definición de Variables	36
2.4.1. Tipo de módulo habitacional Sumaq Wasi	36
2.4.2. Transmitancia Térmica	36
2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables	37
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	38
3.1. Metodología de la Investigación	38
3.1.1. Enfoque de la investigación	38
3.1.2. Nivel o alcance de la investigación.....	38
3.1.3. Método de investigación	38
3.2. Diseño de la Investigación	39
3.2.1. Diseño metodológico	39
3.2.2. Diseño de Ingeniería	39
3.3. Población y Muestra	42
3.3.1. Población.....	42
3.3.1.1. Descripción de la población	42
3.3.1.2. Cuantificación de la población	42
3.3.2. Muestra	42
3.3.2.1. Descripción de la muestra	42
3.3.2.2. Cuantificación de la muestra	42
3.3.2.3. Método de muestreo	43
3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra	43
3.3.3. Criterios de inclusión	43
3.4. Instrumentos	44
3.4.1. Instrumentos metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos.....	44
3.4.2. Instrumentos de Ingeniería.....	45
3.5. Procedimientos de Recolección de Datos	58
3.6. Procedimientos de Análisis de datos	60
3.6.1. Datos de los Módulos Sumaq Wasi	60



3.6.2.	Determinación de los valores de Transmitancias Térmicas Máximas	60
3.6.3.	Descripción de envolventes	61
3.6.4.	Verificación de Envolventes	68
3.6.5.	Cálculo de Envolvente en Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón	68
3.6.5.1.	Tipo de Envolvente 1A	68
3.6.5.2.	Tipo de Envolvente 3A	91
3.6.5.3.	Tipo de Envolvente 4A	101
3.6.6.	Cálculo de Envolvente en Módulo Sumaq Wasi diseño de doble muro de ladrillo con aislante.....	108
3.6.6.1.	Tipo de Envolvente 1A	108
3.6.6.2.	Tipo de Envolvente 3A	132
3.6.6.1.	Tipo de Envolvente 4A	141
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		145
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		145
5.1.	GLOSARIO	152
27.1.	CONCLUSIONES	156
27.2.	RECOMENDACIONES	158
27.3.	REFERENCIAS	160
27.4.	APENDICES	163
27.5.	ANEXOS	187



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Áreas de módulo habitacional de adobe con área tapón</i> _____	32
Tabla 2. <i>Características de módulo habitacional de adobe con área tapón</i> _____	33
Tabla 3. <i>Áreas de módulo habitacional doble muro de ladrillo con aislante</i> _____	34
Tabla 4. <i>Características de módulo habitacional doble muro de ladrillo con aislante</i> _____	34
Tabla 5. <i>Cuadro de operacionalización de Variables</i> _____	37
Tabla 6. <i>Ficha de recolección de datos por envolvente</i> _____	46
Tabla 7. <i>Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolvente tipo 1</i> _____	47
Tabla 8. <i>Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolvente tipo 2</i> _____	50
Tabla 9. <i>Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolvente tipo 3</i> _____	54
Tabla 10. <i>Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolvente tipo 4</i> _____	56
Tabla 11. <i>Datos del Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón</i> _____	60
Tabla 12. <i>Datos del Módulo Sumaq Wasi doble muro de ladrillo con aislante</i> _____	60
Tabla 13. <i>Valores de los límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²K</i> _____	61
Tabla 14. <i>Verificación de envolventes de Módulos Sumaq Wasi de adobe y ladrillo versus norma EM.110</i> _____	68
Tabla 15. <i>Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo 1A para módulo de adobe.</i> _____	72
Tabla 16. <i>Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A para módulo de adobe.</i> _____	73
Tabla 17. <i>Relación entre la permeabilidad y el espacio de borde total efectivo entre la contraventana y su entorno</i> _____	76
Tabla 18. <i>Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para muros 1A – módulo de adobe.</i> _____	80
Tabla 19. <i>Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 1A – muros en Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón.</i> _____	82
Tabla 20. <i>Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para sobrecimientos 1A – módulo de adobe.</i> _____	83
Tabla 21. <i>Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 1A - sobrecimientos en Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón</i> _____	84
Tabla 22. <i>Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para vigas 1A – módulo de adobe.</i> _____	86
Tabla 23. <i>Áreas de las vigas del módulo habitacional de adobe con área tapón.</i> _____	86
Tabla 24. <i>Transmitancia térmica de la cámara de aire (R) según su espesor en techos tipo 3A, 3B y 3C.</i> _____	92



Tabla 25. Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para techos con cámara de aire – módulo de adobe. _____	92
Tabla 26. Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para techos 3A – módulo de adobe. _____	93
Tabla 27. Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 3A – techos en Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón. _____	94
Tabla 28. Datos de las correas del módulo habitacional de adobe con área tapón. _____	96
Tabla 29. Datos de los tijerales del módulo habitacional de adobe con área tapón. _____	97
Tabla 30. Datos de los dinteles del módulo habitacional de adobe con área tapón. _____	99
Tabla 31. Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para pisos 4A – módulo de adobe. _____	102
Tabla 32. Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 4A – piso de cemento pulido en Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón. _____	103
Tabla 33. Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 4A – piso de madera machihembrada en Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón. _____	105
Tabla 34. Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo 1A para módulo de ladrillo. _____	111
Tabla 35. Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A para módulo de ladrillo. _____	112
Tabla 36. Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para muros 1A – módulo de ladrillo. _____	118
Tabla 37. Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 1A – muros en Módulo Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con aislante. _____	120
Tabla 38. Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para columnas 1A – módulo de ladrillo. _____	121
Tabla 39. Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 1A - columnas en Módulo Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con aislante. _____	123
Tabla 40. Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para sobrecimientos 1A – módulo de ladrillo. _____	125
Tabla 41. Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 1A - sobrecimientos en Módulo Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con aislante. _____	126
Tabla 42. Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para vigas 1A – módulo de ladrillo. _____	128
Tabla 43. Áreas de las vigas del módulo habitacional de doble muro de ladrillo con aislante. _____	128
Tabla 44. Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 1A - vigas en Módulo Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con aislante _____	129



Tabla 45. <i>Transmitancia térmica de la cámara de aire (R) según su espesor en techos tipo 3A, 3B y 3C.</i>	134
Tabla 46. <i>Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para techos con cámara de aire – módulo de ladrillo.</i>	134
Tabla 47. <i>Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para techos 3A – módulo de ladrillo.</i>	135
Tabla 48. <i>Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 3A – techos en Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón.</i>	136
Tabla 49. <i>Datos de las correas del módulo habitacional de doble muro de ladrillo con aislante.</i>	138
Tabla 50. <i>Datos de los tijerales del módulo habitacional de doble muro de ladrillo con aislante.</i>	139
Tabla 51. <i>Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para pisos 4A – módulo de ladrillo.</i>	142
Tabla 52. <i>Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 4A – piso de cemento pulido en Módulo Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con aislante.</i>	142
Tabla 53. <i>Matriz de Consistencia</i>	164
Tabla 54. <i>Ficha de observación con datos recopilados del módulo habitacional Suma Wasi de adobe con área tapón</i>	172
Tabla 55. <i>Ficha de observación con datos recopilados del módulo habitacional Suma Wasi de doble muro de ladrillo con aislante.</i>	174
Tabla 56. <i>Envolvente tipo 1A y 1B del módulo habitacional Sumaq Wasi de adobe</i>	176
Tabla 57. <i>Envolvente tipo 3A, 3B y 3C del módulo habitacional Sumaq Wasi de adobe.</i>	179
Tabla 58. <i>Envolvente tipo 4A, 4B y 4C del módulo habitacional Sumaq Wasi de adobe.</i>	180
Tabla 59. <i>Envolvente tipo 1A y 1B del módulo habitacional Sumaq Wasi de ladrillo.</i>	181
Tabla 60. <i>Envolvente tipo 3A, 3B y 3C del módulo habitacional Sumaq Wasi de ladrillo.</i>	185
Tabla 61. <i>Envolvente tipo 4A, 4B y 4C del módulo habitacional Sumaq Wasi de ladrillo.</i>	186



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Diagrama de número de hospitalizados por neumonía 2017- marzo 2022 según edad</i>	21
Figura 2. <i>Mapa de ubicación del distrito de Ccatcca</i>	22
Figura 3. <i>Módulo habitacional de adobe con área tapón (Vivienda, 2021)</i>	32
Figura 4. <i>Módulo habitacional doble muro de ladrillo con aislante (Vivienda, 2021)</i>	33
Figura 5. <i>Flujograma de actividades para el diseño de ingeniería, elaboración propia.</i>	41
Figura 6. <i>Tipo 1 A, Muro vertical</i>	61
Figura 7. <i>Tipo 1 A, muro vertical o con inclinación mayor o igual a 60° con respecto al interior de la edificación</i>	62
Figura 8. <i>Tipo 1 B, Muro horizontal en separación del interior con el terreno natural o losa de edificación.</i>	62
Figura 9. <i>Tipo 2 A, muro vertical ángulo recto</i>	63
Figura 10. <i>Tipo 2 A, Muro vertical con espacio de separación menor o igual a 2 metros de la envolvente y una edificación vecina</i>	63
Figura 11. <i>Tipo 2 B, Muro horizontal con espacio de separación mayor o igual a 1 metro entre la envolvente y el exterior.</i>	64
Figura 12. <i>Tipo 3 A, techo inclinado menor o igual a 60° grados con respecto al espacio interior</i>	64
Figura 13. <i>Tipo 3 B, techo horizontal o curvo de separación del interior con el exterior</i>	65
Figura 14. <i>Tipo 3 C, techo horizontal o curvo de separación que se encuentra debajo del nivel del terreno natural.</i>	65
Figura 15. <i>Tipo 4 A, Losa horizontal o ligeramente inclinado, también piso, de separación entre el interior con el terreno natural</i>	66
Figura 16. <i>Tipo 4 B, Losa o piso de separación entre el interior y un ambiente no habitable exterior, menor a un metro.</i>	66
Figura 17. <i>Tipo 4 C, muro vertical o inclinado del interior con el terreno natural</i>	67
Figura 18. <i>Definición de espesores en borde de contraventanas</i>	75
Figura 19. <i>Referencia para el cálculo de transmitancias térmicas de muros tipo 1A para módulo habitacional de adobe.</i>	79
Figura 20. <i>Referencia para el cálculo de transmitancias térmicas de vigas tipo 1A para módulo habitacional de adobe</i>	85
Figura 21. <i>Referencia para el cálculo de transmitancias térmicas de puente térmico: vigas tipo 3A para módulo habitacional de adobe</i>	99



Figura 22. Referencia para el cálculo de transmitancias térmicas de muros tipo 1A para módulo habitacional de ladrillo _____	117
Figura 23. Referencia para el cálculo de transmitancias térmicas de puente térmico: vigas tipo 1A para módulo habitacional de ladrillo. _____	127
Figura 24. Fotografía del módulo habitacional Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón _____	165
Figura 25. Toma de puntos georeferenciales del módulo habitacional Sumaq Wasi de adobe _____	165
Figura 26. Cielorraso del módulo Sumaq Wasi de adobe _____	166
Figura 27. Toma de datos del marco de la puerta principal del módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón _____	166
Figura 28. Composición del techo en el tragaluz del módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón _____	167
Figura 29. Toma de datos de la contraventana del módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón _____	167
Figura 30. Toma de datos del sobrecimiento del módulo Sumaq Wasi de adobe _____	168
Figura 31. Fotografía con el beneficiario de la vivienda Sumaq Wasi de adobe en la comunidad de Cjatacamara. _____	168
Figura 32. Toma de datos de la puerta principal del módulo Sumaq Wasi diseño doble muro de ladrillo con aislante. _____	169
Figura 33. Toma de datos del perímetro del módulo Sumaq Wasi diseño doble muro de ladrillo con aislante _____	169
Figura 34. Fotografía de la estructura del techo de tubo LAC y tecnopor del módulo Sumaq Wasi diseño doble muro de ladrillo con aislante _____	170
Figura 35. Fotografía de la contraventana N°02 del módulo Sumaq Wasi diseño doble muro de ladrillo con aislante _____	170
Figura 36. Fotografía con el beneficiario de la vivienda Sumaq Wasi de adobe en la comunidad de Cjatacamara. _____	171



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema

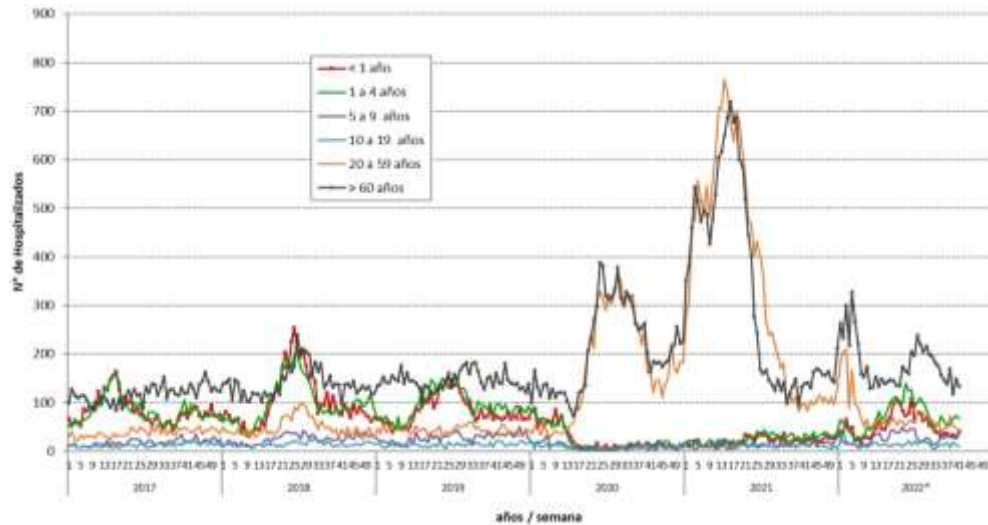
1.1.1. Descripción del problema

Las heladas son fenómenos presentes en la climatología de las regiones sur de nuestro país, siendo las más afectadas aquellas zonas que se encuentran sobre los 3000 m.s.n.m.; sin embargo, este fenómeno cobra mayor intensidad en los meses de junio y julio en la sierra sur, específicamente en los departamentos de Puno, Arequipa, Tacna, Moquegua, Cusco, Ayacucho, Huancavelica, Pasco, Junín y Apurímac (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2019).

Coincidentemente, las regiones anteriormente mencionadas son también las más afectadas por muertes por neumonía y enfermedades respiratorias. Según el Reporte de Sala de Situación del año 2018 publicado por el Ministerio de Salud (MINSA), a nivel nacional “el 29.07% de los episodios por neumonía se reportaron en el grupo de mayores de 60 años a más, seguidos por el 25.82% en el grupo de 1 a 4 años”. El Reporte también informa que una de las regiones más afectadas por las heladas es Cusco, donde se ha registrado una tasa de letalidad por neumonía y enfermedades respiratorias a causa de las heladas en un 11,5% en adultos mayores de 60 años y un 1,6% en niños menores de 5 años.

Figura 1.

Diagrama de número de hospitalizados por neumonía 2017- marzo 2022 según edad



Nota: Diagrama que muestra el número de hospitalizados frente a la semana epidemiológica en el año 2018. Tomado de Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades – MINSA SE 41 - 2022 (pág. 222).

El último reporte de sala situacional SE 42 – 2022 presentado por el MINSA, informa que en el departamento del Cusco se han registrado 119 adultos mayores de 60 años y 20 niños menores de 5 años fallecidos a causa de la neumonía (Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades, 2022).

En la actualidad, el panorama sigue siendo lamentable y crítico puesto que la neumonía es un problema que afecta directamente a los pulmones provocando sangrados y llevando a la muerte en pocos días. Muchos de nuestros hermanos peruanos, en estos momentos, siguen siendo azotados por las heladas y friajes que no permiten un desarrollo vital adecuado, especialmente el de los niños.

Dados estos acontecimientos reiterativos en nuestra región; es importante considerar los factores involucrados en la mejora de la calidad de vida de quienes sufren este fenómeno de forma anual; según Elosúa (2010) quien evaluó diferentes dimensiones que determinan la calidad de vida afirma que la calidad de vivienda es tan relevante como la educación; es por ello que en el presente estudio y junto con lo anteriormente expuesto, podemos deducir que la importancia de una vivienda construida con

materiales que ayuden al aislamiento térmico en su interior es de gran necesidad; pues en las noches y horas de madrugada es cuando las temperaturas descienden más (Convenio de cooperación técnica Interinstitucional SENAMHI-FAO, 2010). Por esta razón, es de suma importancia estudiar estas características de los materiales que componen las viviendas ante la necesidad de mejorar la calidad de vida; por ello, la presente investigación involucra el estudio de las transmitancias térmicas en las viviendas construidas por el Programa Nacional de Vivienda Rural en el distrito de Ccatcca denominadas módulos habitacionales Sumaq Wasi; encontrándose el tipo "diseño en adobe con área tapón" que, a partir de ahora se denominará como "Sumaq Wasi de adobe"; y el tipo "diseño doble muro de ladrillo con aislante" que, a partir de ahora se denominará como "Sumaq Wasi de ladrillo".

Los módulos habitacionales Sumaq Wasi han sido construidos en 11 regiones del Perú, en nuestro ámbito local, se evaluó en la región de Cusco su provincia Quispicanchi, distrito Ccatcca.

Figura 2.

Mapa de ubicación del distrito de Ccatcca



Nota: a) Mapa de ubicación geográfica del departamento de Cusco en Perú b) Mapa de ubicación geográfica de la provincia de Quispicanchi en Cusco c) Mapa de ubicación geográfica del distrito de Ccatcca en Quispicanchi. Tomado de andina.pe, 2009.



1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál es el resultado de la evaluación comparativa de los valores de transmitancias térmicas de los módulos Sumaq Wasi en Ccatcca-Quispicanchi, según la norma EM.110?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

- 1° ¿Cuál es el valor obtenido de evaluar la transmitancia térmica de los muros del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma EM.110?
- 2° ¿Cuál es el valor obtenido de evaluar la transmitancia térmica de los techos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma EM.110?
- 3° ¿Cuál es el valor obtenido de evaluar la transmitancia térmica de los pisos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma EM.110?
- 4° ¿Cuál es el valor obtenido de evaluar la transmitancia térmica de los muros del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma EM.110?
- 5° ¿Cuál es el valor obtenido de evaluar la transmitancia térmica de los techos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" en la zona bioclimática mesoandina del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma EM.110?
- 6° ¿Cuál es el valor obtenido de evaluar la transmitancia térmica de los pisos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante"?



en la zona bioclimática mesoandina del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma EM.110?

1.2. Justificación e Importancia de la investigación

1.2.1. Justificación técnica

En lo que respecta a la evaluación comparativa se tiene como principal herramienta la Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico Con Eficiencia Energética. la cual nos brindará límites máximos para determinar si los valores obtenidos en la evaluación cumplen con estos, así mismo, los instrumentos a utilizar para obtener datos son de manejo sencillo y no requiere de especialización para su uso. Además, la presente tesis aportará al campo de la construcción sostenible y eficiencia energética en la ingeniería civil.

1.2.2. Justificación social

La presente investigación contribuirá a los beneficiarios que poseen un módulo habitacional Sumaq Wasi, en el distrito de Ccatcca, puesto que, se verifica si los valores de transmitancia térmica cumplen con lo establecido en la norma EM.110, estos valores nos ayudan a conocer la propiedad de las envolventes de los módulos para mantener el calor contenido de día por eficiencia solar hasta horas de la noche y así mejorar el bienestar y la calidad de vida de los habitantes. Del mismo modo, la presente investigación aportará al conocimiento de estudiantes y docentes no solo de la Universidad Andina del Cusco, sino a cualquier investigador que desee abordar esta área de la ingeniería civil.

1.2.3. Justificación por viabilidad

Asimismo, el presente estudio es viable ya que podremos adquirir los instrumentos de medición para la recolección de datos los mismos que no requieren de especialización ni mano de técnica para su uso; los viajes que se realizarán a la zona de estudio serán



solventados por nuestros medios en vista a que se encuentra 73 km de la ciudad del Cusco.

1.2.4. Justificación por relevancia

La presente investigación es de gran importancia debido a que nos ayudará a conocer los valores de transmitancia térmica y propiedades higrotérmicas de las envolventes pertenecientes a los módulos habitacionales Sumaq Wasi “diseño en adobe con área tapón” y “diseño doble muro de ladrillo con aislante”, los cuales contrarrestan directamente a la problemática de la investigación (muertes por neumonía y enfermedades respiratorias) de los habitantes de la zona bioclimática mesoandina de nuestro país.

1.3.Limitaciones de la Investigación

1.3.1. Limitación espacial.

La evaluación será llevada a cabo en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchi, lugares donde se encuentran los módulos habitacionales Sumaq Wasi. Cabe mencionar que el distrito de Ccatcca pertenece a la zona bioclimática mesoandina; por lo que este estudio tiene esta limitación clasificada por la Norma EM.110.

1.3.2. Limitación temporal

El estudio se limita al cumplimiento del cronograma establecido por los investigadores en los meses de mayo, junio y julio, meses en los que se registran las temperaturas más bajas del año, correspondientes al 2022.

1.3.3. Limitación social

Para el presente estudio, únicamente dos familias beneficiarias por el PNVR nos permitieron el acceso a sus viviendas Sumaq Wasi de diseño de adobe con área tapón y diseño doble muro de ladrillo con aislante respectivamente para poder tomar los datos que nos serán necesarios para la evaluación.



1.3.4. Limitación conceptual

La investigación se limita al estudio de los valores de las transmitancias térmicas expuestas en la norma peruana EM.110 confort Térmico y Lumínico con eficiencia Solar; pues el presente estudio evaluará las envolventes (pisos, muros y techos) en los módulos Sumaq Wasi de adobe y ladrillo. Asimismo, no se cuentan con numerosa cantidad de antecedentes referentes al presente estudio.



1.4. Objetivo de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Comparar los valores de transmitancias térmicas de los módulos Sumaq Wasi en Ccatcca-Quispicanchi, según la norma EM.110.

1.4.2. Objetivos Específicos

- 1° Evaluar los valores de transmitancia térmica de los muros del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma EM.110.
- 2° Evaluar los valores de transmitancia térmica de los techos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma EM.110.
- 3° Evaluar los valores de transmitancia térmica de los pisos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma EM.110.
- 4° Evaluar los valores de transmitancia térmica de los muros del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" andina del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma EM.110.
- 5° Evaluar los valores de transmitancia térmica de los techos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" andina del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma EM.110.
- 6° Evaluar los valores de transmitancia térmica de los pisos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" andina del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma EM.110.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la tesis

2.1.1. Antecedentes a Nivel Local

Según Endara y Jiménez (2019) en el trabajo de investigación titulada *“Evaluación de las transmitancias térmicas de la casa ecológica andina PUCP del distrito de Langui, provincia de Canas – Cusco, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110, para mejorar las condiciones de confort térmico de las viviendas de la zona bioclimática alto andina en el Perú”* de la Universidad Andina del Cusco; donde el objetivo general fue evaluar la transmitancia térmica desde el punto de vista del confort térmico de la Casa Ecológica PUCP del distrito de Langui, provincia de Canas Cusco, según los límites máximos de la Norma EM.110: Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética, para mejorar las condiciones de confort térmico en el módulo casa ecológica, del mismo modo poder replicar ese diseño en las zonas altoandinas.

Los investigadores concluyeron que el estudio de las transmitancias térmicas en forma global en la casa ecológica andina PUCP del distrito de Langui – Cusco no cumplió con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica para la zona bioclimática alto andina según la Norma EM.110.

De la tesis mencionada obtenemos conocimiento del proceso para realizar la evaluación en la casa ecológica andina PUCP de acuerdo a los límites máximos de la norma EM.110; asimismo se toma de referencia cierta estructura que se debe seguir para la evaluación de transmitancias térmicas, por ello es un referente muy importante a tomar en cuenta.



Por otro lado; Chumbiray (2021) en su trabajo de investigación titulada “*Análisis del confort térmico en escuela modelo de la sierra peruana y evaluación de mejoramiento térmico mediante el uso de principios bioclimáticos*” de la Pontificia Universidad Católica del Perú; tuvo como objetivo general evaluar el confort térmico de una escuela ubicada en el departamento de Cusco; asimismo, el investigador proporciona mejoras según los lineamientos bioclimáticos con el propósito de convertir estos espacios más confortables térmicamente; y finalmente buscó desarrollar modelos eficientes y sostenibles que presenten sistemas complejos de calefacción para cumplir las expectativas de confort en los estudiantes.

Los resultados de la investigación llevaron a concluir al autor que, los ocupantes de los salones de clase de la escuela modelo analizados experimentan un *disconfort* en el horario de clases en los meses de invierno; pues las temperaturas en los salones de clase se encuentran por debajo del límite inferior permitido y por lo mismo se tiene la sensación de frío.

De la tesis mencionada rescatamos que, el investigador se basa en los lineamientos bioclimáticos según temperaturas interiores para estudiar el confort térmico y considerar mejoras en el diseño de esta escuela modelo. En la presente investigación no se proporcionan propuestas de mejora; pero si se estudiarán los módulos habitacionales según estos lineamientos parametrizados en la norma EM. 110 considerando el estudio de las envolventes según su transmitancia térmica de los materiales.

2.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional

El antecedente nacional corresponde a Canales (2018) en su tesis titulada “*Confort térmico en las edificaciones de las aldeas infantiles de la provincia de Huancayo según la norma EM-110 del R.N.E. 2017*” de la Universidad Peruana de los Andes; tuvo como



objetivo general, determinar si las edificaciones de las aldeas infantiles de la Provincia de Huancayo son confortables desde el punto de vista térmico, de acuerdo a la Norma EM-110 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

La autora concluyó que las edificaciones presentes en el lugar de estudio no cumplen con los lineamientos establecidos en la Norma Técnica Peruana EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energético, por lo que no presentan un correcto confort térmico, pues la Aldea Infantil el Rosario – Huancayo, es en un 100% no confortable y la Aldea Infantil SOS – Sicaya es en un 70% no confortable.

De la tesis mencionada anteriormente rescatamos la obtención de resultados, la medición de la transmitancia térmica para lograr determinar la pérdida de calor que se dan en las envolventes como son los pisos, muros y techo, de acuerdo a la norma EM.110. Asimismo, se toma de referencia la metodología de investigación utilizada y método de muestreo.

2.1.3. Antecedentes a Nivel Internacional

Según Cabrerizo (2012), en su tesis titulada “*Evaluación del confort térmico en viviendas con cerramientos de mampostería de ladrillo cerámico*” de la Universidad Privada Boliviana, estudia el confort térmico de viviendas construidas con ladrillo cerámico en la ciudad de Cochabamba, tuvo como objetivo general la evaluación del confort térmico de viviendas construidas en ladrillo cerámico, con el fin de identificar las características y necesidades que permitan plantear opciones bioclimáticas para el diseño y construcción de viviendas, como variables que intervienen y determinan la confortabilidad térmica teniendo en cuenta variables externas medioambientales, variables internas (envolvente), los límites máximos arquitectónicos y el usuario. Se realizó la evaluación del confort térmico de viviendas con las características



mencionadas, determinándose el comportamiento térmico con mediciones de campo, análisis y evaluación.

La conclusión más significativa para nuestra investigación fue que se deberán adecuar las edificaciones a las características climáticas de cada zona con el propósito de evitar gastos energéticos innecesarios y obtener una confortabilidad térmica; esto se logrará minimizando pérdidas de calor, maximizando las ganancias de calor por radiación solar directa y evitando pérdidas de calor en los muros que se encuentren orientados al sur.

Del trabajo mencionado anteriormente se toman las conclusiones para realizar una mejor evaluación de los módulos Sumaq Wasi, pues, en este caso, se trabaja con la norma ISO 7730, la cual muestra ampliamente ciertas características que debe tener una edificación para lograr un mejor confort térmico.

2.2.Aspectos Teóricos Pertinentes

2.2.1. Transmitancia Térmica.

Es el flujo de calor, en un régimen estacionario, dividido por área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera. Es la inversa de la Resistencia Térmica (R_t) para obtener este dato se multiplica el coeficiente de transmitancia térmica por el área que ocupa la envolvente de la cual deseamos hallar y se expresa en vatios por metro cuadrado y grado Kelvin (W/m^2K) (Ministerio de Energías y Minas, 2016)

2.2.2. Módulo Habitacional Sumaq Wasi.

Las “Sumaq Wasi”, que en idioma quechua significa “casa bonita”, están dirigidas a familias en situación de pobreza y pobreza extrema de las zonas afectadas por las heladas y el friaje.

Por su diseño, estas viviendas captan el calor del sol durante el día y lo conservan durante la noche, aumentando la temperatura al interior hasta en $14^{\circ}C$ en las épocas



más frías del año, con lo cual mejora la calidad de vida de las familias beneficiarias. De acuerdo a la región donde se ejecutan, las Sumaq Wasi varían en su diseño adaptándose a las condiciones climáticas y geográficas de cada zona de intervención (Lazo, 2021).

2.2.3.1. *Tipos de módulo habitacional Sumaq Wasi.*

En la presente investigación evaluaremos 2 tipos de módulos Sumaq Wasi las cuales son:

2.2.3.1.1. *Módulo habitacional de adobe con área tapón.*

Es un módulo habitacional en el cual su material predominante es el adobe apilado en aparejo cabeza.

Figura 3.

Módulo habitacional de adobe con área tapón (Vivienda, 2021)



Nota. Módulo habitacional Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón del programa nacional de vivienda rural [Fotografía]. Tomado de *Vivienda*, 2021.

Tabla 1.

Áreas de módulo habitacional de adobe con área tapón

Cuadro de áreas	
Área de cobertura	53.24 m ²
Área construida	33.11 m ²



Dimensiones mínimas del terreno 8m x 9m

Nota: Tomado de www.gob.pe/vivienda, 2021.

Tabla 2.

Características de módulo habitacional de adobe con área tapón

Características	
Cimientos	Cimiento corrido de concreto ciclópeo
Muros	Adobe de espesor 40 cm con refuerzo vertical de caña carrizo y refuerzo horizontal de caña chancada amarrada con alambre.
Piso	Madera machihembrada en dormitorios /cemento en espacio social
Ventanas	Marco de aluminio con sistema corredizo y vidrio. Lleva contraventana de madera contraplacada con triplay y relleno con material termoaislante.
Puertas	Puerta principal de madera con aislante térmico. Las puertas interiores son contraplacadas.
Cobertura	Cobertura de calamina. Cielorraso con drywall o baldosa colocada sobre una estructura, lleva en su interior aislante térmico. Cuenta con canaletas para evacuación de aguas pluviales. Lleva una ventana cenital con policarbonato ondulado y vidrio laminado.

Nota: Tomado de www.gob.pe/vivienda, 2021.

2.2.3.1.2. Módulo habitacional con doble muro de ladrillo con aislante.

Es un módulo habitacional en el cual su material predominante es el ladrillo, son 2 muros de ladrillo y en el medio de estas 2 cuenta con una capa de poliestireno de 1” D=10.

Figura 4.

Módulo habitacional doble muro de ladrillo con aislante (Vivienda, 2021)





Nota. Módulo habitacional Sumaq Wasi diseño doble muro de ladrillo con aislante del programa nacional de vivienda rural. Tomado de *Vivienda, 2021*.

Tabla 3.

Áreas de módulo habitacional doble muro de ladrillo con aislante

Cuadro de áreas	
Área de cobertura	40.31 m ²
Área construida	26.25 m ²
Dimensiones mínimas del terreno	8 m x 9 m

Nota: Tomado de www.gob.pe/vivienda, 2021.

Tabla 4.

Características de módulo habitacional doble muro de ladrillo con aislante

Características	
Cimientos	Cimiento corrido de concreto ciclópeo
Muros	Sistema de columnas y vigas de concreto con doble muro de ladrillo acabado caravista al exterior, muros interiores revestidos con yeso, con aislamiento térmico de poliestireno expandido entre el espacio de ambos tabiques.
Piso	Acabado con cemento en habitaciones y espacio social
Ventanas	Marco de aluminio, con contraventana de madera contra placada con triplay y relleno de material aislante. Se usa vidrio transparente.
Puertas	Puerta principal de madera con aislante térmico. Las puertas interiores son contra placadas
Cobertura	Cobertura de calamina galvanizada de 11 canales con pintura epóxica. Cielorraso con drywall o baldosa colocada sobre una estructura, lleva en su interior aislante térmico. Cuenta con canaletas para evacuación de aguas pluviales. Lleva una ventana cenital con policarbonato ondulado y vidrio laminado.

Nota: Tomado de www.gob.pe/vivienda, 2021.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General.

Los valores de transmitancias térmicas de los módulos Sumaq Wasi en Ccatcca-Quispicanchi cumplen con los límites máximos de la Norma EM.110.

2.3.2. Sub hipótesis

1° Los valores de transmitancia térmica de los muros del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón del distrito de Ccatcca-Quispicanchi son menores a 2.36 W/m²K, según la Norma EM.110.



- 2° Los valores de transmitancia térmica de los techos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a $2.21 \text{ W/m}^2\text{K}$, según la Norma EM.110.
- 3° Los valores de transmitancia térmica de los pisos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a $2.63 \text{ W/m}^2\text{K}$, según la Norma EM.110.
- 4° Los valores de transmitancia térmica de los muros del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a $2.36 \text{ W/m}^2\text{K}$, según la Norma EM.110.
- 5° Los valores de transmitancia térmica de los techos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a $2.21 \text{ W/m}^2\text{K}$, según la Norma EM.110.
- 6° Los valores de transmitancia térmica de los pisos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a $2.63 \text{ W/m}^2\text{K}$, según la Norma EM.110.



2.4. Definición de Variables

2.4.1. Tipo de módulo habitacional Sumaq Wasi

Módulos diseñados para captar el calor del día y mantenerlo durante la noche logrando que las transmitancias térmicas sean menores. Para su construcción se utilizan materiales de la zona de manera que se asegure su sostenibilidad y puedan ser replicadas por la comunidad.

2.4.2. Transmitancia Térmica

Se define como el flujo de calor dividido por área y por la diferencia de temperaturas de los medios ubicados a cada lado del elemento que se considera.



2.4.3 Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 5.

Cuadro de operacionalización de Variables

Operacionalización de variables						
Variable	Concepto/definición	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Instrumento	Equipos de laboratorio
Tipo de módulo habitacional Sumaq Wasi	Módulos diseñados para captar el calor del día y mantenerlo durante la noche logrando que las transmitancias térmicas sean menores. Para su construcción se utilizan materiales de la zona de manera que se asegure su sostenibilidad y puedan ser replicadas por la comunidad.	Módulo habitacional "diseño en adobe con área tapón"	Área	m ²	Módulo habitacional Sumaq Wasi construido	Termómetro, higrómetro, wincha, vernier
			Perímetro	m		
			Espesor	m		
			Cantidad	und		
		Coef. De transmitancia térmica	W/mK			
		Módulo habitacional "diseño doble muro de ladrillo con aislante"	Área	m ²		
			Perímetro	m		
			Espesor	m		
Cantidad	und					
Coef. De transmitancia térmica	W/mK					
Transmitancia térmica	Es el flujo de calor, en un régimen estacionario, dividido por área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.	Transmitancia térmica en muros	Transmitancia térmica Umuro < 2.36 W/m ² K, cumple	W/m ² K	Ficha de cálculo de la transmitancia térmica (u) de las envolventes (EM. 110)	-
		Transmitancia térmica en techos	Transmitancia térmica Utecho < 2.21 W/m ² K, cumple			
		Transmitancia térmica en pisos	Transmitancia térmica Upiso < 2.63 W/m ² K, cumple			



CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Metodología de la Investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

El presente estudio muestra un enfoque cuantitativo, pues los datos serán recolectados de forma que se pueden contar y estos a su vez, se podrán comparar entre sí (Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010).

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva, pues permite especificar propiedades y características de las unidades habitacionales Sumaq Wasi en el distrito de Ccatcca - Quispicanchi frente al fenómeno de las heladas que se presenta cada año en la sierra peruana.

3.1.3. Método de investigación

- El método deductivo es el razonamiento que parte de un marco general de referencia hacia algo en particular. Este método se utiliza para inferir de lo general a lo específico, de lo universal a lo individual. Se cuenta con información general de la Norma EM.110 de referencia que permitió llegar a datos específicos según los tipos de envoltentes encontrados en la presente investigación (Muñoz Rocha, 2016).

- El método analítico consiste en la descomposición, fragmentación de un cuerpo en sus principios constitutivos. Método que va de lo compuesto a lo simple. Separación de un todo en sus partes constitutivas con el propósito de estudiar estas relaciones que las unen. El estudio de cada componente de transmitancias térmicas



se realizará de forma individual y por separado, así como su análisis de cómo se relacionan entre ellos (Muñoz Rocha, 2016).

3.2. Diseño de la Investigación

3.2.1. Diseño metodológico

El diseño de la presente investigación es no experimental, pues no se manipulan intencionalmente las variables; por otro lado, este estudio se basa en la observación del fenómeno tal y como se presenta en su contexto natural sin la intervención directa de los investigadores (Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010).

3.2.2. Diseño de Ingeniería

Para Seleccionar la Muestra:

- Identificación de viviendas en el distrito de Ccatcca; deberán ser una (01) por cada tipo de módulo habitacional Sumaq Wasi existente en el distrito de Ccatcca-Quispicanchi.
- Seleccionar las viviendas representativas: (01) Módulo de adobe con área tapón y (01) Módulo de doble muro de ladrillo con aislante.
- Solicitar permiso a los beneficiarios para poder intervenir en su propiedad y realizar metrados que nos servirán para hallar las transmitancias térmicas.
- Solicitar los planos del Programa Nacional de Vivienda Rural de los módulos habitacionales Sumaq Wasi de ladrillo y de adobe del Ministerio de Vivienda.

Para transmitancias térmicas:



- Realizar un modelado 3D de cada envolvente para los módulos habitacionales Sumaq Wasi de ladrillo y de adobe en el programa Revit.

- Identificar la zona bioclimática donde se ubica la investigación (Ccatcca – Quispicanchi)

- Identificar los valores de las transmitancias térmicas máximas para muros, techos y pisos de la zona bioclimática donde se ubica el proyecto.

- Medir y verificar los tipos de envolventes, considerando sus componentes, que posee cada módulo habitacional de los módulos de ladrillo y de adobe seleccionados para la investigación.

- Desarrollar las envolventes tipo 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B, 3C y 4A, 4B, 4C.

- Hallar las transmitancias térmicas finales de cada tipo de envolvente (muros, techos y pisos) y comparar los valores entre ambos módulos de acuerdo a la norma EM. 110.

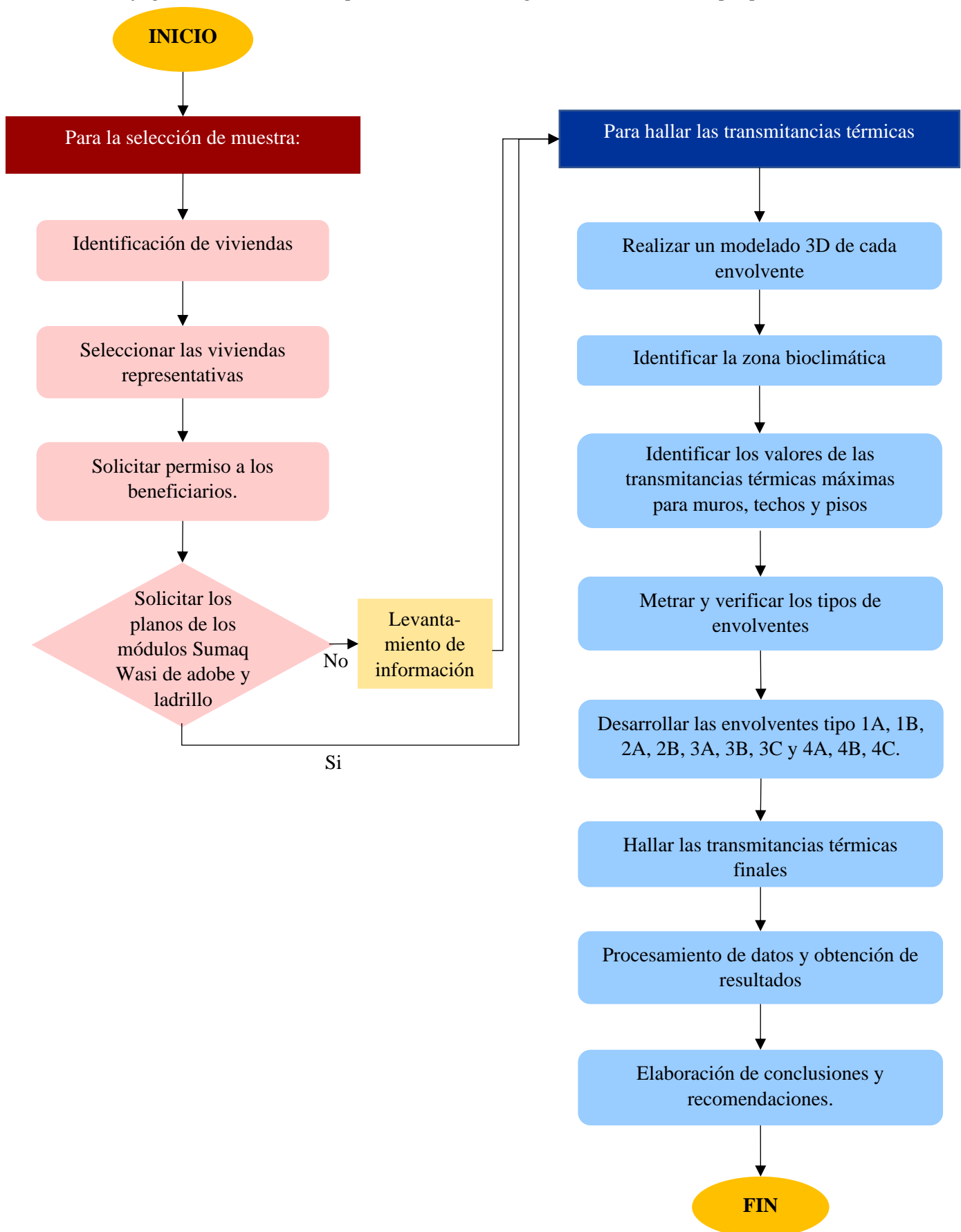
- Procesamiento de datos para la obtención de resultados.

- Elaboración de conclusiones y recomendaciones.



Figura 5.

Flujograma de actividades para el diseño de ingeniería, elaboración propia.



Nota. Elaboración propia.



3.3.Población y Muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1.Descripción de la población

Para la presente investigación se considera a la población 02 módulos habitacionales Sumaq Wasi: “Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón” y “Sumaq Wasi doble muro de ladrillo con aislante” respectivamente.

3.3.1.2.Cuantificación de la población

La cuantificación de la población se realizará de la siguiente forma:

a. Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón:

- Envolventes tipo 1A y 1B
- Envolventes tipo 2A y 2B
- Envolventes tipo 3A, 3B y 3C
- Envolventes tipo 4A, 4B y 4C

b. Sumaq Wasi doble muro de ladrillo con aislante:

- Envolventes tipo 1A y 1B
- Envolventes tipo 2A y 2B
- Envolventes tipo 3A, 3B y 3C
- Envolventes tipo 4A, 4B y 4C

3.3.2. Muestra

3.3.2.1.Descripción de la muestra

La muestra es considerada igual a la población.

3.3.2.2.Cuantificación de la muestra

La cuantificación de la muestra es considerada igual a los elementos descritos en la población. Los cuales son:



a. Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón:

- Envolventes tipo 1A y 1B
- Envolventes tipo 2A y 2B
- Envolventes tipo 3A, 3B y 3C
- Envolventes tipo 4A, 4B y 4C

b. Sumaq Wasi doble muro de ladrillo con aislante:

- Envolventes tipo 1A y 1B
- Envolventes tipo 2A y 2B
- Envolventes tipo 3A, 3B y 3C
- Envolventes tipo 4A, 4B y 4C

3.3.2.3. Método de muestreo

No probabilístico.

3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra

La muestra es determinada en base a los antecedentes anteriormente descritos; pues, se verifica que la forma más óptima para determinar y evaluar las transmitancias térmicas es por envolventes que contiene el módulo habitacional.

3.3.3. Criterios de inclusión

La muestra es determinada en base a los tipos de módulos habitacionales Sumaq Wasi existentes en las zonas altas del distrito de Ccatcca – Quispicanchi; una de cada tipo; siendo estas “Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón” y “Sumaq Wasi doble muro de ladrillo con aislante”.



3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos

La recolección de datos e información utilizadas en la presente investigación se realizó en fuentes bibliográficas, páginas web las cuales son:

-Tesis: “Evaluación de las transmitancias térmicas de la casa ecológica andina PUCP del distrito de Langui, provincia de Canas – Cusco, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110, para mejorar las condiciones de confort térmico de las viviendas de la zona bioclimática alto andina en el Perú”, “Análisis del confort térmico en escuela modelo de la sierra peruana y evaluación de mejoramiento térmico mediante el uso de principios bioclimáticos”, “Confort térmico en las edificaciones de las aldeas infantiles de la provincia de Huancayo según la norma EM-110 del R.N.E. 2017”, “Evaluación del confort térmico en viviendas con cerramientos de mampostería de ladrillo cerámico”.

- Ficha de recolección de datos por envolvente (Elaboración propia).

- Norma EM. 110 perteneciente al Reglamento Nacional de Edificaciones

- Expedientes técnicos: Para el módulo de adobe, “Mejoramiento de vivienda rural en los centros poblados Chacani, Carcahuayo Y Chease - distrito de Rosaspata - provincia de Huancane; centro poblado Castillo Huma – distrito de Moho – provincia de Moho - departamento de Puno, y para el módulo de ladrillo “Mejoramiento de vivienda rural en los centros poblados Laypiña, Curu Pata, Chullonquiane y otros - distrito de Crucero; centros poblados Ccatuyo, Sucualla y otros - distrito de Usicayos - provincia de Carabaya; centro poblado Tinco Palca



- distrito de Cuyocuyo; centros poblados Apacheta y Carabarcuna - distrito de Patambuco - provincia de Sandia - departamento de Puno”

3.4.2. Instrumentos de Ingeniería

- Flexómetro
- GPS navegador
- Computadora
- Calculadora
- Tablas del RNE norma EM. 110.
- Software Revit 2023 – versión estudiantil.



Tabla 6.
Ficha de recolección de datos por envoltente

Descripción	Cant.	Espesor (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Largo (m)	Perímetro (m)
Envoltente 1A, 1B						
1. ...						
2. ...						
3. ...						
4. ...						
5. ...						
6. ...						
7. ...						
8. ...						
Envoltente 2A, 2B						
1. ...						
2. ...						
3. ...						
4. ...						
5. ...						
6. ...						
7. ...						
8. ...						
Envoltente 3A, 3B y 3C						
1. ...						
2. ...						
3. ...						
4. ...						
5. ...						
6. ...						
7. ...						
8. ...						
Envoltente 4A, 4B y 4C						
1. ...						
2. ...						
3. ...						
4. ...						
5. ...						
6. ...						
7. ...						
8. ...						

Nota. Elaboración Propia



Tabla 7.

Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envoltente tipo 1

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °K)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² K)	S1xU1 (W/K)
Envolventes Tipo 1A y 1B	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o translúcidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventanas								
		Tipo de vidrio:								
		Vidrio 1	x					x	x	x
		Vidrio 2, etc	x					x	x	x
		Tipo de carpintería del marco								
		Carpintería 1	x		x			x	x	x
		Carpintería 2, etc.	x		x			x	x	x
		Puertas								
		Tipo de puerta:								
		Puerta 1							x	x
	Puerta 2, etc.							x	x	x
		Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa (Rse)					x			
		Resistencia Superficial interna (Rsi)					x			
		Muro sin cámara de aire N° 01								
		Composición del muro:								
		Material 1	x					x	x	x
	Material 2, etc	x					x			
	Muro sin cámara de aire N° 02									
	Composición del muro:									
	Material 1	x					x	x	x	
	Material 2, etc	x					x			
	Muro con cámara de aire N° 1									
	Resistencia de la cámara de aire (Rca)					x				
	Composición del muro:									
	Material 1	x					x	x	x	
	Material 2, etc	x					x			
	Muro con cámara de aire N° 2									
	Resistencia de la cámara de aire (Rca)					x				
	Composición del muro:									
								x	x	x



Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °K)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² K)	S1xU1 (W/K)
		Material 1	x				x			
		Material 2, etc	x				x			
		Puente Térmico: Columnas Tipo N° 1								
		Composición:						x	x	x
		Material 1	x				x			
		Material 2, etc	x				x			
		Puente Térmico: Columnas Tipo N° 2								
		Composición:						x	x	x
		Material 1	x				x			
		Material 2, etc	x				x			
		Puente Térmico: Sobrecimiento N° 1								
		Composición:						x	x	x
		Material 1	x				x			
		Material 2, etc	x				x			
		Puente Térmico: Sobrecimiento N° 2								
		Composición:						x	x	x
		Material 1	x				x			
		Material 2, etc.	x				x			
		Puente Térmico: Viga N° 1								
		Composición:						x	x	x
		Material 1	x				x			
		Material 2, etc.	x				x			
		Puente Térmico: Viga N° 2								
		Composición:						x	x	x
		Material 1	x				x			
		Material 2, etc.	x				x			
		Puente Térmico: Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.53 del Glosario								
		Tipo de carpintería del marco								



Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °K)	S1 (m ²)	U1 (W/m ² K)	S1xU1 (W/K)
		Composición: Carpintería 1	x		x			x	x	x
		Carpintería 2, etc.	x		x			x	x	x
		Puente Térmico: Caja de persianas (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.7 del Glosario						x	x	x
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				x				
		Composición: Material 1	x				x			
		Material 2, etc.	x				x			
	Pisos tipo 1B sobre ambientes exteriores mayores a 1 metro	Resistencias superficiales						x	x	x
		Resistencia superficial externa (Rse)				x				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				x				
		Composición: Material 1	x				x			
		Material 2, etc.	x				x			

$$\text{Transmitancia (U1 final)} = \Sigma S \times U / \Sigma S$$

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire) S (área) U (Transmitancia térmica). Fuente: Norma (EM.110, 2016) Tabla (envolvente Tipo 1A y 1B)



Tabla 8.

Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envoltente tipo 2

Tipo 2	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °K)	S2	U2	S2xU2	
Envoltentes Tipo 2A y 2B	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o translúcidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventanas									
		Tipo de vidrio: (Vidrio Crudo)									
		Vidrio 1	X						X	X	X
		Vidrio 2, etc	X						X	X	X
		Tipo de carpintería del Marco									
		Carpintería 1	X			X			X	X	X
	Muros tipo 2A (verticales de separación con ambientes no acondicionados o espacios de separación)	Carpintería 2, etc	X			X			X	X	X
		Puertas									
		Tipo de puerta:									
		Puerta 1							X	X	X
		Puerta 2, etc							X	X	X
		Resistencias Superficiales									
Resistencia superficial extrema (Rse)						X					
Resistencia Superficial interna (Rsi)						X					
Muro sin cámara de aire N° 01	Composición del muro:										
		Material 1	X				X		X	X	
		Material 2, etc	X				X				
		Muro sin cámara de aire N° 02									
		Composición del muro:									
		Material 1	X				X				
		Material 2, etc	X				X		X	X	
		Muro con cámara de aire N° 1									
Resistencia de la cámara de aire					X						



Tipo 2	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °K)	S2	U2	S2xU2
		(Rca)								
		Composición del muro:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc	X				X			
		Muro con cámara de aire N° 2								
		Resistencia de la cámara de aire				X				
		(Rca)								
		Composición del muro:						X	X	X
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc	X				X			
		Puente Térmico: Columnas Tipo N° 1						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc	X				X			
		Puente Térmico: Columnas Tipo N° 2						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc	X				X			
		Puente Térmico: Sobrecimiento N° 1						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc	X				X			
		Puente Térmico: Sobrecimiento N° 2						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			



Tipo 2	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °K)	S2	U2	S2xU2
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Viga N° 1						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Viga N° 2						X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
		Puente Térmico: Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.53 del Glosario								
		Tipo de carpintería del marco								
		Composición:								
		Carpintería 1	X		X			X	X	X
		Carpintería 2, etc.	X		X			X	X	X
		Puente Térmico: Caja de persianas (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.7 del Glosario								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				X		X	X	X
		Composición:								
		Material 1	X				X			
		Material 2, etc.	X				X			
Losas tipo 2B sobre		Resistencias superficiales								
		Resistencia superficial externa				X		X	X	X



Tipo 2	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °K)	S2	U2	S2xU2
	ambientes no habitables de altura igual o mayor a 1 metro	(Rse) Resistencia superficial interna (Rsi) Composición: Material 1 Material 2, etc.				x				
			x				x			
			x				x			
Transmitancia (U2 final) = EsxU/ES										

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire) S (área) U (Transmitancia térmica). Fuente: Norma (EM.110, 2016) Tabla (envolvente Tipo 2A y 2B).



Tabla 9.

Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte tipo 3

Tipo 3	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °K)	S3	U3	S3xU3	
Envolverte Tipo 3A, 3B y 3C	Vanos: Ventanas, lucernarios, claraboyas y otros vanos traslúcidos o transparentes sobre techo	Vanos									
		Tipo de vidrio / policarbonato									
		Vidrio 1/ Policarbonato 1	x							x	
		Vidrio 2/ Policarbonato 2, etc	x								x
		Tipo de carpintería del marco									
		Carpintería 1									x
	Vanos: Compuerta sobre techo	Compuertas									
		Tipo de compuerta:									
		Compuerta 1							x	x	x
		Compuerta 2, etc									
		Resistencias superficiales									
		Resistencia superficial externa (Rse)						x			
Resistencia Superficial interna (Rsi)						x					
Techos Tipo 3B y Techos Tipo 3C	Techo (azotea) sin cámara de aire										
	Composición:										
	Material 1	x									
	Material 2, etc	x									
	Techo (azotea) con cámara de Aire										
	Resistencia de la cámara de aire (Rca)										
Composición:											
Material 1	x						x	x	x		
Material 2, etc	x						x				
	Resistencias superficiales										



Tipo 3	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °K)	S3	U3	S3xU3
		Resistencia superficial externa (Rse)				x				
		Resistencia superficial interna (Rsi)				x				
		Techo sin cámara de aire								
		Composición:								
		Material 1	x				x	x	x	x
		Material 2, etc	x				x			
		Techo con cámara de aire								
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)				x				
		Composición:								
		Material 1	x				x	x	x	x
		Material 2, etc	x				x			
		Puente Térmico: Viga N° 1								
		Composición:								
		Material 1	x				x	x	x	x
		Material 2, etc	x				x			
		Puente Térmico: Viga N° 2								
		Composición:								
		Material 1	x				x	x	x	x
		Material 2, etc	x				x			

$$\text{Transmitancia (U3 final)} = \text{EsxU/ES}$$

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire) S (área) U (Transmitancia térmica). Fuente: Norma (EM.110, 2016) Tabla (envolvente Tipo 3A, 3B y 3C).



Tabla 10.

Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte tipo 4

Tipo 4	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Canti- dad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m ° K)	S4	U4	S4xU4	
Envolverte de tipo 4A, 4B y 4C	Pisos tipo 4A: Losa o piso horizontal ligeramente inclinado de separación entre el interior de la cámara con el terreno natural	Resistencias superficiales									
		Resistencia superficial externa (Rse)				X					
		Resistencia Superficial interna (Rsi)					X				
		Piso sin cámara de aire									
		Composición:									
		Material 1	X					X	X	X	X
		Material 2, etc	X					X			
		Piso con cámara de aire									
		Resistencia de la cámara de aire (Rca)						X			
		Composición:									
		Material 1	X					X	X	X	X
		Material 2, etc	X					X			
Pisos tipo 4B: Losa o piso horizontal de separación entre el interior de la edificación con un ambiente no habitable exterior, menor a un metro de	Resistencias superficiales										
	Resistencia superficial externa (Rse)					X					
	Resistencia Superficial interna (Rsi)					X					
	Losa o Piso										
	Resistencia de la cámara de aire (Rca)						X				
	Composición:										
	Material 1	X					X				
Material 2, etc	X					X	X	X	X		



NORMA EM.110

Tipo 4	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Canti- dad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/W)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m ° K)	S4	U4	S4xU4
	altura									
	Muros tipo 4C: Muro vertical o inclinado de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural. El techo puede encontrarse sobre o debajo del nivel del terreno natural	Resistencias superficiales Resistencia superficial interna (Rsi) Muro sin cámara de aire Composición: Material 1 Material 2, etc	x x				x x	X	X	X
Transmitancia (U4 final) = EsxU/ES										

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire) S (área) U (Transmitancia térmica). Fuente: Norma (EM.110, 2016) Tabla (envolvente Tipo 4A, 4B y 4C).



3.5.Procedimientos de Recolección de Datos

Etapa de recolección de datos:

1. Transporte a las comunidades Cjatacamara y Ccopi.
2. Realizar un reconocimiento de tipos de módulos habitacionales Sumaq Wasi ubicados en las comunidades Cjatacamara y Ccopi del distrito de Ccatcca - Quispicanchi.
3. Evaluación visual de las características de módulos habitacionales Sumaq Wasi ubicados en las comunidades Cjatacamara y Ccopi del distrito de Ccatcca – Quispicanchi.
4. Determinación de características de módulo habitacional Sumaq Wasi de adobe con área tapón.
5. Determinación de características de módulo habitacional Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con aislante.
6. Elección de viviendas a estudiar (una por tipo)
7. Solicitud de permisos a los beneficiarios de los módulos Sumaq Wasi para ingresar a realizar metrados y verificación de materiales (anexo 02)
8. Solicitud de acceso a información de los módulos habitacionales Sumaq Wasi al Ministerio de Vivienda (anexo 03)
9. Metrado de viviendas para reconocimiento de materiales utilizados por medio de planos del expediente técnico (anexo 04 y anexo 05)
10. Recopilación de datos en las fichas de observación (apéndice 03) y Ficha de cálculo de la transmitancia térmica (U) de las envolventes (apéndice 04).



Evaluación de valores de transmitancias térmicas:

11. Modelado de módulo habitacional de diseño de adobe con área tapón (anexo 06).
12. Determinación de las envolventes pertenecientes al módulo Sumaq Wasi de adobe.
13. Evaluación de transmitancias térmicas de muros
14. Evaluación de transmitancias térmicas de pisos
15. Evaluación de transmitancias térmicas de techos
16. Verificación de cumplimiento de los límites máximos según la norma EM.110 para módulo habitacional Sumaq Wasi de adobe
17. Modelado de módulo habitacional Sumaq Wasi de ladrillo (anexo 07).
18. Determinación de las envolventes pertenecientes al módulo Sumaq Wasi de ladrillo.
19. Evaluación de transmitancias térmicas de muros
20. Evaluación de transmitancias térmicas de pisos
21. Evaluación de transmitancias térmicas de techos
22. Verificación de cumplimiento de los límites máximos según la norma EM.110 para viviendas de adobe como material predominante
23. Comparación de los valores determinados para los 2 tipos de vivienda
24. Obtención de resultados, conclusiones y análisis.



3.6.Procedimientos de Análisis de datos

3.6.1. Datos de los Módulos Sumaq Wasi

Tabla 11.

Datos del Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón

Descripción:	Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón
Propietario:	Sr. Agustín Cutipa Quispe
Convenio:	N° 074-2020-CUS/VMVU/PNVR
Ubicación:	
Departamento:	Cusco
Provincia:	Quispicanchi
Distrito:	Ccatcca
Centro poblado:	Cjatacamara
Coordenadas:	13° 35' 56.34"S, 71° 35' 57.98"W
Altitud:	3840 m.s.n.m
Zona bioclimática:	Mesoandina

Tabla 12.

Datos del Módulo Sumaq Wasi doble muro de ladrillo con aislante

Descripción:	Sumaq Wasi doble muro de ladrillo con aislante
Propietario:	Sr. Jesús Huamán Chara
Convenio:	N° 017-2021-CUS/VMVU/PNVR
Ubicación:	
Departamento:	Cusco
Provincia:	Quispicanchi
Distrito:	Ccatcca
Centro poblado:	Ccopi
Coordenadas:	13°35'57.89"S, 71°36'0.97"W
Altitud:	4152 m.s.n.m
Zona bioclimática:	Mesoandina

3.6.2. Determinación de los valores de Transmitancias Térmicas Máximas

En el presente estudio se considera la Zona Bioclimática la Mesoandino; a continuación, se señalan sus valores de transmitancias térmicas máximas.

Tabla 13.

Valores de los límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m^2K

Zona bioclimática	Transmitancia Térmica Máxima de Muro (U_{muro})	Transmitancia Térmica Máxima de Techo (U_{techo})	Transmitancia Térmica Máxima de Piso (U_{piso})
1.- Desértico costero	2.36	2.21	2.63
2.- Desértico	3.20	2.20	2.63
3.- Interandino bajo	2.36	2.21	2.63
4.- Mesoandino	2.36	2.21	2.63
5.- Altoandino	1.00	0.83	3.26
6.- Nevado	0.99	0.80	3.26
7.- Ceja de montaña	2.36	2.20	2.63
8.- Subtropical húmedo	3.60	2.20	2.63
9.- Tropical húmedo	3.60	2.20	2.63

Fuente: Norma EM.110, 2016.

3.6.3. Descripción de envolventes

- Tipo 1: Envolvente en contacto con el ambiente exterior.

Figura 6.

Tipo 1 A, Muro vertical

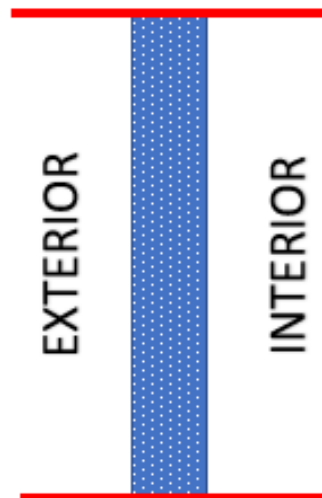




Figura 7.

Tipo 1 A, muro vertical o con inclinación mayor o igual a 60° con respecto al interior de la edificación

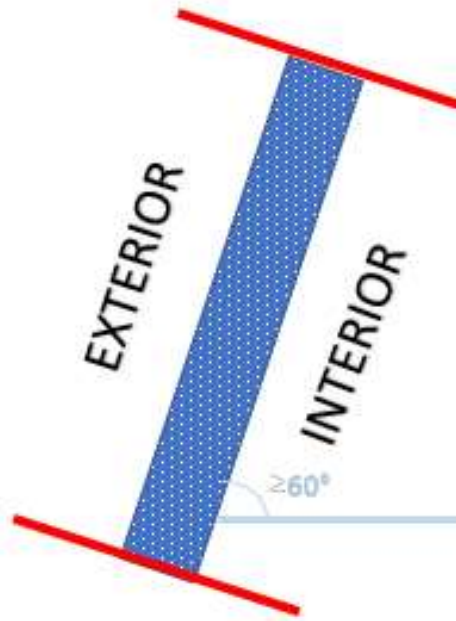
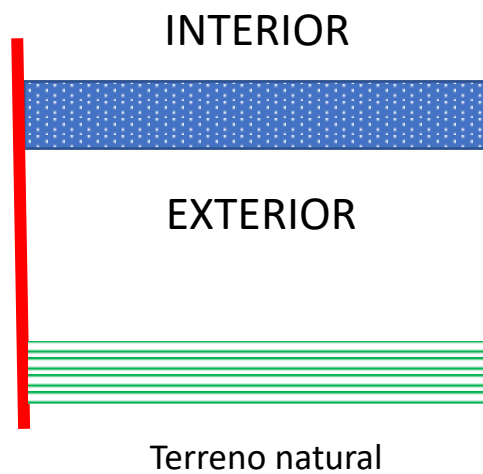


Figura 8.

Tipo 1 B, Muro o losa horizontal en separación del interior con el terreno natural o losa de edificación.



- Tipo 2, Envoltentes de separación con otros edificios o en contacto con ambientes cerrados



Figura 9.

Tipo 2 A, muro vertical ángulo recto



Figura 10.

Tipo 2 A, Muro vertical con espacio de separación menor o igual a 2 metros de la envolvente y una edificación vecina

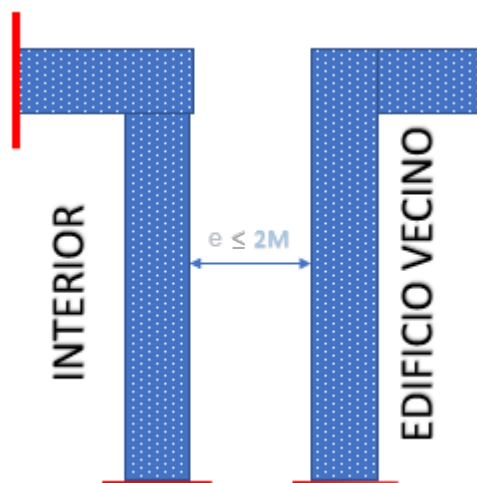
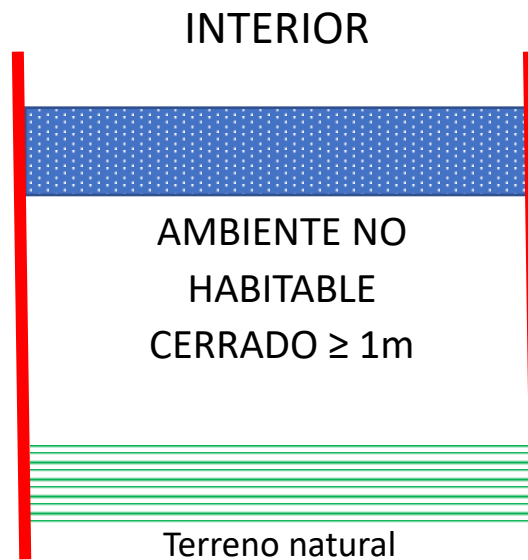




Figura 11.

Tipo 2 B, Muro horizontal con espacio de separación mayor o igual a 1 metro entre la envolvente y el exterior.



- Tipo 3, Envoltentes de techo o cubierta, inclinado en contacto con el exterior

Figura 12.

Tipo 3 A, techo inclinado menor o igual a 60° grados con respecto al espacio interior

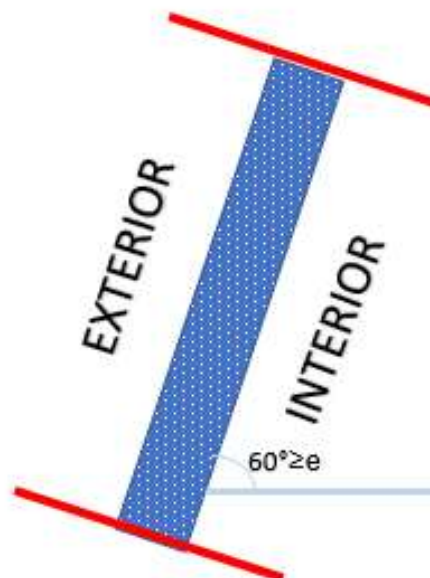
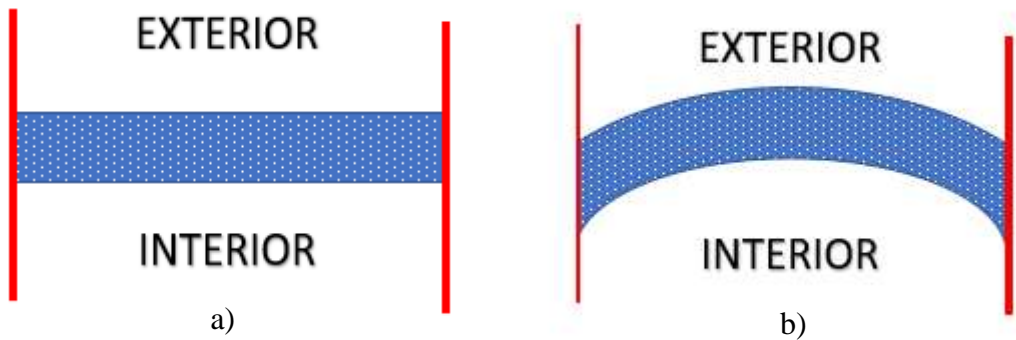




Figura 13.

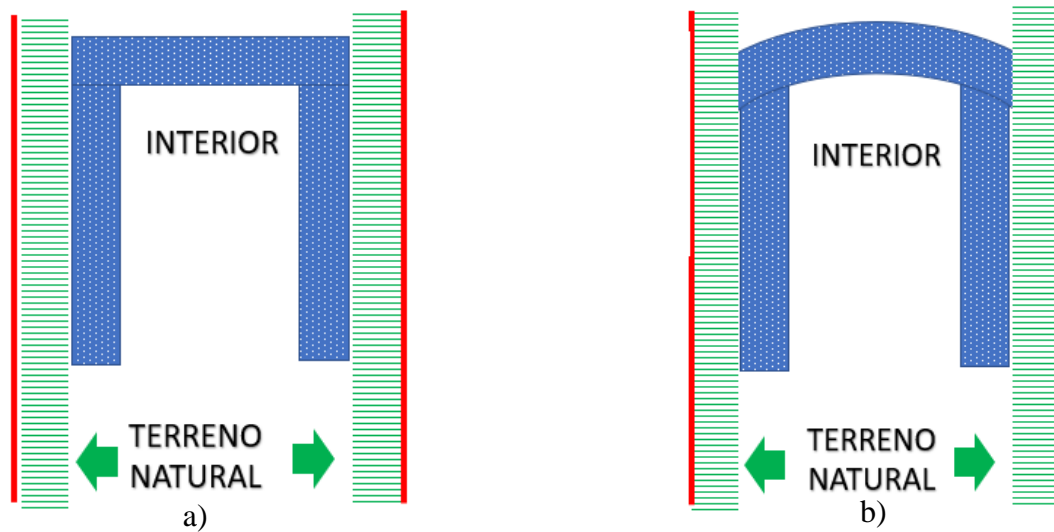
Tipo 3 B, techo horizontal o curvo de separación del interior con el exterior



Nota. a) Techo horizontal tipo 3B; b) techo curvo tipo 3B

Figura 14.

Tipo 3 C, techo horizontal o curvo de separación que se encuentra debajo del nivel del terreno natural.



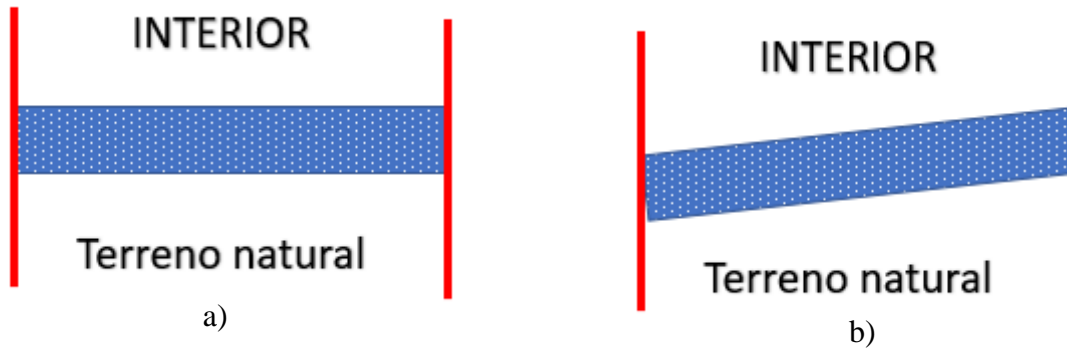
Nota. a) Techo horizontal tipo 3C; b) techo curvo tipo 3C

– Tipo 4, Envoltentes de separación con el terreno



Figura 15.

Tipo 4 A, Losa horizontal o ligeramente inclinada, también piso, de separación entre el interior con el terreno natural



Nota. a) Losa horizontal tipo 3B; b) Losa curvo tipo 3B

Figura 16.

Tipo 4 B, Losa o piso de separación entre el interior y un ambiente no habitable exterior, menor a un metro.

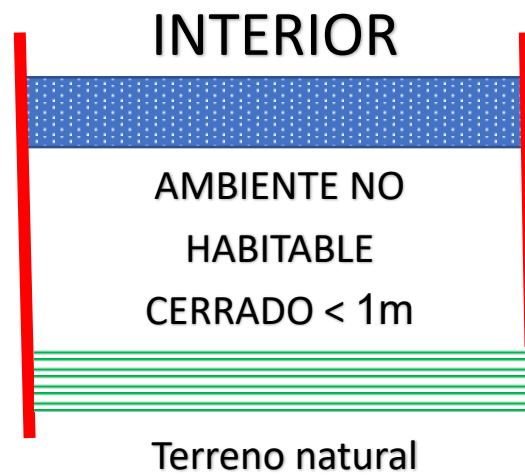
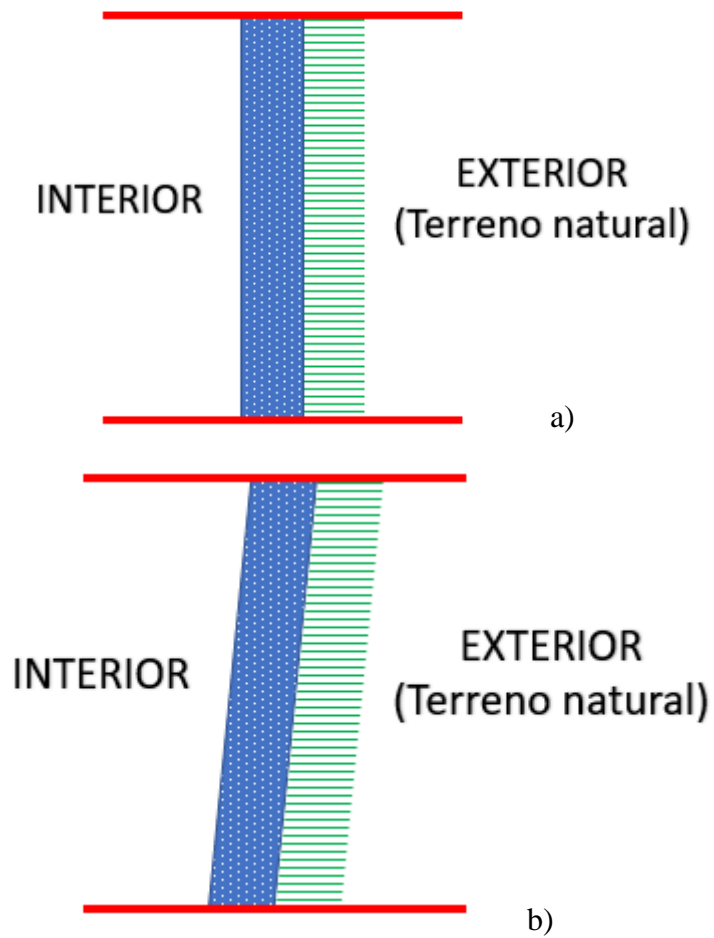




Figura 17.

Tipo 4 C, muro vertical o inclinado del interior con el terreno natural



Nota. a) Techo horizontal tipo 3B; b) techo curvo tipo 3B



3.6.4. Verificación de Envolvertes

Tabla 14.

Verificación de envolventes de Módulos Sumaq Wasi de adobe y ladrillo versus norma EM.110

Tipo de envolvente	Envolvertes que posee el módulo de adobe con área tapón	Envolvertes que posee el módulo de doble muro de ladrillo con aislante	Referencia para procedimiento
1A	Ventanas, Carpintería de marco, Puertas, Contraventanas, Muros, Sobrecimientos, Vigas, Vestidura de Derrame	Ventanas, Carpintería de marco, Puertas, Contraventanas, Muros, Columnas, Sobrecimientos, Vigas, Vestidura de Derrame	Paso 4 de norma EM.110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética
3A	Tragaluz, Techo con cámara de aire, Vigas	Tragaluz, Techo con cámara de aire	Paso 6 de norma EM.110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética
4A	Piso de concreto sin cámara de aire, piso de madera machihembrada con cámara de aire	Piso de concreto armado sin cámara de aire	Paso 7 de norma EM.110 confort térmico y lumínico con eficiencia energética

3.6.5. Cálculo de Envolverte en Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón

3.6.5.1. Tipo de Envolverte 1A

- **Ventanas**

A continuación, se realiza el cálculo de la transmitancia térmica de las ventanas que separan el interior con el exterior del módulo que consta de tres partes: vidrio, marco de aluminio y contraventanas (la cual se evaluará en el tipo de envolvente 2A)

- **Áreas:**

Para la transmitancia térmica del vidrio se procede a calcular el área sin contar que abarca el marco.



Ventana 01: ubicada en el Dormitorio 01

$$S_{V1} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{V1} = (0.60 \times 1.10)$$

$$S_{V1} = 0.66 \text{ m}^2$$

Ventana 02: ubicada en el Dormitorio 02

$$S_{V2} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{V2} = (0.60 \times 1.10)$$

$$S_{V2} = 0.66 \text{ m}^2$$

Ventana 03: ubicada en la Cocina - Comedor

$$S_{V3} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{V3} = (0.83 \times 1.10)$$

$$S_{V3} = 0.913 \text{ m}^2$$

- Materiales:

Para definir el U1 se verifica la Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N°03 de la Norma EM.110) donde $U1 = 5.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ para vidrio incoloro de 6mm.



- **Carpintería de Marcos**

- **b.1. Ventanas**

A continuación, se realiza el cálculo de la transmitancia térmica de los marcos de ventanas ubicadas entre el interior y exterior del módulo habitacional. El espesor de los marcos de aluminio en general es de 0.03 m en todas las ventanas.

- **Espesor**

Para hallar el espesor de los marcos de aluminio se midió en campo para verificar un espesor real el cual es 0.03m.

- **Perímetros**

Marco de ventana 01: ubicada en el Dormitorio 01

$$S_{MV1} = (\text{ancho} + \text{altura})$$

$$S_{MV1} = (0.60 + 1.10) * 2$$

$$S_{MV1} = 3.40 \text{ m}$$

Marco de ventana 02: ubicada en el Dormitorio 02

$$S_{MV2} = (\text{ancho} + \text{altura})$$

$$S_{MV2} = (0.60 + 1.10) * 2$$

$$S_{MV2} = 3.40 \text{ m}$$

Marco de ventana 03: ubicada en la Cocina - Comedor



$$S_{MV3} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{MV3} = (0.83 + 1.10) \times 2$$

$$S_{MV3} = 3.86 \text{ m}$$

- Áreas

Marco de ventana 01: ubicada en el Dormitorio 01

$$S_{MV1} = (\text{perímetro} \times \text{espesor})$$

$$S_{MV1} = 3.40 \times 0.03$$

$$S_{MV1} = 0.102 \text{ m}^2$$

Marco de ventana 02: ubicada en el Dormitorio 02

$$S_{MV2} = (\text{perímetro} \times \text{espesor})$$

$$S_{MV2} = 3.40 \times 0.03$$

$$S_{MV2} = 0.102 \text{ m}^2$$

Marco de ventana 03: ubicada en la Cocina - Comedor

$$S_{MV3} = (\text{perímetro} \times \text{espesor})$$

$$S_{MV3} = 3.86 \times 0.03$$

$$S_{MV3} = 0.232 \text{ m}^2$$



- Materiales:

Tabla 15.

Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo 1A para módulo de adobe.

Material	U (W/m ² K) vertical
Metálico	
Sin rotura del puente térmico	5.7
Con rotura de puente térmico, entre 4 y 12 mm	4.0
Con rotura de puente térmico, mayor a 12 mm	3.2
Madera	
Madera de densidad media alta, Densidad: 700 kg/m ³	2.2
Madera de densidad media baja, Densidad: 700 kg/m ³	2.0

Fuente: (Norma EM.110, 2016) Tabla N° 7: *Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo 1A*

Para definir el U se deberá verificar la *Tabla N° 7: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo 1A* donde se define que, para un marco metálico sin rotura de puente térmico un coeficiente de transmitancia térmica igual a U= 5.7 W/m²K.

b.2. Puerta

A continuación, se realiza el cálculo de la transmitancia térmica del marco de la puerta exterior ubicada entre el interior y exterior del módulo habitacional. El espesor del marco de madera es de 0.045 m en todas las ventanas.

- Espesor

Para hallar el espesor del marco de la puerta se midió en campo para verificar un espesor real el cual es 0.045 m.

- Perímetros

Marco de puerta 01: ubicada en la entrada principal

$$S_{MV1} = (\text{ancho} + \text{altura})$$



$$S_{MV1} = (2.07 * 2 + 0.85)$$

$$S_{MV1} = 4.99 \text{ m}$$

- Áreas

Marco de puerta 01: ubicada en la entrada principal

$$S_{MV1} = (\text{perímetro} * \text{espesor})$$

$$S_{MV1} = 4.99 * 0.045$$

$$S_{MV1} = 0.2246 \text{ m}^2$$

- Materiales:

Para definir el U1 se verifica la Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N°03 de la Norma EM.110) donde $U = 0.15 \text{ W/mK}$ para la madera pino de primera.

Tabla 16.

Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A para módulo de adobe.

Tipo de Puerta	Transmitancia Térmica (U) W/m ² K Separación con el ambiente exterior
Carpintería de marco de madera y:	
Hoja Maciza de madera (cualquier espesor)	3.5
Hoja contraplacada de fibra MDF (espesor: 4 cm)	4.7
Hoja de vidrio simple en < 30% de la superficie de la hoja de madera maciza (cualquier espesor)	4.0
Hoja de vidrio simple en 30% a 60% de la superficie de la hoja de madera maciza (cualquier espesor)	4.5
Hoja de vidrio doble	3.3

Fuente: Norma EM.110, 2016 Tabla N° 8: *Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A.*



Para definir el U se deberá verificar la *Tabla N° 8: Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A* donde se define que, para un marco de hoja maciza (cualquier espesor) un coeficiente de transmitancia térmica igual a $U = 3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- **Puertas**
- Espesor

Para hallar el espesor de la puerta exterior se midió en campo para verificar un espesor real el cual es 0.035 m

- Áreas

Puerta principal: Ubicada en la entrada de la vivienda

$$S_{VD1} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{VD1} = (0.78 \times 2.10)$$

$$S_{VD1} = 1.638 \text{ m}^2$$

- Materiales

La puerta principal del módulo habitacional de adobe es de hoja maciza de madera; para ello, se realiza el procedimiento indicado en la norma EM.110 para hallar las transmitancias térmicas en tipo de envolvente-puertas siguiendo la *Tabla N° 8: Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A*; entonces:

- a. Coeficiente de transmitancia térmica (U) $\text{W/m}^2\text{K}$ de la puerta de hoja maciza de madera es igual a $3.50 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Contraventanas

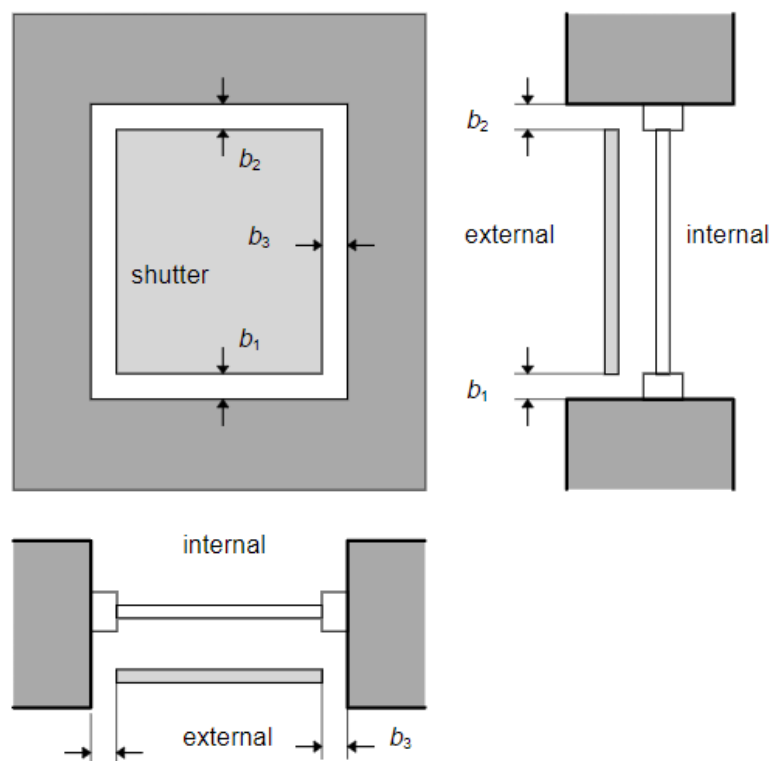
El módulo Sumaq Wasi de adobe contempla en su estructura la adición de contraventanas de madera; la norma EM.110 no contempla el uso de las mismas, sin embargo, la norma ISO 10077-1:2000 “Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance –Part 1: Simplified method”, misma que es referencia normativa de la norma EM.110, si contempla el estudio de este elemento. Por ello, a continuación, se seguirá el procedimiento estipulado para hallar U:

- Primeramente, se definirá la permeabilidad según Anexo H “Permeability of shutters”; para lo cual hallaremos b_{sh} de la siguiente forma:

$$b_{sh} = b_1 + b_2 + b_3$$

Figura 18.

Definición de espesores en borde de contraventanas



Fuente: Norma ISO 10077-1:2000, Annex H.



Observamos que las contraventanas de la vivienda no poseen un borde; pues estas se encuentran empotradas a las paredes; entonces $b_{sh} = 0$.

- Obtenido el valor de b_{sh} ; revisamos la Tabla H.1 de la norma para la elección de la permeabilidad de la contraventana.

Tabla 17.

Relación entre la permeabilidad y el espacio de borde total efectivo entre la contraventana y su entorno

Clase	Permeabilidad de la contraventana	b_{sh} (mm)
1	Permeabilidad muy alta	$b_{sh} > 35$
2	Permeabilidad al aire alta	$15 < b_{sh} < 35$
3	Permeabilidad al aire media	$8 < b_{sh} < 15$
4	Permeabilidad al aire baja	$b_{sh} < 8$
5	Hermético	$b_{sh} \leq 3$ y $b_1+b_3=0$ o $b_2+b_3=0$

Fuente: Norma ISO 10077-1:2000, Annex H.

De la cual, concluimos que presenta una permeabilidad hermética.

- A continuación, hallaremos la resistencia térmica adicional debido a la capa de aire encerrada entre la contraventana y la ventana. Seguiremos la fórmula para contraventanas con permeabilidad hermética estipulada en la norma con la fórmula:

$$\Delta R = 0.95R_{sh} + 0.17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Donde:

ΔR : Resistencia térmica adicional debido a la capa de aire encerrada entre la contraventana y la ventana

R_{sh} : Resistencia térmica de la propia contraventana.

Para hallar el valor de R_{sh} usaremos la tabla del Anexo G de la norma; donde indica que para contraventanas de madera con espesor entre 25 mm a 30 mm la resistencia térmica típica es de $0.20 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Entonces, reemplazando:



$$\Delta R = 0.95(0.20) + 0.17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$\Delta R = 0.36 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

- Finalmente, para hallar el coeficiente de Transmitancia térmica de las contraventanas (U_{ws}), seguiremos la siguiente fórmula:

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R}$$

Donde:

U_w : Coeficiente de transmitancia térmica de la ventana.

ΔR : Resistencia térmica adicional debido a la capa de aire encerrada entre la contraventana y la ventana

Para el valor de U_w , sabemos que es igual a 5.7 W/m²K; entonces, remplazando tenemos que:

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{5.7} + 0.36}$$

$$U_{ws} = 1.868 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Áreas:

Para la transmitancia térmica de la contraventana se procede a calcular el área de estos, considerando los marcos del mismo.

Contraventana 01: ubicada en el dormitorio 01

$$S_{cv1} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$



$$S_{CV1} = (0.62 * 1.10)$$

$$S_{CV1} = 0.682 \text{ m}^2$$

Contraventana 02: ubicada en el Dormitorio 02

$$S_{CV2} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{CV2} = (0.62 * 1.10)$$

$$S_{CV2} = 0.682 \text{ m}^2$$

Contraventana 03: ubicada en la cocina-comedor

$$S_{CV3} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{CV3} = (0.82 * 1.10)$$

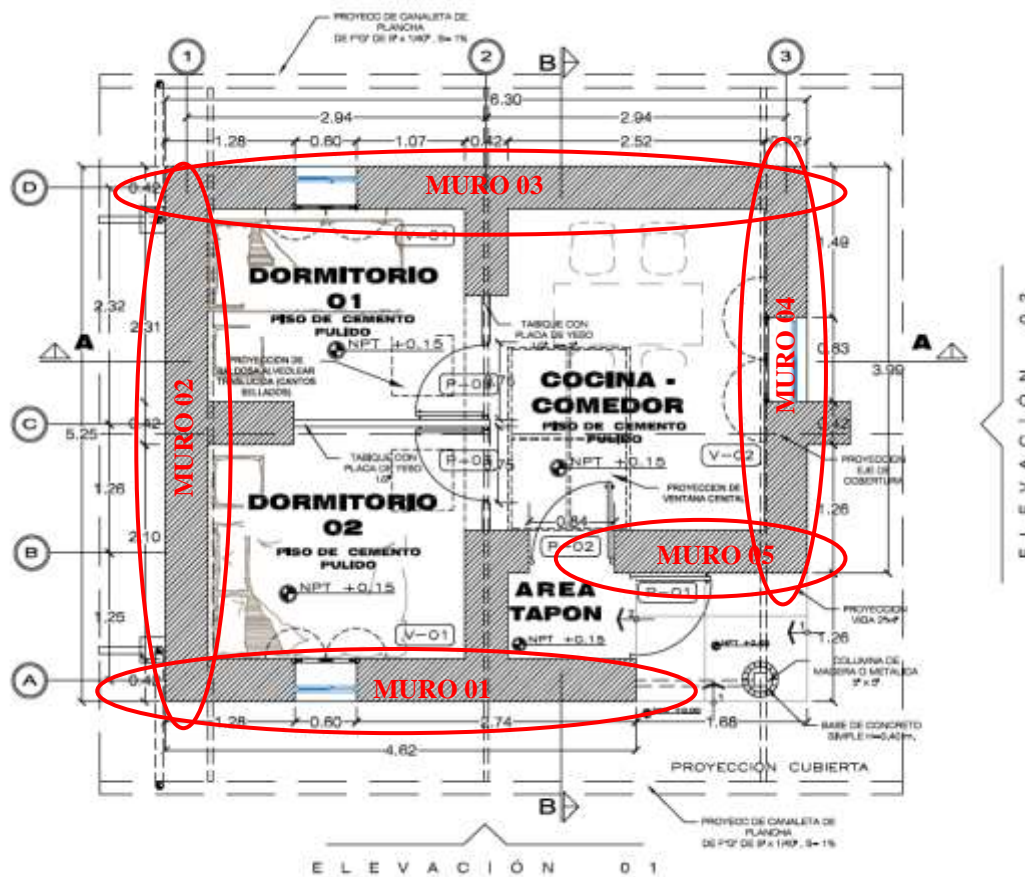
$$S_{CV3} = 0.902 \text{ m}^2$$

- **Muros**

Para el cálculo de las transmitancias térmicas en muros se tomará de referencia lo siguiente:

Figura 19.

Referencia para el cálculo de transmitancias térmicas de muros tipo 1A para módulo habitacional de adobe.



A continuación, se realiza el procedimiento indicado en la norma EM.110 para hallar las transmitancias térmicas en tipo de envolvente 1A

- Resistencia superficial externa e interna (R_{se} y R_{si}):

Para la determinación de los datos de resistencia superficial externa e interna revisamos el paso n°04 para el tipo de envolvente 1A, ítem Muros, numeral 3.1 de la Norma EM.110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial externa (R_{se})” colocamos el valor de $0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$; de igual forma en la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial interna (R_{si})” colocamos el valor de $0.06 \text{ W/m}^2\text{K}$



Tabla 18.

Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para muros 1A – módulo de adobe.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C°/w)
Resistencias superficiales				
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.06

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de aire). Fuente: Norma EM.110, (2016)

En las celdas de bajo composición del muro se coloca los materiales, espesor y el coeficiente de transmisión térmica de cada uno.

- Áreas:

La altura a considerar en la operación será considerada sin contar el sobrecimiento del muro; el ancho del muro será considerado por paños; además se descontará el área de las ventanas en los paños donde se encuentren estos.

Muro 01

$$S_{M1} = (\text{ancho} \times \text{altura}) - (S_{V1})$$

$$S_{M1} = (4.62 \times 2.12) - 0.66$$

$$S_{M1} = 9.134 \text{ m}^2$$

Muro 02

$$S_{M2} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{M2} = (5.25 \times 2.12)$$

$$S_{M2} = 11.13 \text{ m}^2$$



Muro 03

$$S_{M3} = (\text{ancho} \times \text{altura}) - (S_{V2})$$

$$S_{M3} = (6.30 \times 2.12) - 0.66$$

$$S_{M3} = 12.696 \text{ m}^2$$

Muro 04

$$S_{M4} = (\text{ancho} \times \text{altura}) - (S_{V3})$$

$$S_{M4} = (3.99 \times 2.12) - 0.913$$

$$S_{M4} = 7.546 \text{ m}^2$$

Muro 05

$$S_{M4} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{M4} = (1.90 \times 2.12)$$

$$S_{M4} = 4.028 \text{ m}^2$$

- Materiales:

El muro mencionado cuenta con tres materiales, yeso, adobe y varillas verticales de carrizo.

Al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)* se define lo siguiente:

- Coeficiente de transmitancia térmica de yeso es igual a 0.3 W/mK; Coeficiente de transmitancia térmica de adobe es igual a 0.9 W/mK según Norma EM.110.



Tabla 19.

Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 1A – muros en Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón.

	Adobe	Yeso (Revestimiento interior)	Yeso (Revestimiento exterior)	Carrizo (varillas verticales)
Espesor	0.4	0.015	0.015	0.025
Coefficiente de Transmitancia térmica W/mK	0.9	0.3	0.3	0.09

– Hallando Transmitancia térmica de la envolvente Tipo 1A – Muros:

$$U_{1-\text{muro sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \frac{e_{\text{material3}}}{k_{\text{material3}}} + \dots + R_{Si} + R_{Se}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2016) paso N°4, numeral 3 muros, nexo 3.2.1.

Donde:

$e_{\text{material1}}$ Espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{\text{material1}}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

R_{Si} Resistencia superficial interna

R_{Se} Resistencia superficial externa

Remplazando tenemos que:

$$U_{1-\text{muro sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{0.4}{0.9} + \frac{0.015}{0.3} + \frac{0.015}{0.3} + \frac{0.025}{0.09} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$U_{1-\text{muro sin cámara}} = 1.0078 U \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$



- **Sobrecimientos**

A continuación, se realiza el procedimiento indicado en la norma EM.110 para hallar las transmitancias térmicas en tipo de envolvente 1A.

- Resistencia superficial externa e interna (Rse y Rsi):

Para la determinación de los datos de resistencia superficial externa e interna revisamos el paso n°04 para el tipo de envolvente 1A, ítem Muros, numeral 3.1 de la Norma EM.110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial externa (Rse)” colocamos el valor de 0.11 W/m²K; de igual forma en la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial interna (Rsi)” colocamos el valor de 0.06 W/m²K

Tabla 20.

Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para sobrecimientos 1A – módulo de adobe.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C°/w)
Resistencias superficiales				
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.06

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire). Fuente: Norma EM.110, (2016)

En las celdas de bajo composición del muro se coloca los materiales, espesor y el coeficiente de transmisión térmica de cada uno.

- Áreas

Se considerará un área de todo el perímetro del módulo habitacional; donde la altura es de 0.42m y el perímetro 21.76m

Sobrecimiento: Ubicado en todo el perímetro de la vivienda



$$S_s = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_s = (0.42 \times 21.76) = 9.1392 \text{ m}^2$$

- Materiales

El muro mencionado cuenta con tres materiales, mortero cemento-arena, concreto simple y roca natural porosa.

- Al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción* (Anexo N° 03 de la Norma EM.110) se define lo siguiente:

Tabla 21.

Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 1A - sobrecimientos en Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón

	Mortero cemento- arena (exterior)	Concreto simple	Roca natural porosa	Enlucido de yeso (interior)
Espesor	0.01	0.2	0.2	0.01
Coefficiente de Transmitancia térmica W/mK	1.4	1.51	0.55	0.30

- Hallando Transmitancia térmica de la envolvente Tipo 1A – Sobrecimiento:

$$U_{1-\text{sobrecimientos}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \frac{e_{\text{material3}}}{k_{\text{material3}}} + \dots + R_{Si} + R_{Se}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2016) paso N°4, numeral 3 muros, nexo 3.2.1.

Donde:

$e_{\text{material1}}$ Espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{\text{material1}}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

Remplazando tenemos que:

$$U_{1-sobrecimientos} = \frac{1}{\left(\frac{0.01}{1.4} + \frac{0.2}{1.51} + \frac{0.2}{0.55} + \frac{0.01}{0.30} + 0.11 + 0.06\right)}$$

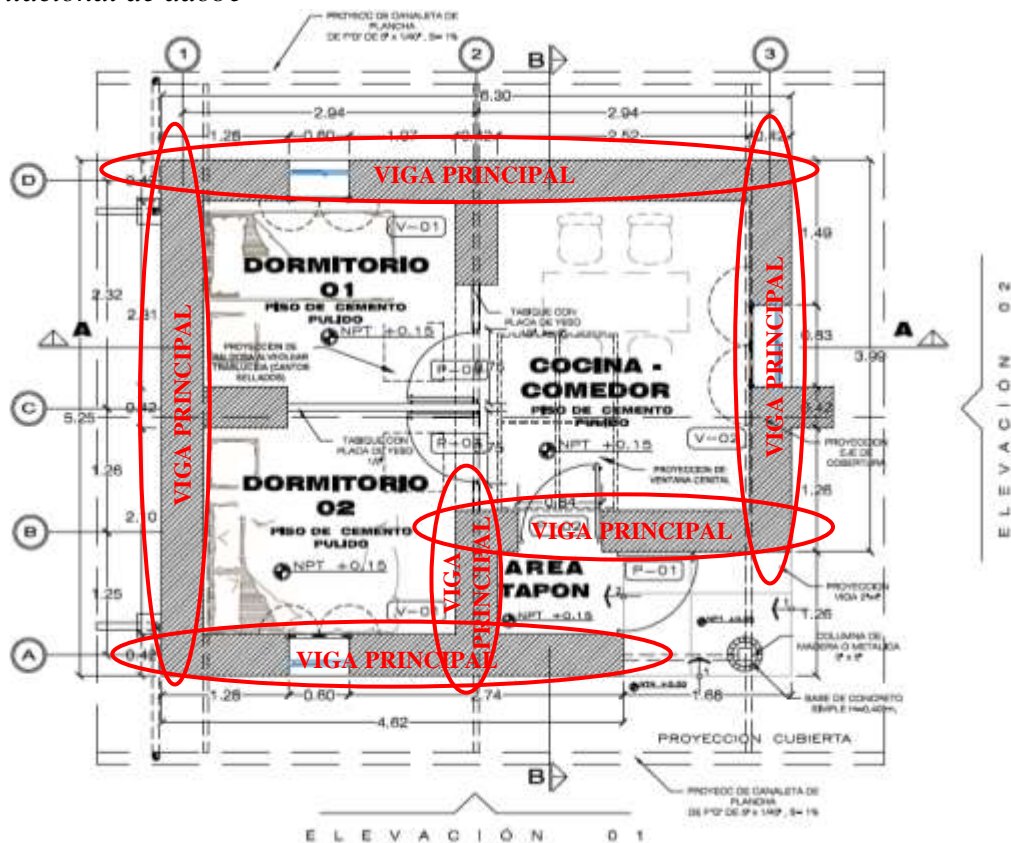
$$U_{1-sobrecimientos} = 1.415 U \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

- **Vigas**

Para el cálculo de estos elementos se seguirá el procedimiento estipulado en la norma EM.110 numeral 6; la cual expresa lo siguiente:

Figura 20.

Referencia para el cálculo de transmitancias térmicas de vigas tipo 1A para módulo habitacional de adobe



- Resistencia superficial externa e interna (Rse y Rsi):



Para la determinación de los datos de resistencia superficial externa e interna revisamos el paso n°04 para el tipo de envolvente 1A, ítem Muros, numeral 3.1 de la Norma EM.110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial externa (Rse)” colocamos el valor de 0.11 W/m²K; de igual forma en la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial interna (Rsi)” colocamos el valor de 0.06 W/m²K

Tabla 22.

Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para vigas 1A – módulo de adobe.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C°/w)
Resistencias superficiales				
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.06

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire). Fuente: Norma EM.110, (2016)

En las celdas de bajo composición del muro se coloca los materiales, espesor y el coeficiente de transmisión térmica de cada uno.

- Áreas

Tabla 23.

Áreas de las vigas del módulo habitacional de adobe con área tapón.

N° Viga	Espesor (m)	Perímetro (m)	Área (m ²)
Viga Principal 01	0.05	13.56	0.678
Viga Principal 02	0.05	12.06	0.603
Viga Principal 03	0.05	9.00	0.45
Viga Principal 04	0.05	3.72	0.186
Viga Principal 05	0.05	4.52	0.226
Viga Principal 06	0.05	7.94	0.397

- Materiales



Las vigas pertenecientes al módulo habitacional de adobe son en su totalidad de madera; por lo que, al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción* (Anexo N° 03 de la Norma EM.110) se define lo siguiente:

- Coeficiente de transmitancia térmica de madera es igual a 0.18 W/mK según Norma EM.110.
- Fórmula para hallar las transmitancias térmicas de las vigas:

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110,2016)

Donde:

$e_{material1}$ Espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{material1}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

Reemplazando:

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{0.05}{0.18}\right)} = 3.6 U \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

- **Vestidura de derrame**

A continuación, se realiza el procedimiento indicado en la norma EM.110 para hallar las transmitancias térmicas en tipo de envolvente 1A

- Áreas:



Para la transmitancia térmica de la vestidura de derrame se procede a calcular el área de la siguiente forma:

Vestidura de derrame 01: ubicada en el dormitorio 01

$$S_{VD1} = (\text{perímetro} \times \text{espesor})$$

$$S_{VD1} = [(0.60 + 1.12) * 2] * 0.40$$

$$S_{VD1} = 1.376 \text{ m}^2$$

Vestidura de derrame 02: ubicada en el dormitorio 02

$$S_{VD2} = (\text{perímetro} \times \text{espesor})$$

$$S_{V2} = [(0.60 + 1.12) * 2] * 0.40$$

$$S_{V2} = 1.376 \text{ m}^2$$

Vestidura de derrame 03: ubicada en la cocina - comedor

$$S_{VD3} = (\text{perímetro} \times \text{espesor})$$

$$S_{V3} = [(0.83 + 1.12) * 2] * 0.40$$

$$S_{V3} = 1.56 \text{ m}^2$$

Vestidura de derrame 04: ubicada en la cocina - comedor

$$S_{VD3} = (\text{perímetro} \times \text{espesor})$$

$$S_{V3} = [(0.83 + 1.12) * 2] * 0.40$$

$$S_{V3} = 1.56 \text{ m}^2$$



- Materiales

Para definir los valores respectivos a las características de los materiales se verá el ANEXO N° 03 de la Norma EM.110 *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción*, de lo cual tenemos que el material que compone la vestidura de derrame es yeso, cuyo coeficiente de transmitancia térmica es igual a 0.3 W/mK.

- Hallando Transmitancia térmica de la envolvente Tipo 1A – Vestidura de derrame:

$$U_{1-vestidura\ de\ derrame} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2016) paso N°4, numeral 3 muros, nexo 3.2.1.

Donde:

$e_{material1}$ Espesor del material 1 componente de la vestidura de derrame, etc.

$k_{material1}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la vestidura de derrame, etc.

Remplazando, tenemos que:

$$U_{1-vestidura\ de\ derrame} = \frac{1}{\left(\frac{0.02}{0.30}\right)}$$

$$U_{1-vestidura\ de\ derrame} = 1.49\ U\ \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

3.6.4.1.1. *Fórmula para el cálculo de la transmitancia térmica final de muros 1A según norma*

A continuación, se muestra el cálculo de la transmitancia térmica U final (U_{1A}^{final})

siguiendo la siguiente fórmula:



$$U_{1A}^{final} = \frac{\sum S_i XU_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 XU_1 + S_2 XU_2 + S_3 XU_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 \dots}$$

Fuente: Norma EM.110, 2016 paso N°4

Donde:

$\sum S_i$ Suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente

$\sum S_i XU_i$ Suma total de todos los productos $S_i XU_i$ encontrados:

Remplazando los valores en la fórmula, tenemos:

$$U_{1A}^{final} = \frac{\sum S_i XU_i}{\sum S_i} = \frac{118.102}{71.229}$$

$$U_{1A}^{final} = 1.658 \frac{W}{m^2K}$$

Según los valores de transmitancia térmica máxima ($U_{máx}$) para muros según la zona bioclimática mesoandina, para cumplir con lo establecido en la norma la transmitancia térmica U final (U_{1A}^{final}), este valor deberá ser menor a $2.36 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$$U_{1A}^{final} = 1.658 \frac{W}{m^2K} < 2.36 \frac{W}{m^2K}$$

SI CUMPLE

Por lo tanto, podemos concluir que los muros tipo 1A de la vivienda Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón cumplen con la transmitancia térmica requerida para esta zona bioclimática.



3.6.5.2. Tipo de Envolverte 3A

a. Ventanas, lucernarios, claraboyas y otros vanos traslúcidos o transparentes sobre el techo

El módulo habitacional Sumaq Wasi de adobe cuenta con un tragaluz que ilumina la cocina-comedor; para lo cual se calculará la transmitancia térmica del elemento según lo establecido en la norma EM.110.

- Espesor del Tragaluz

Según las especificaciones del proyecto, el tragaluz cuenta con el siguiente espesor:

$$E_{TL} = 1.80 \text{ mm}$$

- Áreas:

$$S_{TL} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{TL} = (3.60 \times 1.50)$$

$$S_{TL} = 5.40 \text{ m}^2$$

El tragaluz perteneciente al módulo habitacional de adobe es en su totalidad de plancha de policarbonato ondulado translucido; por lo que, al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)* se define lo siguiente:

- Coeficiente de transmitancia térmica del policarbonato es igual a 0.20 W/mK según Norma EM.110.



b. Compuertas sobre techo

El módulo habitacional de adobe con área tapón no cuenta con compuertas sobre el techo.

c. Techo inclinado con cámara de aire

El módulo habitacional Sumaq Wasi de adobe cuenta con un techo inclinado de calamina plancha ondulada galvanizada de 11 canales de espesor 0.3 mm junto a planchas de poliestireno expandido de 2".

- Resistencia de cámara de aire (Rca)

Para el cálculo de la transmitancia térmica del elemento tomaremos en cuenta el paso N°04, numeral 3 de la norma EM.110; donde indica los valores de la Resistencia Superficial Interna

Tabla 24.

Transmitancia térmica de la cámara de aire (R) según su espesor en techos tipo 3A, 3B y 3C.

Situación de la cámara y dirección del flujo de calor	Espesor de la cámara (mm)				
	10	20	50	100	≥150
Cámara de aire horizontal y flujo ascendente (Zonas bioclimáticas: 4, 5 y 6)	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16

Fuente: Norma EM.110, 2016. Tabla N° 9: *Transmitancia térmica de la cámara de aire (Rca) según su espesor (en m²K/W) en muros tipo 1A.*

Tabla 25.

Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para techos con cámara de aire – módulo de adobe.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C°/w)
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				0.16

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire). Fuente: Norma EM.110, (2016)

según la zona bioclimática y el espesor del elemento.



- Resistencia superficial externa e interna (Rse y Rsi)

Para la determinación de los datos de resistencia superficial externa e interna revisamos el paso N°06 para el tipo de envolvente 3A, numeral 4 de la Norma EM.110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial externa (Rse)” colocamos el valor de 0.05 W/m²K; de igual forma en la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial interna (Rsi)” colocamos el valor de 0.09 W/m²K.

Tabla 26.

Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para techos 3A – módulo de adobe.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C°/w)
Resistencias superficiales				
Resistencia superficial externa (Rse)				0.05
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.09

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire). Fuente: Norma EM.110, (2016)

c.1. Calamina

- Áreas:

$$S_{CAL} = (\text{ancho} \times \text{altura}) - S_{TL}$$

$$S_{CAL} = (56.16) - 2.88$$

$$S_{CAL} = 53.28 \text{ m}^2$$

- Materiales:

El techo inclinado perteneciente al módulo habitacional de adobe está conformado de planchas galvanizadas de zinc junto con planchas de poliestireno; por lo que, al revisar la



Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110) se define lo siguiente:

- Coeficiente de transmitancia térmica del Zinc es igual a 110.00 W/mK según Norma EM.110.
- Coeficiente de transmitancia térmica del poliestireno es igual a 0.22 W/mK según Norma EM.110.

Tabla 27.

Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 3A – techos en Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón.

	Calamina ondulada de polipropileno	Planchas de poliestireno
Espesor	0.0003	0.05
Coeficiente de Transmitancia térmica W/mK	110.00	0.22

c.2. Policarbonato

- Espesor

El espesor de la plancha de policarbonato presente en el cielorraso del módulo habitacional Sumaq Wasi de adobe con área tapón es de 6 mm para los 3 tragaluces existentes en dicha vivienda.

- Área:

Tragaluz interior 01: Ubicada en el dormitorio 01

$$S_{Pol1} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{Pol1} = (0.60 \times 0.60)$$

$$S_{Pol1} = 0.36 \text{ m}^2$$



Tragaluz interior 02: Ubicada en el dormitorio 02

$$S_{Pol2} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{Pol2} = (0.60 \times 0.60)$$

$$S_{Pol2} = 0.36 \text{ m}^2$$

Tragaluz interior 03: Ubicada en la cocina - comedor

$$S_{Pol3} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{Pol3} = (1.20 \times 1.80)$$

$$S_{Pol3} = 2.16 \text{ m}^2$$

- Materiales:

El tragaluz perteneciente al módulo habitacional de adobe es en su totalidad de policarbonato; por lo que, al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)* se define lo siguiente:

- Coeficiente de transmitancia térmica del policarbonato es igual a 0.20 W/mK según Norma EM.110.

c.3. Cielorraso

- Espesor

El espesor de las baldosas presente en el cielorraso del módulo habitacional Sumaq Wasi de adobe con área tapón es de 6 mm.

- Áreas:



Para hallar el área calcularemos la totalidad del área del módulo y restaremos el espacio anteriormente calculado (tragaluz de policarbonato); entonces:

Cielorraso: Ubicado en toda el área de la vivienda

$$S_{CR1} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{CR1} = 19.875 \text{ m}^2$$

- Materiales:

El cielorraso perteneciente al módulo habitacional de adobe es en su totalidad de panel de fibrocemento; por lo que, al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)* se define lo siguiente:

- Coeficiente de transmitancia térmica de yeso es igual a 0.25 W/mK según Norma EM.110.

c.4. Correas

- Espesor

Tabla 28.

Datos de las correas del módulo habitacional de adobe con área tapón.

N° Correa	Cantidad	Espesor (m)	Perímetro (m)
Correas tipo 1	10	0.05	7.80

- Materiales

Las correas pertenecientes al módulo habitacional de adobe son en su totalidad de madera; por lo que, al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)* se define lo siguiente:



- Coeficiente de transmitancia térmica de madera es igual a 0.18 W/mK según Norma EM.110.

c.5. Tijerales

- Espesor

Tabla 29.

Datos de los tijerales del módulo habitacional de adobe con área tapón.

N° Tijeral	Cantidad	Espesor (m)	Perímetro (m)
Tijerales tipo 1	5	0.05	10.06

- Materiales

Los tijerales pertenecientes al módulo habitacional de adobe son en su totalidad de madera; por lo que, al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)* se define lo siguiente:

- Coeficiente de transmitancia térmica de madera es igual a 0.18 W/mK según Norma EM.110.
- Hallando Transmitancia térmica de la envolvente Tipo 3A – Techo inclinado (con cámara de aire):

$$U_{3-\text{techo inclinado}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \frac{e_{\text{material3}}}{k_{\text{material3}}} + \dots + R_{Ca}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110,2016) paso N°4, numeral 3 muros, nexo 3.2.1.

Donde:

$e_{\text{material1}}$ Espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{\text{material1}}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.



R_{Ca}

Resistencia de la cámara de aire

Remplazando tenemos que:

$$U_{3-\text{techo inclinado}} = \frac{1}{\left(\frac{0.0003}{110} + \frac{0.05}{0.22} + \frac{0.006}{0.20} + \frac{0.006}{0.25} + \frac{0.05}{0.18} + \frac{0.05}{0.18} + 0.16\right)}$$

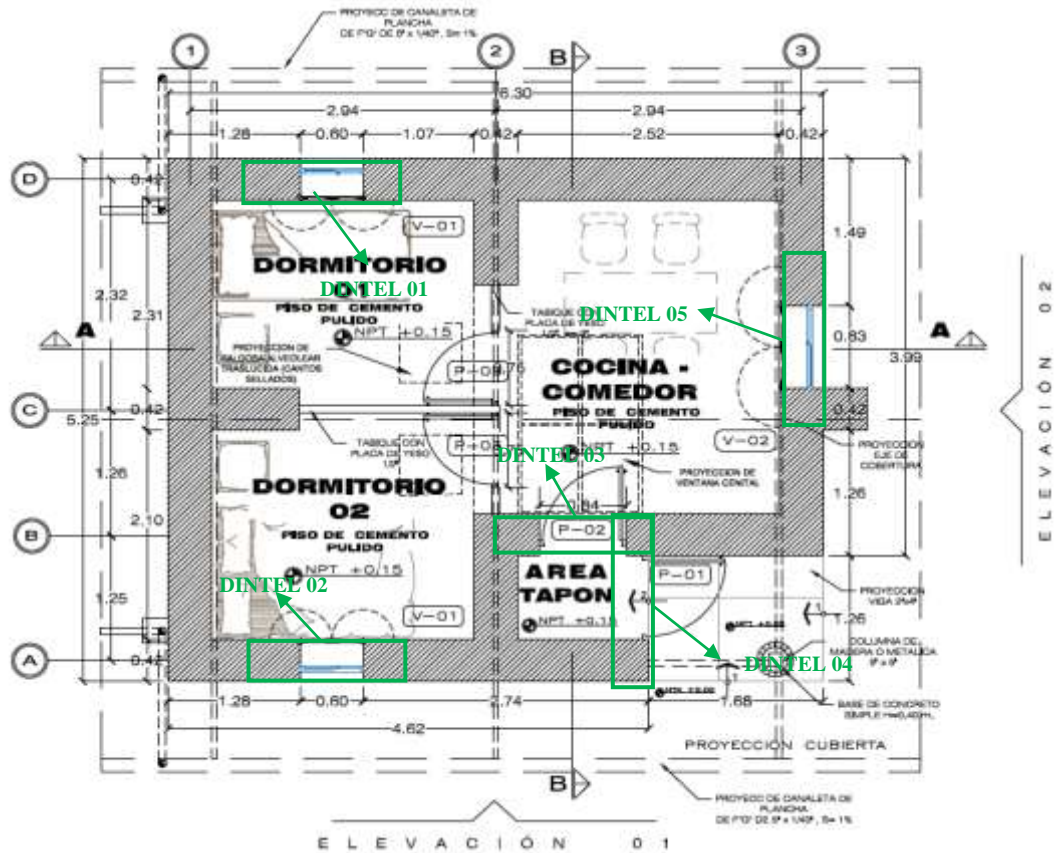
$$U_{3-\text{techo inclinado}} = 1.003 U \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

- Vigas

Se considerarán como vigas los dinteles pertenecientes a vanos de ventanas y área tapón como se muestra a continuación:

Figura 21.

Referencia para el cálculo de transmitancias térmicas de puente térmico: vigas tipo 3A para módulo habitacional de adobe



d.2.

Dinteles

- Áreas

Tabla 30.

Datos de los dinteles del módulo habitacional de adobe con área tapón.

N° Dintel	Espesor (m)	Perímetro (m)
Dintel 01	0.2	1.24
Dintel 02	0.2	1.24
Dintel 03	0.2	1.06
Dintel 04	0.2	1.46
Dintel 05	0.2	1.24

Hallando el área de las vigas

$$S_{VDin} = e_i x P_i = e_1 x P_1 + e_2 x P_2 + \dots$$

$$S_{VDin} = 0.2 * 1.24 + 0.2 * 1.24 + 0.2 * 1.06 + 0.2 * 1.46 + 0.2 * 1.24$$

$$S_{VDin} = 1.248 \text{ m}^2$$



- Materiales

Los dinteles pertenecientes al módulo habitacional de adobe son en su totalidad de madera; por lo que, al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)* se define lo siguiente:

- Coeficiente de transmitancia térmica de madera es igual a 0.18 W/mK según Norma EM.110.
- Hallando Transmitancia térmica de la envolvente Tipo 3A – Puente Térmico-Vigas:

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110,2016)

Donde:

$e_{material1}$ Espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{material1}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

Reemplazando:

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{0.20}{0.18}\right)} = 0.9 U \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

3.6.4.3.1. Fórmula para el cálculo de la transmitancia térmica final según norma

A continuación, se muestra el cálculo de la transmitancia térmica U final (U_{1A}^{final})

siguiendo la siguiente fórmula:



$$U_{3A}^{final} = \frac{\sum S_i X U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 X U_1 + S_2 X U_2 + S_3 X U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 \dots}$$

Fuente: Norma EM.110, 2016 paso N°4

Donde:

$\sum S_i$ Suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente

$\sum S_i X U_i$ Suma total de todos los productos $S_i X U_i$ encontrados:

Remplazando los valores en la fórmula, tenemos:

$$U_{3A}^{final} = \frac{\sum S_i X U_i}{\sum S_i} = \frac{59.928}{55.643}$$

$$U_{3A}^{final} = 0.928 \frac{W}{m^2K}$$

Según los valores de transmitancia térmica máxima ($U_{máx}$) para techos según la zona bioclimática mesoandina, para cumplir con lo establecido en la norma la transmitancia térmica U final (U_{3A}^{final}), este valor deberá ser menor a 2.21 W/m²K.

$$U_{3A}^{final} = 0.928 \frac{W}{m^2K} < 2.21 \frac{W}{m^2K}$$

SI CUMPLE

3.6.5.3. Tipo de Envolvente 4A

El piso del módulo habitacional de adobe cuenta con un sistema de aislamiento complejo que compromete diferentes elementos que ayudarán a reducir las transmitancias térmicas del suelo hacia la vivienda; a continuación, se describirán los elementos que contiene dicho sistema:



Para hallar las transmitancias térmicas se seguirá el procedimiento expuesto en la norma EM.110 la cual indica lo siguiente:

a. **Piso de cemento pulido (sin cámara de aire)**

- Resistencia superficial externa e interna (Rse y Rsi)

Para la determinación de los datos de resistencia superficial externa e interna revisamos el paso N°07 para el tipo de envolvente 4A, ítem Losa o Piso tipo 4ª (sin cámara de aire), numeral 3.1 de la Norma EM.110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial externa (Rse)” colocamos el valor de 0.09 W/m²K; de igual forma en la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial interna (Rsi)” colocamos el valor de 0.09 W/m²K

Tabla 31.

Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para pisos 4A – módulo de adobe.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C°/w)
Resistencias superficiales				
Resistencia superficial externa (Rse)				0.09
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.09

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire). Fuente: Norma EM.110, (2016)

Asimismo, se colocan los materiales, espesores y el coeficiente de transmisión térmica del muro en las celdas inferiores.

- Áreas:

$$S_{P-CP} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{P-CP} = 10.15 \text{ m}^2$$

- Materiales:



Para hallar la transmitancia térmica del piso de cemento pulido es importante reconocer la estructura de aislamiento térmico que lo conforma; el cual consta de una cama de piedra de espesor 10 cm, base de arcilla compactada de espesor 10 cm, poliestireno de espesor 2” y concreto armado de 0.075 cm de espesor. Por lo que, al revisar la Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110) se define lo siguiente

- Coeficiente de transmitancia térmica de la arcilla es igual a 1.50 W/mK según Norma EM.110.
- Coeficiente de transmitancia térmica del poliestireno expandido es igual a 0.33 W/mK según Norma EM.110.
- Coeficiente de transmitancia térmica del concreto armado es igual a 1.63 W/mK según Norma EM.110.

Tabla 32.

Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 4A – piso de cemento pulido en Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón.

	Capa de arcilla	Plancha de poliestireno	Capa de concreto armado
Espesor	0.10	0.05	0.075
Coeficiente de Transmitancia térmica W/mK	1.50	0.033	1.63

- Hallando Transmitancia térmica de la envolvente Tipo 4A – Piso sin cámara de aire:

$$U_{4-\text{piso sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \frac{e_{\text{material3}}}{k_{\text{material3}}} + \dots + R_{Si} + R_{Se}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2016) paso N°7, numeral 1.

Donde:

$e_{\text{material1}}$ Espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{\text{material1}}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.



R_{Si} Resistencia superficial interna

R_{Se} Resistencia superficial externa

Remplazando tenemos que:

$$U_{1-muro \text{ sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{0.10}{1.50} + \frac{0.05}{0.033} + \frac{0.075}{1.63} + 0.09 + 0.09\right)}$$

$$U_{1-muro \text{ sin cámara}} = 0.553 U \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

b. Piso de madera Machihembrada (con cámara de aire)

- Resistencia de cámara de aire (R_{ca})

Para el cálculo de la transmitancia térmica del elemento tomaremos en cuenta el paso N°04, numeral 3 de la norma EM.110; donde indica los valores de la Resistencia Superficial Interna según la zona bioclimática y el espesor del elemento según la *Tabla N° 9: Transmitancia térmica de la cámara de aire (R_{ca}) según su espesor (en m^2K/W) en muros tipo IA*, la cual resulta ser 0,16.

- Áreas:

$$S_{P-MM} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{P-MM} = 10.77 \text{ m}^2$$

Para hallar la transmitancia térmica del piso de cemento pulido es importante reconocer la estructura de aislamiento térmico que lo conforma; el cual consta de una cama de piedra de espesor 10 cm, una lámina de polipropileno de 1mm de espesor, base de barro con paja



compactado de espesor 8 cm, durmientes de madera Copaiba de espesor 4” y ensamble de madera machihembrada de espesor 3/4”.

- Coeficiente de transmitancia térmica de la piedra de canto rodado es igual a 3.50 W/mK según Norma EM.110.
- Coeficiente de transmitancia térmica del polipropileno es igual a 0.22 W/mK según Norma EM.110.
- Coeficiente de transmitancia térmica del barro con paja es igual a 0.09 W/mK según Norma EM.110.
- Coeficiente de transmitancia térmica de la madera Copaiba es igual a 0.18 W/mK según Norma EM.110.
- Coeficiente de transmitancia térmica de la madera Machihembrada es igual a 0.12 W/mK según Norma EM.110.

Tabla 33.

Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 4A – piso de madera machihembrada en Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón.

	Cama de canto rodado	Polipropileno	Barro con paja	Madera Copaiba	Madera Machihembrada
Espesor	0.10	0.001	0.08	0.10	0.01875
Coeficiente de Transmitancia térmica W/mK	3.50	0.22	0.09	0.18	0.12

Fuente: Elaboración propia

- Hallando Transmitancia térmica de la envolvente Tipo 4A – Piso con cámara de aire:

$$U_{4-\text{piso con cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \frac{e_{\text{material3}}}{k_{\text{material3}}} + \dots + R_{Ca}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2016) paso N°7, numeral 1.

Donde:

$e_{\text{material1}}$ Espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.



$k_{material1}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

R_{Ca} Resistencia de la cámara de aire

Remplazando tenemos que:

$$U_{4-piso \text{ con cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{0.10}{3.50} + \frac{0.001}{0.22} + \frac{0.08}{0.09} + \frac{0.10}{0.18} + \frac{0.01875}{0.12} + 0.16\right)}$$

$$U_{4-piso \text{ con cámara}} = 0.557 U \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

3.6.4.4.1. Fórmula para el cálculo de la transmitancia térmica final según norma

A continuación, se muestra el cálculo de la transmitancia térmica U final (U_{4A}^{final})

siguiendo la siguiente fórmula:

$$U_{4A}^{final} = \frac{\sum S_i X U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 X U_1 + S_2 X U_2 + S_3 X U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 \dots}$$

- Fuente: Norma EM.110, 2016 paso N°4

Donde:

$\sum S_i$ Suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente

$\sum S_i X U_i$ Suma total de todos los productos $S_i X U_i$ encontrados

Remplazando los valores en la fórmula, tenemos:

$$U_{4A}^{final} = \frac{\sum S_i X U_i}{\sum S_i} = \frac{11.612}{20.92}$$

$$U_{4A}^{final} = 0.555 \frac{W}{m^2K}$$



Según los valores de transmitancia térmica máxima ($U_{máx}$) para muros según la zona bioclimática mesoandina, para cumplir con lo establecido en la norma la transmitancia térmica U final (U_{4A}^{final}), este valor deberá ser menor a $2.36 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$$U_{4A}^{final} = 0.555 \frac{W}{m^2K} < 2.63 \frac{W}{m^2K}$$

SI CUMPLE



3.6.6. Cálculo de Envolvente en Módulo Sumaq Wasi diseño de doble muro de ladrillo con aislante

3.6.6.1. Tipo de Envolvente 1A

a. Ventanas

A continuación, se realiza el cálculo de la transmitancia térmica de las ventanas que separan el interior con el exterior del módulo que consta de tres partes: vidrio, marco de aluminio y contraventanas (la cual se evaluará en el tipo de envolvente 2A)

- Áreas:

Para la transmitancia térmica del vidrio se procede a calcular el área sin contar que abarca el marco.

Ventana 01: ubicada en el Dormitorio 01

$$S_{V1} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{V1} = (0.72 \times 1.00)$$

$$S_{V1} = 0.72 \text{ m}^2$$

Ventana 02: ubicada en el Dormitorio 02

$$S_{V2} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{V2} = (0.72 \times 1.00)$$

$$S_{V2} = 0.72 \text{ m}^2$$

Ventana 03: ubicada en la Cocina - Comedor



$$S_{V3} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{V3} = (0.72 \times 1.00)$$

$$S_{V3} = 0.72 \text{ m}^2$$

- Materiales:

Para definir el U1 se verifica la Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N°03 de la Norma EM.110) donde $U1 = 5.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ para vidrio incoloro de 6mm.

b. Carpintería de Marcos

b.1. Ventanas

A continuación, se realiza el cálculo de la transmitancia térmica de los marcos de ventanas ubicadas entre el interior y exterior del módulo habitacional. El espesor de los marcos de aluminio en general es de 0.03 m en todas las ventanas.

- Espesor

Para hallar el espesor de los marcos de aluminio se midió en campo para verificar un espesor real el cual es 0.03m.

- Perímetros

Marco de ventana 01: ubicada en el Dormitorio 01

$$S_{MV1} = (\text{ancho} + \text{altura})$$

$$S_{MV1} = (0.72 + 1.00) \times 2$$



$$S_{MV1} = 3.44 \text{ m}$$

Marco de ventana 02: ubicada en el Dormitorio 02

$$S_{MV2} = (\text{ancho} + \text{altura})$$

$$S_{MV2} = (0.72 + 1.00) * 2$$

$$S_{MV2} = 3.44 \text{ m}$$

Marco de ventana 03: ubicada en la Cocina - Comedor

$$S_{MV3} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{MV3} = (0.72 + 1.00) * 2$$

$$S_{MV3} = 3.44 \text{ m}$$

- Áreas

Marco de ventana 01: ubicada en el Dormitorio 01

$$S_{MV1} = (\text{perímetro} * \text{espesor})$$

$$S_{MV1} = 3.44 * 0.03$$

$$S_{MV1} = 0.1032 \text{ m}^2$$

Marco de ventana 02: ubicada en el Dormitorio 02

$$S_{MV2} = (\text{perímetro} * \text{espesor})$$

$$S_{MV2} = 3.44 * 0.03$$



$$S_{MV2} = 0.1032 \text{ m}^2$$

Marco de ventana 03: ubicada en la Cocina - Comedor

$$S_{MV3} = (\text{perímetro} * \text{espesor})$$

$$S_{MV3} = 3.44 * 0.03$$

$$S_{MV3} = 0.1032 \text{ m}^2$$

- Materiales:

Tabla 34.

Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo IA para módulo de ladrillo.

Material	U (W/m ² K) vertical
Metálico	
Sin rotura del puente térmico	5.7
Con rotura de puente térmico, entre 4 y 12 mm	4.0
Con rotura de puente térmico, mayor a 12 mm	3.2
Madera	
Madera de densidad media alta, Densidad: 700 kg/m ³	2.2
Madera de densidad media baja, Densidad: 700 kg/m ³	2.0

Fuente: (Norma EM.110, 2016) Tabla N° 7: *Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo IA*

Para definir el U se deberá verificar la *Tabla N° 7: Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo IA* donde se define que, para un marco metálico sin rotura de puente térmico un coeficiente de transmitancia térmica igual a U= 5.7 W/m²K.

b.2. Puerta

A continuación, se realiza el cálculo de la transmitancia térmica del marco de la puerta exterior ubicada entre el interior y exterior del módulo habitacional. El espesor del marco de madera es de 0.032 m en todas las ventanas.



- Espesor

Para hallar el espesor del marco de la puerta se midió en campo para verificar un espesor real el cual es 0.032 m.

- Perímetros

Marco de puerta 01: ubicada en la entrada principal

$$P_{MP1} = (\text{ancho} + \text{altura})$$

$$P_{MP1} = (2.10 * 2 + 0.90)$$

$$P_{MP1} = 5.10 \text{ m}$$

- Áreas

Marco de puerta 01: ubicada en la entrada principal

$$S_{MV1} = (\text{perímetro} * \text{espesor})$$

$$S_{MP1} = 5.10 * 0.032$$

$$S_{MP1} = 0.1632 \text{ m}^2$$

- Materiales:

Tabla 35.

Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A para módulo de ladrillo.

Tipo de Puerta	Transmitancia Térmica (U) W/m ² K Separación con el ambiente exterior
Carpintería de marco de madera y:	
Hoja Maciza de madera (cualquier espesor)	3.5
Hoja contraplacada de fibra MDF (espesor: 4 cm)	4.7



Hoja de vidrio simple en < 30% de la superficie de la hoja de madera maciza (cualquier espesor)	4.0
Hoja de vidrio simple en 30% a 60% de la superficie de la hoja de madera maciza (cualquier espesor)	4.5
Hoja de vidrio doble	3.3

Fuente: Norma EM.110, 2016 Tabla N° 8: *Transmitancia térmica de puertas en muros tipo IA.*

Para definir el U se deberá verificar la *Tabla N° 8: Transmitancia térmica de puertas en muros tipo IA* donde se define que, para un marco de hoja maciza (cualquier espesor) un coeficiente de transmitancia térmica igual a $U = 3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

c. Puertas

- Espesor

Para hallar el espesor de la puerta exterior se midió en campo para verificar un espesor real el cual es 0.033 m

- Áreas

Puerta principal: Ubicada en la entrada de la vivienda

$$S_{VD1} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{VD1} = 1.739 \text{ m}^2$$

- Materiales

La puerta principal del módulo habitacional de adobe es de hoja maciza de madera; para ello, se realiza el procedimiento indicado en la norma EM.110 para hallar las transmitancias térmicas en tipo de envolvente-puertas siguiendo la *Tabla N° 8: Transmitancia térmica de puertas en muros tipo IA*; entonces:



- Coeficiente de transmitancia térmica (U) W/m²K de la puerta de hoja maciza de madera es igual a 3.50 W/m²K.

d. Contraventanas

El módulo Sumaq Wasi de ladrillo contempla en su estructura la adición de contraventanas de madera; la norma EM.110 no contempla el uso de las mismas, sin embargo, la norma ISO 10077-1:2000 “Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance –Part 1: Simplified method”, misma que es referencia normativa de la norma EM.110, si contempla el estudio de este elemento. Por ello, a continuación, se seguirá el procedimiento estipulado para hallar U, misma que se usó para el cálculo de U para contraventanas en la Sumaq Wasi de adobe:

- Primeramente, se definirá la permeabilidad según Anexo H “Permeability of shutters”; para lo cual hallaremos b_{sh} de la siguiente forma (revisar Figura 18):

$$b_{sh} = b_1 + b_2 + b_3$$

Observamos que las contraventanas de la vivienda no poseen un borde; pues estas se encuentran empotradas a las paredes; entonces $b_{sh} = 0$.

- Obtenido el valor de b_{sh} ; revisamos la Tabla 17 de la tesis para la elección de la permeabilidad de la contraventana.

De la cual, concluimos que presenta una permeabilidad hermética.

- A continuación, hallaremos la resistencia térmica adicional debido a la capa de aire encerrada entre la contraventana y la ventana. Seguiremos la fórmula para contraventanas con permeabilidad hermética estipulada en la norma con la fórmula:



$$\Delta R = 0.95R_{sh} + 0.17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Donde:

ΔR : Resistencia térmica adicional debido a la capa de aire encerrada entre la contraventana y la ventana

R_{sh} : Resistencia térmica de la propia contraventana.

Para hallar el valor de R_{sh} usaremos la tabla del Anexo G de la norma; donde indica que para contraventanas de madera con espesor entre 25 mm a 30 mm la resistencia térmica típica es de $0.20 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Entonces, reemplazando:

$$\Delta R = 0.95(0.20) + 0.17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$\Delta R = 0.36 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

- Finalmente, para hallar el coeficiente de Transmitancia térmica de las contraventanas (U_{ws}), seguiremos la siguiente fórmula:

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R}$$

Donde:

U_w : Coeficiente de transmitancia térmica de la ventana.

ΔR : Resistencia térmica adicional debido a la capa de aire encerrada entre la contraventana y la ventana

Para el valor de U_w , sabemos que es igual a $5.7 \text{ W/m}^2\text{K}$; entonces, reemplazando tenemos que:



$$U_{WS} = \frac{1}{\frac{1}{5.7} + 0.36}$$

$$U_{WS} = 1.868 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Áreas:

Para la transmitancia térmica de la contraventana se procede a calcular el área de estos considerando los marcos del mismo.

Contraventana 01: ubicada en el dormitorio 01

$$S_{CV1} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{CV1} = (0.72 \times 1.01)$$

$$S_{CV1} = 0.727 \text{ m}^2$$

Contraventana 02: ubicada en el Dormitorio 02

$$S_{CV2} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{CV2} = (0.72 \times 1.01)$$

$$S_{CV2} = 0.727 \text{ m}^2$$

Contraventana 03: ubicada en la cocina-comedor

$$S_{CV3} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{CV3} = (0.72 \times 1.01)$$

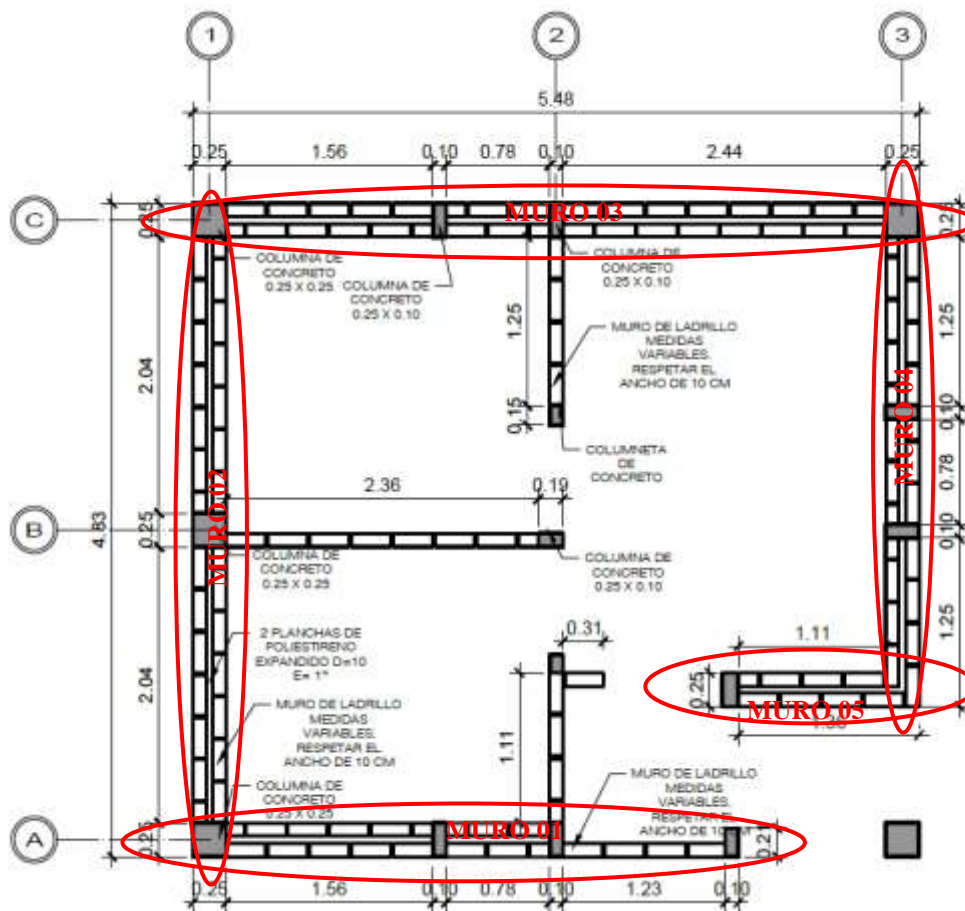
$$S_{CV3} = 0.727 \text{ m}^2$$

e. Muros

Para el cálculo de las transmitancias térmicas en muros se tomará de referencia lo siguiente:

Figura 22.

Referencia para el cálculo de transmitancias térmicas de muros tipo 1A para módulo habitacional de ladrillo.



A continuación, se realiza el procedimiento indicado en la norma EM.110 para hallar las transmitancias térmicas en tipo de envolvente 1A.

- Resistencia superficial externa e interna (R_{se} y R_{si}):

Para la determinación de los datos de resistencia superficial externa e interna revisamos el paso n°04 para el tipo de envolvente 1A, ítem Muros, numeral 3.1 de la Norma EM.110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.



En la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial externa (Rse)” colocamos el valor de 0.11 W/m²K; de igual forma en la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial interna (Rsi)” colocamos el valor de 0.06 W/m²K

Tabla 36.

Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para muros 1A – módulo de ladrillo.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C°/w)
Resistencias superficiales				
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.06

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire). Fuente: Norma EM.110, 2016)

En las celdas de bajo composición del muro se coloca los materiales, espesor y el coeficiente de transmisión térmica de cada uno.

- Áreas:

La altura a considerar en la operación será considerada sin contar el sobrecimiento del muro; el ancho del muro será considerado por paños; además se descontará el área de las ventanas en los paños donde se encuentren estos.

Muro 01

$$S_{M1} = (\text{ancho} \times \text{altura}) - (S_{V1})$$

$$S_{M1} = (3.57 \times 2.00) - 0.72$$

$$S_{M1} = 6.42 \text{ m}^2$$

Muro 02

$$S_{M2} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$



$$S_{M2} = 4.08 * 2.00$$

$$S_{M2} = 8.16m^2$$

Muro 03

$$S_{M3} = (\text{ancho} \times \text{altura}) - (S_{V2})$$

$$S_{M3} = (4.78 * 2.00) - 0.72$$

$$S_{M3} = 8.84 m^2$$

Muro 04

$$S_{M4} = (\text{ancho} \times \text{altura}) - (S_{V3})$$

$$S_{M4} = (3.28 * 2.00) - 0.72$$

$$S_{M4} = 5.84 m^2$$

Muro 05

$$S_{M4} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{M4} = (1.11 * 2.00)$$

$$S_{M4} = 2.22 m^2$$

- Materiales:

El muro mencionado está conformado por ladrillo asentado con mortero de 15 mm de espesor en dos filas (muro de ladrillo interior y muro de ladrillo exterior), asimismo contiene dos planchas de poliestireno en medio de 1" de espesor y un tarrajeo interior de 15 mm.



Al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)* se define lo siguiente:

- a. Coeficiente de transmitancia térmica del mortero es igual a 1.4 W/mK según Norma EM.110.
- b. Coeficiente de transmitancia térmica del ladrillo corriente es igual a 0.84 W/mK según Norma EM.110.
- c. Coeficiente de transmitancia térmica del poliestireno es igual a 0.033 W/mK según Norma EM.110.

Tabla 37.

Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 1A – muros en Módulo Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con aislante.

	Mortero de asentado	Muro ladrillo interior	Muro ladrillo exterior	Poliestireno	Enlucido de yeso
Espesor	0.015	0.10	0.10	0.05	0.02
Coeficiente de Transmitancia térmica W/mK	1.40	0.84	0.84	0.033	0.30

– Hallando Transmitancia térmica de la envolvente Tipo 1A – Muros:

$$U_{1-\text{muro sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \frac{e_{\text{material3}}}{k_{\text{material3}}} + \dots + R_{Si} + R_{Se}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2016) paso N°4, numeral 3 muros, nexo 3.2.1.

Donde:

$e_{\text{material1}}$ Espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{\text{material1}}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

R_{Si} Resistencia superficial interna



R_{se} Resistencia superficial externa

Remplazando tenemos que:

$$U_{1-muro\ sin\ cámara} = \frac{1}{\left(\frac{0.015}{1.40} + \frac{0.10}{0.84} + \frac{0.10}{0.84} + \frac{0.05}{0.033} + \frac{0.02}{0.30} + 0.06 + 0.11\right)}$$

$$U_{1-muro\ sin\ cámara} = 0.4998\ U\ \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

f. Columnas

Para el cálculo de transmitancias térmicas del puente térmico columna se seguirá el procedimiento expuesto en la norma EM.110 Paso N° 4 numeral 4; a continuación, se realiza el cálculo correspondiente:

- Resistencia superficial externa e interna (R_{se} y R_{si}):

Para la determinación de los datos de resistencia superficial externa e interna revisamos el paso n°04 para el tipo de envolvente 1A, ítem Muros, numeral 3.1 de la Norma EM.110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial externa (R_{se})” colocamos el valor de 0.11 W/m²K; de igual forma en la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial interna (R_{si})” colocamos el valor de 0.06 W/m²K

Tabla 38.

Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para columnas 1A – módulo de ladrillo.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C°/w)
Resistencias superficiales				
Resistencia superficial externa (R_{se})				0.11
Resistencia Superficial interna (R_{si})				0.06



Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire). Fuente: Norma EM.110, (2016)

En las celdas de bajo composición del muro se coloca los materiales, espesor y el coeficiente de transmisión térmica de cada uno.

- Espeesor

Para hallar el espesor del marco de los componentes de la columna serán de acuerdo a los planos del módulo habitación al puesto que este elemento no se puede verificar a simple vista en campo sin dañar su estructura. De acuerdo a los planos (anexo 03) se aprecia un espesor variable por columna; por lo que la columna C-3 tendrá el lado *a* y lado *b*, las cuales se especificarán a continuación.

- Áreas

Se considerará un área de todo el perímetro del módulo habitacional; donde el ancho será 0.42m y el perímetro 21.76m

Columna C-1: Ubicadas en el perímetro del módulo habitacional

$$S_{CV1} = (\text{ancho} \times \text{altura}) \times \text{cantidad}$$

$$S_{CV1} = (0.25 \times 2.25) \times 4$$

$$S_{CV1} = 2.25 \text{ m}^2$$

Columna C-2: Ubicadas en el perímetro del módulo habitacional

$$S_{CV1} = (\text{ancho} \times \text{altura}) \times \text{cantidad}$$

$$S_{CV1} = (0.10 \times 2.25) \times 6$$



$$S_{CV1} = 1.35 \text{ m}^2$$

Columna C-3a: Ubicadas en el perímetro del módulo habitacional

$$S_{CV1} = (\text{ancho}_1 \times \text{altura}_1) + (\text{ancho}_2 \times \text{altura}_2)$$

$$S_{CV1} = (0.20 \times 2.25)$$

$$S_{CV1} = 0.45 \text{ m}^2$$

Columna C-3b: Ubicadas en el perímetro del módulo habitacional

$$S_{CV1} = (\text{ancho}_1 \times \text{altura}_1) + (\text{ancho}_2 \times \text{altura}_2)$$

$$S_{CV1} = (0.10 \times 2.25)$$

$$S_{CV1} = 0.225 \text{ m}^2$$

- Materiales

Las columnas del módulo habitacional de ladrillo cuentan con dos materiales, mortero cemento-arena y concreto armado.

- Al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción* (Anexo N° 03 de la Norma EM.110) se define lo siguiente:

Tabla 39.

Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 1A - columnas en Módulo Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con aislante.

	Mortero cemento-arena (interior)	Concreto armado	Enlucido de yeso
Espesor	0.01	0.25/0.21/0.10	0.01
Coefficiente de Transmitancia térmica W/mK	1.40	1.63	0.3



- Hallando Transmitancia térmica de la envolvente Tipo 1A – Sobrecimiento:

$$U_{1-columnas} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots + R_{Si} + R_{Se}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2016) paso N°4, numeral 3 muros, nexo 3.2.1.

Donde:

$e_{material1}$ Espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{material1}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

Remplazando tenemos que:

$$U_{1-columna\ c-1} = \frac{1}{\left(\frac{0.01}{1.4} + \frac{0.25}{1.63} + \frac{0.01}{0.30} + 0.11 + 0.06\right)}$$

$$U_{1-columna\ c-1} = 2.748\ U\ \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

$$U_{1-columna\ c-2-3b} = \frac{1}{\left(\frac{0.01}{1.4} + \frac{0.10}{1.63} + \frac{0.01}{0.30} + 0.11 + 0.06\right)}$$

$$U_{1-columna\ c-2-3b} = 3.679\ U\ \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

$$U_{1-columna\ c-3a} = \frac{1}{\left(\frac{0.01}{1.4} + \frac{0.20}{1.63} + \frac{0.01}{0.30} + 0.11 + 0.06\right)}$$

$$U_{1-columna\ c-3a} = 3.001\ U\ \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

f. Sobrecimientos



A continuación, se realiza el procedimiento indicado en la norma EM.110 paso N° 4 para hallar las transmitancias térmicas en tipo de envolvente 1A. El sobrecimiento es de tipo corrido en todo el perímetro del módulo habitacional.

- Resistencia superficial externa e interna (Rse y Rsi):

Para la determinación de los datos de resistencia superficial externa e interna revisamos el paso n°04 para el tipo de envolvente 1A, ítem Muros, numeral 3.1 de la Norma EM.110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial externa (Rse)” colocamos el valor de 0.11 W/m²K; de igual forma en la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial interna (Rsi)” colocamos el valor de 0.06 W/m²K

Tabla 40.

Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para sobrecimientos 1A – módulo de ladrillo.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C°/w)
Resistencias superficiales				
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.06

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire). Fuente: Norma EM.110, (2016)

En las celdas de bajo composición del muro se coloca los materiales, espesor y el coeficiente de transmisión térmica de cada uno.

- Áreas

Se considerará un área de todo el perímetro del módulo habitacional; donde la altura es 0.35 m y el perímetro 19.74 m

Sobrecimiento: Ubicado en todo el perímetro de la vivienda



$$S_S = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_S = (0.35 \times 19.74) = 6.909 \text{ m}^2$$

- Materiales

El muro mencionado cuenta con tres materiales, mortero cemento-arena, concreto simple y roca natural porosa.

- Al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción* (Anexo N° 03 de la Norma EM.110) se define lo siguiente:

Tabla 41.

Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 1A - sobrecimientos en Módulo Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con aislante.

	Mortero cemento- arena (interior)	Concreto simple	Roca natural porosa 30%	Enlucido de yeso
Espesor	0.02	0.175	0.075	0.01
Coefficiente de Transmitancia térmica W/mK	1.4	1.51	0.55	0.30

- Hallando Transmitancia térmica de la envolvente Tipo 1A – Sobrecimiento:

$$U_{1-\text{sobrecimientos}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \frac{e_{\text{material3}}}{k_{\text{material3}}} + \dots + R_{Si} + R_{Se}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2016) paso N°4, numeral 3 muros, nexo 3.2.1.

Donde:

$e_{\text{material1}}$ Espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{\text{material1}}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

Remplazando tenemos que:

$$U_{1-sobrecimientos} = \frac{1}{\left(\frac{0.02}{1.4} + \frac{0.175}{1.51} + \frac{0.075}{0.55} + \frac{0.01}{0.30}\right)}$$

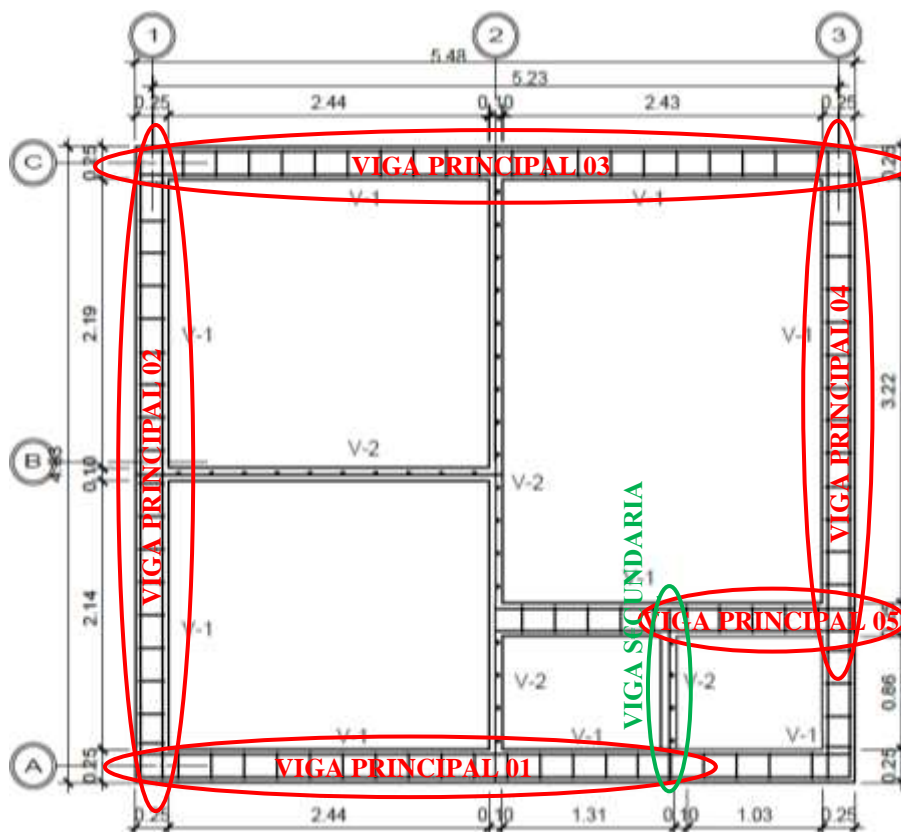
$$U_{1-sobrecimientos} = 3.335 U \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

g. Vigas

A continuación, se realiza el procedimiento indicado en la norma EM.110 paso N° 4 para hallar las transmitancias térmicas en tipo de envolvente 1A. Las vigas son de tipo V-1 de concreto armado con medidas de 25 x 25 cm en todo el perímetro del módulo habitacional.

Figura 23.

Referencia para el cálculo de transmitancias térmicas de puente térmico: vigas tipo 1A para módulo habitacional de ladrillo.



Nota: Se considera solo las vigas que forman parte de la envolvente tipo 1A; por ello no se consideran las vigas que se encuentran al exterior de la edificación.

- Resistencia superficial externa e interna (R_{se} y R_{si}):



Para la determinación de los datos de resistencia superficial externa e interna revisamos el paso n°04 para el tipo de envolvente 1A, ítem Muros, numeral 3.1 de la Norma EM.110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial externa (Rse)” colocamos el valor de 0.11 W/m²K; de igual forma en la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial interna (Rsi)” colocamos el valor de 0.06 W/m²K.

Tabla 42.

Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para vigas 1A – módulo de ladrillo.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C°/w)
Resistencias superficiales				
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.06

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire). Fuente: Norma EM.110, (2016)

En las celdas de bajo composición del muro se coloca los materiales, espesor y el coeficiente de transmisión térmica de cada uno.

- Áreas

Tabla 43.

Áreas de las vigas del módulo habitacional de doble muro de ladrillo con aislante.

N° Viga	Espesor (m)	Perímetro (m)	Área (m ²)
Viga Principal 01	0.25	4.10	1.025
Viga Principal 02	0.25	4.83	1.208
Viga Principal 03	0.25	5.48	1.37
Viga Principal 04	0.25	3.72	0.93
Viga Principal 05	0.25	1.38	0.345
Viga Secundaria 01	0.25	0.86	0.215

- Materiales

Las columnas del módulo habitacional de ladrillo cuentan con dos materiales, mortero cemento-arena y concreto armado.



- Al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción* (Anexo N° 03 de la Norma EM.110) se define lo siguiente:

Tabla 44.

Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 1A - vigas en Módulo Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con aislante

	Mortero cemento-arena (interior)	Concreto armado	Enlucido de yeso
Espesor	0.01	0.25	0.01
Coefficiente de Transmitancia térmica W/mK	1.40	1.63	0.3

- Hallando Transmitancia térmica de la envolvente Tipo 1A – Sobrecimiento:

$$U_{1-columnas} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots + R_{Si} + R_{Se}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2016) paso N°4, numeral 3 muros, nexo 3.2.1.

Donde:

$e_{material1}$ Espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{material1}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

Remplazando tenemos que:

$$U_{1-columnas} = \frac{1}{\left(\frac{0.01}{1.4} + \frac{0.25}{1.63} + \frac{0.01}{0.30} + 0.11 + 0.06\right)}$$

$$U_{1-columnas} = 2.748 U \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

- **Vestidura de derrame**

A continuación, se realiza el procedimiento indicado en la norma EM.110 para hallar las transmitancias térmicas en tipo de envolvente 1A.



- Áreas:

Para la transmitancia térmica de la vestidura de derrame se procede a calcular el área de la siguiente forma

Vestidura de derrame 01: ubicada en el dormitorio 01

$$S_{VD1} = (\text{perímetro} \times \text{espesor})$$

$$S_{VD1} = [3.5] * 0.25$$

$$S_{VD1} = 0.875 \text{ m}^2$$

Vestidura de derrame 02: ubicada en el dormitorio 02

$$S_{VD2} = (\text{perímetro} \times \text{espesor})$$

$$S_{V2} = [3.5] * 0.25$$

$$S_{V2} = 0.875 \text{ m}^2$$

Vestidura de derrame 03: ubicada en la cocina - comedor

$$S_{VD3} = (\text{perímetro} \times \text{espesor})$$

$$S_{V3} = [3.5] * 0.25$$

$$S_{V3} = 0.875 \text{ m}^2$$

- Materiales

Para definir los valores respectivos a las características de los materiales se verá el ANEXO N° 03 de la Norma EM.110 *Lista de características higrométricas de los materiales de*



construcción, de lo cual tenemos que el material que compone la vestidura de derrame es yeso, cuyo coeficiente de transmitancia térmica es igual a 0.3 W/mK.

- Hallando Transmitancia térmica de la envolvente Tipo 1A – Vestidura de derrame:

$$U_{1-vestidura\ de\ derrame} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material1}}{k_{material1}} + \frac{e_{material2}}{k_{material2}} + \frac{e_{material3}}{k_{material3}} + \dots\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2016) paso N°4, numeral 3 muros, nexo 3.2.1.

Donde:

$e_{material1}$ Espesor del material 1 componente de la vestidura de derrame, etc.

$k_{material1}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la vestidura de derrame, etc.

Remplazando, tenemos que:

$$U_{1-vestidura\ de\ derrame} = \frac{1}{\left(\frac{0.02}{0.30}\right)}$$

$$U_{1-vestidura\ de\ derrame} = 1.49\ U\ \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

3.6.4.1.1. Fórmula para el cálculo de la transmitancia térmica final de muros 1A según norma

A continuación, se muestra el cálculo de la transmitancia térmica U final (U_{1A}^{final})

siguiendo la siguiente fórmula:

$$U_{1A}^{final} = \frac{\sum S_i X U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 X U_1 + S_2 X U_2 + S_3 X U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 \dots}$$

Fuente: Norma EM.110, 2016 paso N°4



Donde:

$\sum S_i$ Suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente

$\sum S_i X U_i$ Suma total de todos los productos $S_i X U_i$ encontrados:

Remplazando los valores en la fórmula, tenemos:

$$U_{1A}^{final} = \frac{\sum S_i X U_i}{\sum S_i} = \frac{107.130}{59.095}$$

$$U_{1A}^{final} = 1.813 \frac{W}{m^2K}$$

Según los valores de transmitancia térmica máxima ($U_{máx}$) para muros según la zona bioclimática mesoandina, para cumplir con lo establecido en la norma la transmitancia térmica U final (U_{1A}^{final}), este valor deberá ser menor a $2.36 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$$U_{1A}^{final} = 1.813 \frac{W}{m^2K} < 2.36 \frac{W}{m^2K}$$

SI CUMPLE

Por lo tanto, podemos concluir que los muros tipo 1A de la vivienda Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón cumplen con la transmitancia térmica requerida para esta zona bioclimática.

3.6.6.2. Tipo de Envolvente 3A

a. Ventanas, lucernarios, claraboyas y otros vanos traslúcidos o transparentes sobre el techo

a.1. Tragaluz



El módulo habitacional Sumaq Wasi de ladrillo cuenta con un tragaluz que ilumina la cocina-comedor; para lo cual se calculará la transmitancia térmica del elemento según lo establecido en la norma EM.110.

- Espesor del Tragaluz

Según las especificaciones del proyecto, el tragaluz cuenta con el siguiente espesor:

$$E_{TL} = 1.80 \text{ mm}$$

- Áreas:

$$S_{TL} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{TL} = (2.52 \times 1.52)$$

$$S_{TL} = 3.83 \text{ m}^2$$

- Materiales:

El tragaluz perteneciente al módulo habitacional de ladrillo es en su totalidad de plancha de policarbonato ondulado translucido; por lo que, al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)* se define lo siguiente:

- a. Coeficiente de transmitancia térmica del policarbonato es igual a 0.20 W/mK según Norma EM.110.

b. Compuertas sobre techo

El módulo habitacional de ladrillo con área tapón no cuenta con compuertas sobre el techo.



c. Techo inclinado con cámara de aire

El módulo habitacional Sumaq Wasi de ladrillo cuenta con un techo inclinado de calamina plancha ondulada galvanizada de 11 canales de espesor 0.3 mm junto a planchas de poliestireno expandido de 2".

- Resistencia de cámara de aire (Rca)

Para el cálculo de la transmitancia térmica del elemento tomaremos en cuenta el paso N°04, numeral 3 de la norma EM.110; donde indica los valores de la Resistencia Superficial Interna según la zona bioclimática y el espesor del elemento.

Tabla 45.

Transmitancia térmica de la cámara de aire (R) según su espesor en techos tipo 3A, 3B y 3C.

Situación de la cámara y dirección del flujo de calor	Espesor de la cámara (mm)				
	10	20	50	100	≥150
Cámara de aire horizontal y flujo ascendente (Zonas bioclimáticas: 4, 5 y 6)	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16

Fuente: Norma EM.110, 2016. Tabla N° 9: *Transmitancia térmica de la cámara de aire (Rca) según su espesor (en m²K/W) en muros tipo 1A.*

Tabla 46.

Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para techos con cámara de aire – módulo de ladrillo.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C°/w)
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				0.16

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire). Fuente: Norma EM.110, (2016)

- Resistencia superficial externa e interna (Rse y Rsi)

Para la determinación de los datos de resistencia superficial externa e interna revisamos el paso N°06 para el tipo de envolvente 3A, numeral 4 de la Norma EM.110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.



En la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial externa (Rse)” colocamos el valor de 0.05 W/m²K; de igual forma en la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial interna (Rsi)” colocamos el valor de 0.09 W/m²K.

Tabla 47.

Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para techos 3A – módulo de ladrillo.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C°/w)
Resistencias superficiales				
Resistencia superficial externa (Rse)				0.05
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.09

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire). Fuente: Norma EM.110, (2016)

c.1. Calamina

- Áreas:

$$S_{CAL} = (\text{ancho} \times \text{altura}) - S_{TL}$$

$$S_{CAL} = (40.375) - 3.83$$

$$S_{CAL} = 36.545 \text{ m}^2$$

- Materiales:

El techo inclinado perteneciente al módulo habitacional de ladrillo está conformado de planchas galvanizadas de zinc junto con planchas de poliestireno; por lo que, al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)* se define lo siguiente:

- a. Coeficiente de transmitancia térmica del polipropileno es igual a 110.00 W/mK según Norma EM.110.



- b. Coeficiente de transmitancia térmica del poliestireno es igual a 0.22 W/mK según Norma EM.110.

Tabla 48.

Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 3A – techos en Módulo Sumaq Wasi diseño de adobe con área tapón.

	Calamina ondulada de polipropileno	Planchas de poliestireno
Espesor	0.0003	0.05
Coeficiente de Transmitancia térmica W/mK	110.00	0.22

c.2. Policarbonato

- Espesor

El espesor de la plancha de policarbonato presente en el cielorraso del módulo habitacional Sumaq Wasi de ladrillo con área tapón es de 6 mm para los 3 tragaluces existentes en dicha vivienda.

- Área:

Tragaluz interior 01: Ubicada en el dormitorio 01

$$S_{Pol1} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{Pol1} = (0.60 \times 0.60)$$

$$S_{Pol1} = 0.36 \text{ m}^2$$

Tragaluz interior 02: Ubicada en el dormitorio 02

$$S_{Pol2} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{Pol2} = (0.60 \times 0.60)$$



$$S_{Pol2} = 0.36 \text{ m}^2$$

Tragaluz interior 03: Ubicada en la cocina - comedor

$$S_{Pol3} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{Pol3} = (0.60 \times 0.90) \times 4$$

$$S_{Pol3} = 2.16 \text{ m}^2$$

- Materiales:

El tragaluz perteneciente al módulo habitacional de ladrillo es en su totalidad de policarbonato; por lo que, al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)* se define lo siguiente:

- a. Coeficiente de transmitancia térmica del policarbonato es igual a 0.20 W/mK según Norma EM.110.

c.3. Cielorraso

Baldosas

- Espesor

El espesor de las baldosas presente en el cielorraso del módulo habitacional Sumaq Wasi de ladrillo con área tapón es de 6 mm.

- Áreas:

Para hallar el área calcularemos la totalidad del área del módulo y restaremos el espacio anteriormente calculado (tragaluz de policarbonato); entonces:



Cielorraso: Ubicado en toda el área de la vivienda

$$S_{CR1} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{CR1} = 19.77 - 0.36 * 2 - 2.16 \text{ m}^2$$

$$S_{CR1} = 16.89 \text{ m}^2$$

- Materiales:

El cielorraso perteneciente al módulo habitacional de ladrillo es en su totalidad de panel de fibrocemento; por lo que, al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)* se define lo siguiente:

- a. Coeficiente de transmitancia térmica de yeso es igual a 0.25 W/mK según Norma EM.110.

c.4. Correas

- Espesor

Tabla 49.

Datos de las correas del módulo habitacional de doble muro de ladrillo con aislante.

N° Correa	Cantidad	Espesor (m)	Perímetro (m)
Correas tipo 1	10	0.006	5.86

Nota: se considerará doble espesor por ser un tubo LAC.

- Materiales

Las correas pertenecientes al módulo habitacional de ladrillo son en su totalidad de tubos de acero LAC; por lo que, al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)* se define lo siguiente:



- Coeficiente de transmitancia térmica del acero es igual a 50.0 W/mK según Norma EM.110.

c.5. Tijerales

- Espesor

Tabla 50.

Datos de los tijerales del módulo habitacional de doble muro de ladrillo con aislante.

N° Tijeral	Cantidad	Espesor (m)	Perímetro (m)
Tijerales tipo 1	5	0.006	6.89

Nota: se considerará doble espesor por ser un tubo LAC.

- Materiales

Los tijerales pertenecientes al módulo habitacional de ladrillo son en su totalidad de tubos de acero LAC; por lo que, al revisar la *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)* se define lo siguiente:

- Coeficiente de transmitancia térmica de acero es igual a 50.0 W/mK según Norma EM.110.
- Hallando Transmitancia térmica de la envolvente Tipo 3A – Techo inclinado (con cámara de aire):

$$U_{3-\text{techo inclinado}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \frac{e_{\text{material3}}}{k_{\text{material3}}} + \dots + R_{Ca}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110,2016) paso N°4, numeral 3 muros, nexo 3.2.1.

Donde:

$e_{\text{material1}}$ Espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{\text{material1}}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.



R_{Si} Resistencia superficial interna

R_{Se} Resistencia superficial externa

Remplazando tenemos que:

$$U_{3-techo inclinado} = \frac{1}{\left(\frac{0.0003}{110.0} + \frac{0.05}{0.22} + \frac{0.006}{0.20} + \frac{0.006}{0.25} + \frac{0.05}{50} + \frac{0.05}{50} + 0.16\right)}$$

$$U_{3-techo inclinado} = 1.003U \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

3.6.4.3.1. Fórmula para el cálculo de la transmitancia térmica final según norma

A continuación, se muestra el cálculo de la transmitancia térmica U final (U_{1A}^{final})

siguiendo la siguiente fórmula:

$$U_{3A}^{final} = \frac{\sum S_i X U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 X U_1 + S_2 X U_2 + S_3 X U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 \dots}$$

Fuente: Norma EM.110, 2016 paso N°4

Donde:

$\sum S_i$ Suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente

$\sum S_i X U_i$ Suma total de todos los productos $S_i X U_i$ encontrados:

Remplazando los valores en la fórmula, tenemos:

$$U_3^{final} = \frac{\sum S_i X U_i}{\sum S_i} = \frac{37.433}{40.435}$$

$$U_3^{final} = 0.926 \frac{W}{m^2K}$$



Según los valores de transmitancia térmica máxima ($U_{máx}$) para techos según la zona bioclimática mesoandina, para cumplir con lo establecido en la norma la transmitancia térmica U final (U_{3A}^{final}), este valor deberá ser menor a $2.21 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$$U_3^{final} = 0.932 \frac{W}{m^2K} < 2.21 \frac{W}{m^2K}$$

SI CUMPLE

3.6.6.1. Tipo de Envolverte 4A

El piso del módulo habitacional de ladrillo cuenta con un sistema de aislamiento complejo que compromete diferentes elementos que ayudarán a reducir las transmitancias térmicas del suelo hacia la vivienda; a continuación, se describirán los elementos que contiene dicho sistema:

Para hallar las transmitancias térmicas se seguirá el procedimiento expuesto en la norma EM.110 la cual indica lo siguiente:

a. Piso de cemento pulido con ocre bruñado (sin cámara de aire)

- Resistencia superficial externa e interna (R_{se} y R_{si})

Para la determinación de los datos de resistencia superficial externa e interna revisamos el paso N°07 para el tipo de envolvente 4A, ítem Losa o Piso tipo 4ª (sin cámara de aire), numeral 3.1 de la Norma EM.110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

En la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial externa (R_{se})” colocamos el valor de $0.09 \text{ W/m}^2\text{K}$; de igual forma en la intersección de celdas “RST/RCA” y “Resistencia superficial interna (R_{si})” colocamos el valor de $0.09 \text{ W/m}^2\text{K}$



Tabla 51.

Colocación de datos en cuadro especificado de la norma EM.110 para pisos 4A – módulo de ladrillo.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² C°/w)
Resistencias superficiales				
Resistencia superficial externa (Rse)				0.09
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.09

Nota: Las abreviaturas son: RST (Resistencia Superficial Seca) y RCA (Resistencia de la Cámara de Aire). Fuente: Norma EM.110, (2016)

Asimismo, se colocan los materiales, espesores y el coeficiente de transmisión térmica del muro en las celdas inferiores.

- Áreas:

$$S_{P-CP} = (\text{ancho} \times \text{altura})$$

$$S_{P-CP} = 19.77\text{m}^2$$

- Materiales:

Para hallar la transmitancia térmica del piso de cemento pulido es importante reconocer la estructura de aislamiento térmico que lo conforma; el cual consta de una cama de piedra de espesor 10 cm y concreto armado de 0.075 cm de espesor. Por lo que, al revisar la Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110) se define lo siguiente

- Coeficiente de transmitancia térmica del concreto armado es igual a 1.63 W/mK según Norma EM.110.

Tabla 52.

Especificaciones de los materiales de la Envolvente Tipo 4A – piso de cemento pulido en Módulo Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con aislante.

	Cama de piedra	Capa de concreto armado
Espesor	0.10	0.075



Coefficiente de Transmitancia térmica W/mK	1.50	1.63
---	------	------

- Hallando Transmitancia térmica de la envolvente Tipo 4A – Piso sin cámara de aire:

$$U_{4-\text{piso sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material1}}}{k_{\text{material1}}} + \frac{e_{\text{material2}}}{k_{\text{material2}}} + \frac{e_{\text{material3}}}{k_{\text{material3}}} + \dots + R_{Si} + R_{Se}\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2016) paso N°7, numeral 1.

Donde:

$e_{\text{material1}}$ Espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{\text{material1}}$ Coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

R_{Si} Resistencia superficial interna

R_{Se} Resistencia superficial externa

Remplazando tenemos que:

$$U_{1-\text{muro sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{0.10}{1.50} + \frac{0.075}{1.63} + 0.09 + 0.09\right)}$$

$$U_{1-\text{muro sin cámara}} = 3.417 U \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

3.6.5.4.1. Fórmula para el cálculo de la transmitancia térmica final según norma

A continuación, se muestra el cálculo de la transmitancia térmica U final (U_{4A}^{final})

siguiendo la siguiente fórmula:

$$U_{4A}^{final} = \frac{\sum S_i X U_i}{\sum S_i} = \frac{S_1 X U_1 + S_2 X U_2 + S_3 X U_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 \dots}$$

- Fuente: Norma EM.110, 2016 paso N°4



Donde:

$\sum S_i$ Suma total de las superficies de cada tipo de elemento de la envolvente

$\sum S_i X U_i$ Suma total de todos los productos $S_i X U_i$ encontrados:

Remplazando los valores en la fórmula, tenemos:

$$U_{4A}^{final} = \frac{\sum S_i X U_i}{\sum S_i} = \frac{67.554}{19.77}$$

$$U_{4A}^{final} = 3.417 \frac{W}{m^2K}$$

Según los valores de transmitancia térmica máxima ($U_{máx}$) para muros según la zona bioclimática mesoandina, para cumplir con lo establecido en la norma la transmitancia térmica U final (U_{4A}^{final}), este valor deberá ser menor a $2.36 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$$U_{4A}^{final} = 3.417 \frac{W}{m^2K} < 2.63 \frac{W}{m^2K}$$

NO CUMPLE



CAPÍTULO IV: RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos a partir de los cálculos de transmitancias térmicas de acuerdo al CAPÍTULO III: PROCESAMIENTO DE DATOS según la metodología de la norma EM.110:

– **Modulo Habitacional Sumaq Wasi de adobe con área tapón**

La transmitancia térmica final del tipo de envolvente 1A, 1B correspondiente a muros es igual a 1.658 W/m²K; la cual **si cumple** con los límites máximos para la zona bioclimática mesoandina pues este es menor a 2.36 W/m²K.

La transmitancia térmica final del tipo de envolvente 3A, 3B, 3C correspondiente a techos es igual a 0.928 W/m²K; la cual **si cumple** con los límites máximos para la zona bioclimática mesoandina pues este es menor a 2.21 W/m²K.

La transmitancia térmica final del tipo de envolvente 4A, 4B, 4C correspondiente a pisos es igual a 0.555 W/m²K; la cual **si cumple** con los límites máximos para la zona bioclimática mesoandina pues este es menor a 2.63 W/m²K.

– **Modulo Habitacional Sumaq Wasi de doble muro de ladrillo con aislante**

La transmitancia térmica final del tipo de envolvente 1A, 1B correspondiente a muros es igual a 1.813 W/m²K; la cual **si cumple** con los límites máximos para la zona bioclimática mesoandina pues este es menor a 2.36 W/m²K.

La transmitancia térmica final del tipo de envolvente 3A, 3B, 3C correspondiente a techos es igual a 0.926 W/m²K; la cual **si cumple** con los límites máximos para la zona bioclimática mesoandina pues este es menor a 2.21 W/m²K.



La transmitancia térmica final del tipo de envolvente 4A, 4B, 4C correspondiente a pisos es igual a $3.417 \text{ W/m}^2\text{K}$; la cual **no cumple** con los límites máximos para la zona bioclimática mesoandina pues este debería ser menor a $2.63 \text{ W/m}^2\text{K}$.



CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

- Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos.

Tras haber obtenido los resultados de los módulos habitacionales tanto de adobe como ladrillo y compararlos se puede concluir de forma general que, ambas viviendas si cumplen con los límites máximos establecidos en la norma EM.110; es decir, las viviendas contienen materiales cuya propiedad de transmitancia térmica es suficiente para que, en términos coloquiales, estas viviendas pueden mantener el calor en el interior de forma natural para la zona bioclimática mesoandina.

Si bien es cierto, los antecedentes anteriormente mencionados en el capítulo 2 demostraron que las viviendas estudiadas no cumplían con los límites máximos de transmitancias térmicas presentes en la norma EM.110; sin embargo, la presente investigación demuestra que las transmitancias térmicas obtenidas se encuentran dentro de los límites máximos establecidos para la zona; pues, este proyecto cuenta con un estudio de confort térmico, sin embargo, ese estudio no está basado en la norma EM.110, misma que se encuentra en los expedientes técnicos respectivamente y aseguran una confortabilidad suficiente para las condiciones climáticas de la zona.

La presente investigación busca hacer un enfoque en el estudio propiamente de las transmitancias térmicas de los materiales de construcción puestos en uso en los módulos Sumaq Wasi de adobe y ladrillo construidos en zona bioclimática mesoandina.

Por otro lado, los Sumaq Wasi se encuentran distribuidos en todo el territorio nacional, lo que quiere decir que, también se podrán encontrar Sumaq Wasi de tipo adobe y ladrillo en zonas altoandinas; por lo que, haciendo una comparación visual de los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye que para una zona bioclimática altoandina, el



mismo diseño no cumple con los límites máximos presentes en la norma EM.110 Tabla 2. Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m^2K .

Se observa que, a lo largo del estudio no se involucra el cálculo de zapatas y cimientos corridos en la norma EM.110 que, consideramos importante debido a que podrá reducir su transmitancia térmica en la envolvente de tipo pisos.

Con respecto a que en zonas altoandinas también existen Sumaq Wasi's de ladrillo y adobe, ¿Se debería continuar con la construcción de estos siguiendo el programa nacional de vivienda rural?

Si, para las zonas mesoandinas el diseño es óptimo y cumple con los límites máximos parametrizados en la norma EM.110; sin embargo, en el caso de zonas altoandinas tendría que haber un nuevo diseño o mejorar estos para reducir las transmitancias térmicas y cumplir con la norma EM.110.

Con respecto al aporte de la presente investigación podemos concluir que la tesis servirá como antecedente para futuros estudios de evaluación de transmitancias térmicas según los límites máximos de la norma EM.110; y no solo eso, sino que también servirá para poder mejorar la calidad de los materiales de las viviendas Sumaq Wasi de adobe y ladrillo presente en las regiones altoandinas; pues como ya se mencionó, estas deberán presentar otras mejoras o incluso presentar un nuevo diseño.

La presente investigación podrá aportar a la ingeniería civil para la consideración de tecnologías constructivas con eficiencia energética para reducir las transmitancias térmicas en las viviendas de zona bioclimática mesoandina; si bien es cierto la calidad de vida de un ser humano depende de muchos factores, una buena vivienda que ofrezca confort en sus diferentes tipos ayudará a conservar una buena salud, prevenir enfermedades e incluso



ayudar al desarrollo adecuado de una persona; y más aún en nuestros niños peruanos. Por lo que la presente investigación también tiene un enfoque social para futuros proyectos del programa nacional de vivienda, organizaciones no lucrativas o cualquier persona natural o jurídica que desee construir viviendas en la zona bioclimática mesoandina.

Finalmente, para corroborar y comprobar los resultados obtenidos en la presente tesis, se ha realizado un modelamiento energético en software Autodesk Revit 2023 versión estudiantil para ambos módulos Sumaq Wasi (Anexos 07 y 08); luego de haber realizado este modelamiento, podemos acotar que: 1. El software realiza un análisis al sistema de refrigeración y calefacción tomando en cuenta una clasificación de envolventes distinta a la de la norma EM.110. 2. Dicho análisis no considera un estudio de confort térmico, por lo cual no involucra la evaluación de transmitancias térmicas. 3. El software Revit 2023, en cuanto a la función “Optimización de energía” está configurado según las normas americanas ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) la cual tiene diferentes parámetros, limitaciones y métodos de estudio sobre eficiencia energética que la norma EM.110, la cual es la base de la presente investigación. 4. Expuesto lo anterior, podemos concluir que, el análisis energético que realiza el software Revit 2023 versión estudiantil resulta no comparable con los resultados de la presente investigación; sin embargo, se obtuvieron gráficos de simulación energética e informes de cargas de refrigeración y calefacción importantes para un diseño bioclimático.

- **Comparación crítica con la literatura existente**

El antecedente local “Evaluación de las transmitancias térmicas de la casa ecológica andina PUCP del distrito de Langui, provincia de Canas – Cusco, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110, para mejorar las condiciones de confort térmico de las viviendas de la zona bioclimática alto andina en el Perú” concluyó que el estudio de las



transmitancias térmicas en forma global en la casa ecológica andina PUCP del distrito de Langui – Cusco no cumplió con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica para la zona bioclimática alto andina según la Norma EM.110; sin embargo, nuestro estudio encuentra que, de forma global ambos módulos habitacionales cumplen con los límites máximos de transmitancias térmicas de la norma EM.110.

El antecedente local “Análisis del confort térmico en escuela modelo de la sierra peruana y evaluación de mejoramiento térmico mediante el uso de principios bioclimáticos” presenta sus resultados del estudio de transmitancias térmicas con el cumplimiento de los límites máximos según la norma EM.110 en las envolventes de muros y pisos; el presente estudio indica que las envolventes de muros, techos y pisos del módulo Sumaq Wasi de adobe cumplen con estos límites máximos; sin embargo, el Sumaq Wasi de ladrillo cumple únicamente con los límites máximos en las envolventes de muros y techos.

El antecedente nacional “Confort térmico en las edificaciones de las aldeas infantiles de la provincia de Huancayo según la norma EM-110 del R.N.E. 2017” muestra en sus resultados que; el cálculo de las transmitancias térmicas de los muros techos y pisos de los diferentes ambientes evaluados no cumplen con los límites máximos según la norma EM.110; sin embargo, el presente estudio ha demostrado que los módulos Sumaq Wasi cumplen con estos límites a excepción del piso del módulo de ladrillo.

El antecedente internacional “Evaluación del confort térmico en viviendas con cerramientos de mampostería de ladrillo cerámico”, en la cual el investigador concluye que se deberán adecuar las edificaciones a las características climáticas de cada zona con el propósito de evitar gastos energéticos innecesarios y obtener una confortabilidad térmica; esto se logrará minimizando pérdidas de calor, maximizando las ganancias de calor por radiación solar directa y evitando pérdidas de calor en los muros que se encuentren orientados al sur. Al



culminar el presente estudio podemos afirmar y apoyar dicha aseveración; pues el PNVR diseña los módulos Sumaq Wasi con este propósito y, en la presente tesis, se ha demostrado que para zona bioclimática mesoandina cumple con su objetivo según la norma EM.110.



5.1.GLOSARIO

Calor: El calor es una fuente de energía con la capacidad de producir trabajo. Puede ser producido por varios métodos: Por combustión, paso de corriente eléctrica, por compresión brusca de gas y por reacciones químicas o nucleares (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Cámara de aire (en Muros, Techos o Pisos): Con fines de la presente investigación, es una cámara sin salida ni entrada de aire por todos sus límites o sea sin ventilación, en la mayoría de casos es paralela en relación a la envolvente (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Coefficiente de conductividad térmica (k): Es la cantidad de calor que atraviesa a través de un medio, por unidad de tiempo, una unidad de superficie de una muestra plana de caras paralelas y espesor unitario, cuando se establece entre las caras una diferencia de temperatura de un grado (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Conductividad térmica (k): Capacidad de los materiales de permitir al calor atravesar por medio del mismo, su inversa es la resistividad térmica (capacidad de los materiales para resistir al paso del calor). Su unidad es Vatio por metro grado Kelvin (W/m K) (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Confort térmico: Es una sensación de la persona respecto a un ambiente térmico determinado puede ser cerrado o abierto, más no hay forma de medir este cuantitativamente (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Cubiertas: Elemento superior del techo que lo aparta del exterior y está en contacto directo con el aire del ambiente, su inclinación tiene que ser inferior a 60° respecto a la horizontal del edificio (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).



Elemento constructivo: Conjunto de materiales dimensionados según diseño previo que cumplen una función en la edificación, pueden ser muros, techos, ventanas, columnas, etc. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Edificio: Obra ejecutada por el ser humano con la finalidad de realizar sus distintas actividades (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Envolvente: Es un elemento constructivo del edificio el cual cumple con la función de separarlo del ambiente exterior, ya sea aire del ambiente, terreno (suelo) u otro edificio. Estos elementos son muros, techos y pisos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Cámara de aire: Es un pequeño ambiente sin aberturas en todos sus extremos que se encuentra generalmente de forma paralela a una envolvente (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Carpintería de marcos: Es el contorno, marco de la hoja u hojas en el caso de puertas o la superficie cubierta con vidrio en el caso de ventanas. También es carpintería los bastidores que sujetan el vidrio de una ventana (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Muro: Es el elemento constructivo que se encuentra de manera vertical o tenuemente inclinada, que separa un espacio del otro, para la presente investigación, el interior de una edificación con el ambiente exterior es la envolvente (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Piso: Es el elemento constructivo que se encuentra de manera horizontal o tenuemente inclinada, que separa un espacio del terreno natural, para la presente investigación, el interior de una edificación con el ambiente exterior (terreno natural) es la envolvente (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).



Techo: Es el elemento constructivo que se encuentra de manera horizontal, inclinado o curvo, que separa un espacio del ambiente exterior, para la presente investigación, el interior de una edificación con el ambiente exterior es la envolvente (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Puente térmico: Es la junta de dos elementos constructivos o de diferentes materiales y que causa discontinuidad en las propiedades de aislamiento de temperatura de la envolvente de la edificación (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

PNVR: (Programa Nacional de Vivienda Rural) Es un programa perteneciente al Ministerio de vivienda cuya finalidad es mejorar, reconstruir y reforzar las condiciones de la vivienda rural de los pobladores peruanos que se viven en situación de pobreza y pobreza extrema y así mejorar su calidad de vida (Ministerio de Vivienda, 2021).

Resistencia térmica: Es la capacidad de un material constructivo para oponerse al flujo de calor, su valor aumenta con el espesor del material de la envolvente y se expresa en ($m^2 K / W$) (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Resistencia térmica superficial: Son los coeficientes superficiales de transmisión de calor invertidos, el mismo depende del sentido del flujo del calor y de la situación de las superficies internas o externas. También se simboliza como R_{se} y R_{si} (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Rotura de puente térmico: Es evitar el flujo de calor de una cara interior de la carpintería con una cara externa de la misma mediante un material aislante que se encuentra al interior del marco (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Sumaq Wasi: En español “casa bonita” Es el módulo de vivienda bioclimática del PNVR que es construida en las zonas rurales del Perú, se tiene en prioridad 14 regiones



altoandinas y selváticas del país, entre ellas Cusco, Arequipa, Huancavelica, Puno y Tacna para edificar las Sumaq Wasi (Ministerio de Vivienda, 2021)

Vestidura de derrame: Es un elemento de madera o de concreto que se coloca en el derrame del vano, es decir, la cara superior del alfeizar (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

W/m^2K : Se define como vatio por metro cuadrado - kelvin y es la unidad según el sistema de unidades internacional de la transmitancia térmica (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Zona bioclimática: Es la clasificación de clima que define los parámetros ambientales de zonas geográficas y que es fundamental para el diseño bioclimático de las edificaciones (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).



28.1. CONCLUSIONES

- **Primera conclusión:** Se ha demostrado que los valores de transmitancias térmicas de los módulos Sumaq Wasi en Ccatcca-Quispicanchi si cumplen con los límites máximos de la Norma EM.110, con excepción de las envolventes 3A, 3B y 3C del módulo Sumaq Wasi de ladrillo.
- **Segunda conclusión:** Se ha demostrado la Sub hipótesis a. Los valores de transmitancia térmica de los muros del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón del distrito de Ccatcca–Quispicanchi son menores a 2.36 W/m²K, según la Norma EM.110” es verdadera.
- **Tercera conclusión:** Se ha demostrado la Sub hipótesis b. “Los valores de transmitancia térmica de los techos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a 2.21 W/m²K, según la Norma EM.110” es verdadera.
- **Cuarta conclusión:** Se ha demostrado la Sub hipótesis c. Los valores de transmitancia térmica de los pisos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón” del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a 2.63 W/m²K, según la Norma EM.110” es verdadera.
- **Quinta conclusión:** Se ha demostrado la Sub hipótesis d. Los valores de transmitancia térmica de los muros del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a 2.36 W/m²K, según la Norma EM.110” es verdadera.
- **Sexta conclusión:** Se ha demostrado la Sub hipótesis e. Los valores de transmitancia térmica de los techos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a 2.21 W/m²K, según la Norma EM.110”es verdadera.



- **Sétima conclusión:** Se ha demostrado la Sub hipótesis f. Los valores de transmitancia térmica de los pisos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a $2.63 \text{ W/m}^2\text{K}$, según la Norma EM.110" es falsa.
- **Octava conclusión:** Los valores de transmitancias térmicas de los módulos Sumaq Wasi en Ccatcca-Quispicanchi cumplen de forma general con los límites máximos de la Norma EM.110 para la zona bioclimática mesoandina
- **Novena conclusión:** Demostradas nuestras hipótesis podemos afirmar que las transmitancias térmicas de los materiales utilizados en la construcción de los módulos Sumaq Wasi son aptas para la zona bioclimática mesoandina, pues estos cumplen con los límites máximos de transmitancia térmica estipulados en la Norma EM. 110 con excepción de la envolvente de piso del módulo de doble muro con aislante.



28.2. RECOMENDACIONES

Tras los resultados obtenidos del presente estudio; se podrá recomendar al equipo técnico de proyectistas de los módulos habitacionales Sumaq Wasi tanto de adobe como ladrillo lo siguiente:

- **Primera recomendación:** Se recomienda al Programa Nacional de Vivienda Rural que, para la envolvente 4A del módulo habitacional Sumaq Wasi de ladrillo se deberán aumentar aislantes térmicos como camas de piedra, poliestireno, material seleccionado, cámaras de aire, etc.; para reducir su transmitancia térmica en pisos.
- **Segunda recomendación:** Se recomienda al Programa Nacional de Vivienda Rural que, deberán incluir dentro del programa brindar capacitación a los beneficiarios de los módulos habitacionales Sumaq Wasi sobre el uso y mantenimiento de toda la vivienda; para que puedan disminuir pérdidas de calor, pues el menor grado de transmitancia térmica presente en la vivienda también dependerá de que la infraestructura se mantenga completamente funcional y en buen estado.
- **Tercera recomendación:** A los proyectistas, supervisores, residentes y demás responsables del Programa Nacional de Vivienda Rural se recomienda verificar la calidad de los materiales al momento de la construcción de los Sumaq Wasi; pues la presente investigación se limita a obtener las transmitancias térmicas con las dimensiones, calidades y especificaciones técnicas expuestas en el expediente técnico para garantizar los resultados obtenidos en la investigación.
- **Cuarta recomendación:** Al Programa Nacional de Vivienda Rural, se recomienda realizar un diseño de espacio real de acuerdo a las necesidades y actividades diarias de las familias beneficiadas; pues estos espacios son mínimos para que puedan tener comodidad dentro de los módulos Sumaq Wasi.



- **Quinta recomendación:** Al Programa Nacional de Vivienda Rural, se recomienda mejorar el aislamiento térmico del piso ya que, al hacer la verificación y metrado en campo del módulo habitacional Sumaq Wasi de adobe se observó la presencia de humedad para que se pueda mantener conservado el módulo, evitar daños a la estructura y posibles accidentes.

- **Sexta recomendación:** Al Programa Nacional de Vivienda Rural, se recomienda implementar en el estudio de confort térmico del expediente de Sumaq Wasi la evaluación de confort térmico siguiendo los lineamientos y pasos estipulados en la norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética, para garantizar que el mismo se cumpla y evitar que excedan el límite máximo de transmitancia térmica como en el piso del módulo Sumaq Wasi de ladrillo.

- **Séptima recomendación:** A cualquier persona natural y jurídica que desee construir su vivienda en la zona bioclimática mesoandina; se recomienda hacer uso de materiales tales como poliestireno en muros y yeso para tarrajeo interior y exterior; para el aislamiento térmico en cubiertas, se recomienda hacer uso de cámaras de aire y poliestireno al interior de la cubierta; por otro lado, para el aislamiento térmico en pisos, se recomienda hacer uso de capas de material seleccionado como camas de piedra canto rodado o barro con paja; asimismo, la presente investigación determina que el uso de polipropileno en conjunción de estos materiales actúa como aislante térmico, por lo mismo también su uso es recomendable.



28.3. REFERENCIAS

Barrientos, B. C. (2012). Evaluación del confort térmico en viviendas con cerramientos de mampostería de ladrillo cerámico. Cochabamba, Bolivia: Universidad Privada Boliviana.

British Standard. (2001). *EN ISO10077-1:2000 "Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 1: Simplified method"*.

Canales Avellaneda, W. M. (2018). Confort térmico en las edificaciones de las aldeas infantiles en la provincia de huancayo según la norma E.M 110 R.N.E 2017. Huancayo, Perú: Universidad Peruana Los Andes.

Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades. (30 de junio de 2018). *Sala Situacional Perú SE 26 - 2018*. Obtenido de Dirección General de Epidemiología (MINSAs):
<http://www.dge.gob.pe/portal/docs/tools/teleconferencia/2018/SE272018/01.pdf>

Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades. (2020). *Sala virtual de Situación de Salud, CDC Perú*. Obtenido de Dirección General de Epidemiología (MINSAs):
<https://www.dge.gob.pe/salasituacional/sala/index/ambitosala/127>

Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades. (2022). *Sala de Situación de Salud Perú a la SE 42 - 2022*. Ministerio de Salud - Perú.

Chumbiray, I. N. (2021). Análisis del confort térmico en escuela modelo de la sierra peruana y evaluación de mejoramiento térmico mediante el uso de principios bioclimáticos. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Convenio de cooperación técnica Interinstitucional SENAMHI-FAO. (2010). *Atlas de heladas del Perú*. Lima, Peru.

El Confidencial. (04 de noviembre de 2020). *Visualiza la humedad y temperatura en casa*. Obtenido de El Confidencial: https://www.elconfidencial.com/decompras/2020-08-22/mejores-termometros-higrometros-humedad_2219735/#:~:text=Un%20term%C3%B3metro%20higr%C3%B3metro%20anal%C3%B3gico%20o,el%20exterior%20de%20una%20vivienda.



- Elosua, P. (2010). *Subjective Values of Quality of Life Dimensions in Elderly People. A SEM Preference Model Approach*.
- Endara Álvarez, C. P., & Jiménez Licon, M. A. (2019). Evaluación de las transmitancias térmicas de la casa ecológica andina PUCP del distrito de Langui - provincia de Canas - Cusco según los parámetros de la norma técnica peruana E.M 110. Cusco, Perú: Universidad Andina del Cusco.
- Equipos y Laboratorio de Colombia. (2021). *Equipos y Laboratorio de Colombia S.A.S*.
Obtenido de <https://www.equiposylaboratorio.com/>
- Harman, L. (2010). *Confort Térmico en Viviendas Altoandinas... un enfoque integral*.
Lima: Care Perú.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación (Quinta edición)*. McGRAW-HILL.
- Lazo, C. V. (30 de 10 de 2021). Conozca las Sumaq Wasi, las viviendas bioclimáticas para las familias del campo. *EL PERUANO*, pág. 11.
- Ministerio de Vivienda. (20 de 09 de 2021). www.gob.pe/vivienda. Obtenido de <https://sites.google.com/vivienda.gob.pe/sumaqwasi>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE. *Norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética*.
- Mundo, BBC News. (29 de Julio de 2021). *Perú: declaran estado de emergencia por el frío*. Obtenido de BBC News Mundo:
https://www.bbc.com/mundo/america_latina/2010/07/100724_ola_frio_peru_emergencia_rg
- Muñoz Rocha, C. (2016). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: Oxford.
- Palomino, M. J. (2020). Propuesta de materiales ecológicos no tradicionales para construcciones según la norma E.M. 110. Cajamarca, Perú: Universidad Peruana del Norte.
- Real Academia Española. (2021). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de dle.rae.es



Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2019). *Heladas y Frijes / Preguntas Frecuentes*. Obtenido de Clima/ Heladas y Frijes:
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=heladas-y-frijes-preguntas>



28.4. APENDICES



Apéndice 01: Matriz de consistencia

Tabla 53.
Matriz de Consistencia

Título: "Evaluación comparativa de los valores de transmitancias térmicas de los módulos Sumaq Wasi en Ccatcca-Quispicanchi, según la norma EM.110"

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
¿Cuál es el resultado de la evaluación comparativa de los valores de transmitancias térmicas de los módulos Sumaq Wasi en Ccatcca-Quispicanchi, según la norma EM.110?	Comparar los valores de transmitancias térmicas de los módulos Sumaq Wasi en Ccatcca-Quispicanchi, según la norma EM.110.	Los valores de transmitancia térmica final de los módulos Sumaq Wasi en Ccatcca - Quispicanchi cumplen con los límites máximos de la Norma EM.110.	Tipo de módulo habitacional Sumaq Wasi	Módulo habitacional "diseño en adobe con área tapón"	Área, perímetro, ancho de muros, tipo de techos, dimensiones de vanos	Módulo habitacional Sumaq Wasi construido
				Módulo habitacional "diseño doble muro de ladrillo con aislante"	Área, perímetro, ancho de muros, tipo de techos, dimensiones de vanos	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
¿Cuál es el valor obtenido de evaluar la transmitancia térmica de los muros del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110?	Evaluar los valores de transmitancia térmica de los muros del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110	Los valores de transmitancia térmica de los muros del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca-Quispicanchi son menores a 2.36 w/m2k, según la Norma EM.110.			Transmitancia térmica en muros	Umuro < 2.36 W/m2K, cumple
¿Cuál es el valor obtenido de evaluar la transmitancia térmica de los techos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110?	Evaluar los valores de transmitancia térmica de los techos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110	Los valores de transmitancia térmica de los techos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a 2.21 w/m2k, según la Norma EM.110.				
¿Cuál es el valor obtenido de evaluar la transmitancia térmica de los pisos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110?	Evaluar los valores de transmitancia térmica de los pisos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110	Los valores de transmitancia térmica de los pisos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño en adobe con área tapón" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a 2.63 w/m2k, según la Norma EM.110.	Transmitancia térmica		Transmitancia térmica en techos	Utecho < 2.21 W/m2K, cumple
¿Cuál es el valor obtenido de evaluar la transmitancia térmica de los muros del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110?	Evaluar los valores de transmitancia térmica de los muros del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" andina del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110	Los valores de transmitancia térmica de los muros del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a 2.36 w/m2k, según la Norma EM.110.				
¿Cuál es el valor obtenido de evaluar la transmitancia térmica de los techos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110?	Evaluar los valores de transmitancia térmica de los techos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" andina del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110	Los valores de transmitancia térmica de los techos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a 2.21 w/m2k, según la Norma EM.110.			Transmitancia térmica en pisos	Upiso < 2.63 W/m2K, cumple
¿Cuál es el valor obtenido de evaluar la transmitancia térmica de los pisos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110?	Evaluar los valores de transmitancia térmica de los pisos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" andina del distrito de Ccatcca - Quispicanchi, según los límites máximos de la Norma Técnica Peruana EM.110	Los valores de transmitancia térmica de los pisos del módulo habitacional Sumaq Wasi de "diseño doble muro de ladrillo con aislante" del distrito de Ccatcca - Quispicanchi son menores a 2.63 w/m2k, según la Norma EM.110.				

Método manual. Ficha de cálculo de la Transmitancia térmica (U) de las envolventes (RNE norma EM. 110)