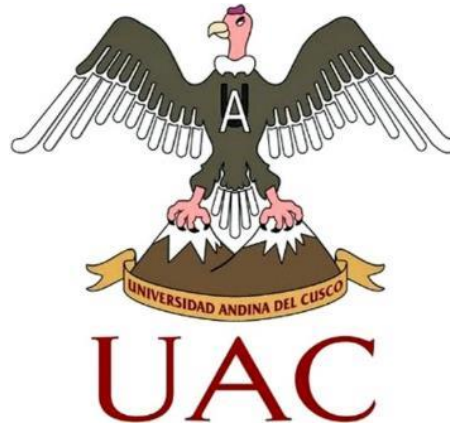




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“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 EM.110, PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE CONFORT TÉRMICO DE LAS VIVIENDAS DE LA ZONA BIOCLIMÁTICA ALTO ANDINA EN EL PERÚ”

Presentado por:

Br. Christians Paul Endara Álvarez

Br. Mario Arturo Jiménez Licona

Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil

Asesor:

Mgt. Ing. Carmen Cecilia Gil Rodríguez

**CUSCO - PERÚ
2019**



Dedicatoria

A Dios Padre por guiarme siempre y ser mi fortaleza en todo momento, a mis Padres Fortunato Endara y Paulina Alvarez por su apoyo incondicional, a mi hermano Jhoel Yuri, mi pareja Grecia Brenda e hija Gabriela Cristina por ser pilares fundamentales en mi vida

CHRISTIANS PAUL ENDARA ALVAREZ



Dedicatoria

*A los más de los 600 muertos en este año 2018 por la ola
de friaje en la Zona Alto Andino del Perú que son en
mayoría niños y adultos mayores como a todas sus
familias que son castigados por la indiferencia,
abandono y soberbia de nuestro gobierno mi solidaridad
a todos ustedes.*

MARIO ARTURO JIMENEZ LICONA



Agradecimientos

*A Dios Padre por sus bendiciones y su guía constante
A mis Padres Fortunato Endara y Paulina Alvarez por
su apoyo incondicional y en todo momento.*

*A mi pareja Grecia Brenda, mi hija Gabriela Cristina y
mi hermano Jhoel Yuri que son para mí, sinónimo de
fortaleza y amor.*

*Y a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería que
contribuyeron en nuestra formación en especial a la Ing.
Mgt. Carmen Cecilia Gil Rodriguez por su apoyo y
asesoramiento en el presente trabajo de investigación.*

CHRISTIANS PAUL ENDARA ALVAREZ



Agradecimientos

A mi Padre Milton que me da fortaleza en mi vida y guía todos mis pasos, a mi Madre Livia que es en sí la que debería tener este título de Ingeniero Civil por todo lo que hizo por mí, a mis hermanos Mirian y Rudy que son las personas que me alentaron a seguir adelante, a mi esposa Karina que es la que se levantaba junto conmigo para continuar luchando y por ultimo al motivo por el cual soy ingeniero a mis dos hijos Milton Fabrizio y Marian Danna.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería que contribuyeron en mi formación como profesional y en especial a la Universidad Andina del Cusco por darme todas las herramientas y la oportunidad de desarrollarme como profesional.

MARIO ARTURO JIMENEZ LICONA



Resumen

Nuestro país Perú, es un país diverso en clima porque presenta múltiples zonas bioclimáticas.

Y es justamente una de sus zonas, la zona bioclimática alto andina que en épocas de friaje representa un enorme problema para sus habitantes y para el país en general.

De hecho, la ciudad del Cusco es una de las ciudades del Perú con mayor tasa de mortalidad por frío y heladas.

Estadísticamente hablando, según el Ministerio de Salud (MINSA) cerca de 600 personas mueren a causa del frío en cada ciudad alto andina del Perú. En su mayoría las víctimas son niños y adultos mayores.

En el Perú los niños mueren por causa de neumonía u otras enfermedades respiratorias causadas por el frío, porque padecen de desnutrición y no tienen las defensas necesarias para hacer frente a estas enfermedades. Por lo tanto no es suficiente mantenerse abrigado y optar por las vacunas ante estas emergencias, sino que se ha de tener cuidado especial en el acondicionamiento de los hogares para que las personas estén protegidas del frío.

Y es por esa razón que en el presente trabajo de investigación, se evaluó la tecnología que proporciona confort térmico de la Casa Ecológica PUCP del distrito de Langui, provincia de Canas Cusco, según los parámetros de la Norma EM.110: Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética (en adelante Norma EM.110), para mejorar las condiciones de confort térmico ahí en la misma casa, así como también para replicar esta tecnología en la construcción de muchas más viviendas que puedan proporcionar de manera definitiva confort térmico en todas las personas que habitan la zona bioclimática alto andina en el Perú.

Este tipo de evaluaciones realmente se necesitan con urgencia, no solo a nivel local en la zona alto andina del Cusco sino a nivel nacional, pues prácticamente todos requieren viviendas que cumplan la Norma EM.110 y que aprovechen los recursos naturales que les proporcione mayor confort térmico en sus viviendas lo que origina incluso mayor satisfacción personal en sus vidas en general.

La conclusión más relevante a la que se llegó en el presente trabajo de investigación es que una edificación alcanza confort térmico debido a su estructura y a las tecnologías de calefacción. La casa ecológica que se ha estudiado a nivel estructura no alcanza confort térmico sin embargo debido a la implementación de las tecnologías de calefacción (piso radiante, muro trombe y cama caliente) si alcanza confort térmico llegando a una temperatura interna de 18°C según los valores de temperaturas del ambiente interior por tipo de uso en edificaciones de la Norma EM. 110 para viviendas.

Palabras claves: Alto andina, bioclimático, confort térmico, transmitancias térmicas, case ecológica PUCP, Norma EM. 110



Abstract

Our country Peru is a diverse country in climate because it has multiple bioclimatic zones. And it is precisely one of its zones, the high Andean bioclimatic zone that in times of frigidity represents a huge problem for its inhabitants and for the country in general.

In fact, the city of Cusco is one of the cities in Peru with the highest mortality rate due to cold and frost.

Statistically speaking, according to the Ministry of Health (MINSA) about 600 people die because of the cold in each high Andean city of Peru. The victims are mostly children and older adults.

In Peru children die from pneumonia or other respiratory diseases caused by the cold, because they suffer from malnutrition and do not have the necessary defenses to cope with these diseases. Therefore, it is not enough to stay warm and opt for vaccines in these emergencies, but special care must be taken in the conditioning of homes so that people are protected from the cold.

And it is for this reason that in the present research work, the technology that provides thermal comfort of the PUCP Ecological House of the district of Langui, Canas Cusco province, was evaluated according to the parameters of the EM.110 Standard: Thermal and Light Comfort with Energy Efficiency (hereinafter Standard EM.110), to improve the thermal comfort conditions there in the same house, as well as to replicate this technology in the construction of many more homes that can provide definitively thermal comfort in all people who inhabit the high Andean bioclimatic zone in Peru.

This kind of evaluations are really needed urgently, not only locally in the Andean highlands of Cusco, but also at a national level, since practically all of them require homes that comply with the EM.110 Standard and that take advantage of natural resources that provide them with greater comfort. thermal insulation in their homes, which causes even greater personal satisfaction in their lives in general.

The most relevant conclusion reached in this research work is that a building achieves thermal comfort due to its structure and heating technologies. The ecological house that has been studied at the structural level does not reach thermal comfort however due to the implementation of heating technologies (radiant floor, trombe wall and hot bed) if it reaches thermal comfort reaching an internal temperature of 18 ° C according to the temperature values of the indoor environment by type of use in buildings of the EM Standard. 110 for homes.

Keywords: High Andean, bioclimatic, thermal comfort, thermal transmittances, ecological case PUCP, Norma EM. 110



Introducción

Debido a las enormes olas de friaje y problemas climáticos que atraviesa la zona alto andina del Perú, y a las miles de vidas que se pierden durante el año se desarrolló el presente trabajo de investigación.

El cual contiene la evaluación de las transmitancias térmicas de la casa ecológica andina PUCP del distrito de Lanqui, provincia de Canas – Cusco, según los parámetros de la Norma EM. 110 y recomendaciones para aumentar el confort térmico en todas las viviendas de la zona alto andina del Perú.

De esta manera se solucionará definitivamente el problema de la temperatura frígida en estas zonas rurales lo que genera también una mejor calidad de vida y beneficios colaterales que eso conlleva

La investigación consta de 5 capítulos, en el capítulo 1, “Planteamiento del programa” se presenta la problemática que originó la investigación de la presente tesis, la formulación interrogativa de la misma, la importancia de la investigación así como los objetivos que se alcanzarán mostrando las justificaciones que respalden y validen la información, además claro está de las hipótesis que se plantearon.

En el capítulo 2 “Marco teórico” se recopiló toda la información que se requirió para estudiar y comprender la investigación, además de la Norma EM.110: "Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia. Energética".

En el Capítulo 3: “Metodología” se describe el tipo y método de investigación realizado, la población y muestra, así como los procedimientos de recolección de datos y sus respectivos análisis

El Capítulo 4: “Resultados” se muestra el resumen total de lo que se obtuvo después de procesar los datos que se obtuvieron en el capítulo anterior.

El Capítulo 5: “Discusión” se mencionan los diferentes inconvenientes u obstáculos que se presentaron en el desarrollo de la investigación así como discusiones sobre los resultados que se obtuvieron

Y finalmente se presentan recomendaciones finales y conclusiones basados en los resultados obtenidos de la investigación.



Índice General.

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iv
Resumen	vi
Abstract	vii
Introducción.....	viii
Índice General.....	ix
Índice de Tablas.....	xii
Índice de Figuras.....	xviii

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1 Identificación del Problema.....	1
1.1.1 Descripción del Problema	1
1.1.2 Formulación Interrogativa del Problema.....	1
1.2 Justificación e Importancia de la Investigación.....	2
1.2.1 Justificación técnica.....	2
1.2.2 Justificación Social	2
1.2.3 Justificación por Viabilidad	2
1.2.4 Justificación por Relevancia.....	2
1.3 Limitaciones de la Investigación	3
1.4 Objetivos de la Investigación.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Definición de Variables.....	3
1.5.1 Variable Independiente	3
1.5.2 Dimensiones de Variable Independiente.....	3
1.5.3 Variable Dependiente.....	4
1.5.4 Dimensiones de Variable Dependiente	4
1.5.5 Cuadro de Operacionalización de Variables	5

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Tesis.....	6
2.1.1 Antecedentes a nivel nacional.....	6
2.1.2 Antecedentes a Nivel Internacional	7



2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes.....7

2.2.1 Casa Ecológica Andina PUCP7

2.2.2 Factores que influyen en el Confort Térmico.....8

2.2.3 Parámetros del confort térmico:8

2.2.4 Muros trombe:8

2.2.5 Zonificación Bioclimática del Perú.10

2.2.6 Tecnología de Variación de Temperatura Interna de la Casa Ecológica PUCP 11

2.3 Hipótesis.....15

2.3.1 Hipótesis General15

2.3.2 Sub Hipótesis.....15

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Metodología de la Investigación.....16

3.1.1 Tipo de Investigación.....16

3.1.2 Nivel de Investigación.16

3.1.3 Método de Investigación.16

3.2 Diseño de la investigación.....17

3.2.1 Diseño metodológico17

3.2.2 Diseño de Ingeniería17

3.3 Población y Muestra.....18

3.3.1 Población.....18

3.3.2 Muestra.....18

3.4 Instrumentos18

3.4.1 Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos18

3.4.2 Instrumentos manuales y de ingeniería.....35

3.5 Procedimientos de recolección de datos.....36

3.5.1 Visita y observación previa de la Casa Ecológica Andina PUCP37

3.5.2 Toma de datos.....38

3.6 Condiciones de Confort Térmico.....46

3.6.1 Procedimiento de Trasmittancia Termica.46

3.6.2 Metodología para el cálculo de las condensaciones superficiales.54

3.6.3 Permeabilidad al aire de las carpinterías.....55

3.7 Calculo de las Envoltentes del Dormitorio 1 (según plano).....56

3.7.1 Envoltente Tipo 1.....60

3.7.2 Envoltente Tipo 2.....71



3.7.3 Envolvertes Tipo 3 (Techos)97

3.7.4 Envolvertes Tipo 4 (Pisos)97

3.8 Calculo de las envolvertes del dormitorio 2 (según plano) 101

3.8.1 Envolverte Tipo 1..... 103

3.8.2 Envolverte Tipo 2..... 103

3.8.3 Envolvertes Tipo 3 (Techos) 130

3.8.4 Envolvertes Tipo 4 (Pisos) 130

3.8.5 Envolverte Tipo 1, Dormitorio 3 137

3.8.6 Envolverte tipo 2A 141

3.8.7 Envolverte Tipo 3A: Techos inclinados 157

3.8.8 Envolvertes Tipo 4 (Pisos) 164

3.9 Cálculo de la Envolverte de la Cocina – Comedor – Dormitorio 4 168

3.9.1 Envolverte Tipo 1..... 171

3.9.2 Envolverte Tipo 2..... 189

3.9.3 Tipo 3a: dormitorio 4 – cocina – comedor..... 205

3.9.4 Envolvertes tipo 4 (Pisos)..... 214

3.10Cálculo de la Envolverte del Hall (según plano) 217

3.10.1 Envolverte Tipo 1..... 219

3.10.2 Envolverte Tipo 2..... 231

3.10.3 Envolvertes Tipo 3 de techo o cubierta 238

3.10.4 Envolvertes Tipo 4 (Pisos) 246

3.11Calculo de Condensaciones Superficiales 249

CAPITULO IV: RESULTADOS

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

GLOSARIO 263

CONCLUSIONES 267

RECOMENDACIONES 270

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 274

ANEXOS..... 276



Índice de Tablas.

Tabla 1. *Cuadro de Operacionalización de Variables* 5

Tabla 2. *Zonificación Bioclimática del Perú* 11

Tabla 3. *Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte tipo 1*..... 19

Tabla 4. *Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte tipo 2*..... 22

Tabla 5. *Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte tipo 3*..... 26

Tabla 6. *Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolverte tipo 4*..... 28

Tabla 7. *lista de características higrométricas de los materiales de construcción* 30

Tabla 8. *Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP, Fecha (03 de Julio 2016)* 41

Tabla 9. *Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP, Fecha (03 de Julio 2016)* 42

Tabla 10. *Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP, Fecha (03 de Julio 2016).* 43

Tabla 11. *Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP, Fecha (04 de Julio del 2016).* 44

Tabla 12. *Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP, Fecha (04 de Julio del 2016).* 45

Tabla 13. *Clases de carpinterías de ventanas por zona bioclimática*..... 55

Tabla 14. *Rangos de las clases de permeabilidad al aire* 56

Tabla 15. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 60

Tabla 16. *Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo 1A.* 61

Tabla 17. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 61

Tabla 18. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 62

Tabla 19. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 64

Tabla 20. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 66

Tabla 21. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 67

Tabla 22. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 68

Tabla 23. *Integrando todos los datos en el cuadro Excel según especifica la norma* 69

Tabla 24. *Tabla N° 2: Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k* 70

Tabla 25. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 72



Tabla 26. *Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo 1A*..... 73

Tabla 27. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 73

Tabla 28. *Transmitancia térmica por tipos de carpinterías o marcos de puertas para muros tipo 2A y 2B*..... 74

Tabla 29. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 75

Tabla 30. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 75

Tabla 31. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 84

Tabla 32. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 86

Tabla 33. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 87

Tabla 34. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 89

Tabla 35. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*..... 90

Tabla 36. *Integrando todos los datos en el cuadro Excel según especifica la norma* 91

Tabla 37. *Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k* 92

Tabla 38. *Integrando todos los datos en el cuadro Excel según especifica la norma* 96

Tabla 39. *Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k* 96

Tabla 40. *Integrando todos los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*100

Tabla 41. *Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k*101

Tabla 42. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....105

Tabla 43. *Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo 1A*.106

Tabla 44. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....106

Tabla 45. *Transmitancia térmica por tipos de carpintería o marcos de puertas para muros tipo 2A y 2B*.....107

Tabla 46. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....107

Tabla 47. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....108

Tabla 48. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....117

Tabla 49. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....119

Tabla 50. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....120

Tabla 51. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....122

Tabla 52. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....123

Tabla 53. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....124

Tabla 54. *Integrando todos los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*125

Tabla 55. *Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k*126



Tabla 56. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....129

Tabla 57. *Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m2k*130

Tabla 58. *Resistencia térmica de la cámara Rc, (en m2 K/W)*131

Tabla 59. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*134

Tabla 60. *Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m2k*134

Tabla 61. *Valores de transmitancias térmicas según norma*.....138

Tabla 62. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....140

Tabla 63. *Gráfico: Tabla N° 2: Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m2k*141

Tabla 64. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....143

Tabla 65 *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*143

Tabla 66. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....149

Tabla 67. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....150

Tabla 68. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....152

Tabla 69. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....153

Tabla 70. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....155

Tabla 71. *Integrando todos los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*156

Tabla 72. *El resultado final se compara con la tabla N° 02 de la Norma:*157

Tabla 73. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....160

Tabla 74. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....162

Tabla 75. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....163

Tabla 76. *Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m2k*164

Tabla 77. *Resistencia térmica de la cámara*165

Tabla 78. *Integrando todos los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*167

Tabla 79. *Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m2k*168

Tabla 80. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....172

Tabla 81. *Tabla hidrométrica*173

Tabla 82. *Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo 1A (Tabla N° 07 de la norma)*173

Tabla 83. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....174

Tabla 84. *Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A*175

Tabla 85. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....175

Tabla 86. *Integrando los datos en el cuadro Excel*176

Tabla 87. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....179



Tabla 88. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....181

Tabla 89. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....182

Tabla 90. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....184

Tabla 91. *Integrando los datos según norma*185

Tabla 92. *Grafico: Tabla N° 2: Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m2k*189

Tabla 93. *Transmitancia térmica por tipos de carpinterías o marcos de puertas par muros tipo 2A y 2B*.....190

Tabla 94. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....191

Tabla 95. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....191

Tabla 96. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....194

Tabla 97. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....196

Tabla 98. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....197

Tabla 99. *Lista de características higrométricas de los materiales de construcción*.....198

Tabla 100. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....199

Tabla 101. *Se coloca los datos en los cuadros Excel*199

Tabla 102. *Comparando el resultado final*201

Tabla 103. *Integrando todos los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*204

Tabla 104. *Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m2k*205

Tabla 105. *Transmitancia térmica de la cámara de aire (R) según su espesor (en m2 K/ W) en techos tipo 3A, 3B y 3C*206

Tabla 106. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....208

Tabla 107. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....212

Tabla 108. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....212

Tabla 109. *Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m2k*213

Tabla 110. *Anexo N° 3: Lista de características higrométricas de los materiales de construcción*215

Tabla 111. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....216

Tabla 112. *Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m2k*216

Tabla 113. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....219

Tabla 114. *Tabla hidrometrica*220

Tabla 115. *Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo 1A.*220

Tabla 116. *Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma*.....220



Tabla 117. <i>Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A</i>	221
Tabla 118. <i>Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	222
Tabla 119. <i>Cuadro Excel</i>	222
Tabla 120. <i>Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	225
Tabla 121. <i>Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	226
Tabla 122. <i>Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	227
Tabla 123. <i>Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	228
Tabla 124. <i>Integrando todos los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	229
Tabla 125. <i>Gráfico: Tabla N° 2: Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k</i>	230
Tabla 126. <i>Tabla N° 10: Transmitancia térmica por tipos de carpintería o marcos de puertas para uros tipo 2A y 2B (ver planos en Anexos)</i>	232
Tabla 127. <i>Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	232
Tabla 128. <i>Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	233
Tabla 129. <i>Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	235
Tabla 130. <i>Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	237
Tabla 131. <i>Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	237
Tabla 132. <i>Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k</i>	238
Tabla 133. <i>Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	241
Tabla 134. <i>Transmitancia térmica de la cámara de aire (R) según su espesor (en m² K / W) en techos tipo 3A, 3B y 3C</i>	242
Tabla 135. <i>Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	244
Tabla 136. <i>Integrando todos los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	245
Tabla 137. <i>Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k</i>	245
Tabla 138. <i>Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma</i>	248
Tabla 139. <i>Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²k</i>	248
Tabla 140. <i>Cuadro comparativo de resultados del dormitorio 1.</i>	254
Tabla 141. <i>Cuadro comparativo de resultados del dormitorio 2.</i>	255
Tabla 142. <i>Cuadro comparativo de resultados del dormitorio 3.</i>	257
Tabla 143. <i>Cuadro comparativo de resultados del ambiente 4.</i>	258
Tabla 144. <i>Cuadro comparativo de resultados del hall.</i>	260
Tabla 145. <i>Envoltentes que cumplen con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica según la Norma EM. 110.</i>	267



Tabla 146. *Envoltentes que cumplen con la condición de la metodología para el cálculo de condensaciones superficiales de la Norma EM. 110. (50% de humedad relativa media)268*

Tabla 147. *Envoltentes que cumplen con la condición de la metodología para el cálculo de condensaciones superficiales de la Norma EM. 110. (70% de humedad relativa media)269*



Índice de Figuras.

Figura 1. Cómo funciona el muro trombe 9

Figura 2. Inclinación de un muro trombe..... 10

Figura 3. Zonas Bioclimáticas en el Perú 10

Figura 4. Sistema Fotovoltaico Para Energía Eléctrica 12

Figura 5. Piso Radiante Para Calentar Áreas Sociales 12

Figura 6. Muro caliente para calentar habitaciones (construcción) 13

Figura 7. Muro caliente para calentar habitaciones (terminado) 13

Figura 8. Cama Calefactora 14

Figura 9. Cocina mejorada para la salud de las mujeres y niños 14

Figura 10. Terma Solar para agua caliente..... 15

Figura 11. Higrómetro 35

Figura 12. Termómetro 35

Figura 13. Wincha 35

Figura 14. Termómetro laser..... 35

Figura 15. Norma EM 110.....36

Figura 16. Laptop..... 36

Figura 17. Celular Iphone (cámara fotográfica)..... 36

Figura 18. Conjunto de materiales utilizados juntos..... 36

Figura 19. Vista Panorámica de la Casa Ecológica PUCP 37

Figura 20. Casa Ecológica PUCP a la Laguna de Langui 37

Figura 21. Llegando a la Casa Ecológica PUCP..... 37

Figura 22. Arribando ya a la Casa Ecológica PUCP 37

Figura 23. Metrado de los muros Trombe Casa Ecológica PUCP 38

Figura 24. Metrado de dormitorio 1 de la Casa Ecológica PUCP 38

Figura 25. Metrado del hall de la Casa Ecológica PUCP 38

Figura 26. Software Revit..... 39

Figura 27. Software Autocad. 39

Figura 28. Casa Ecológica PUCP (3D)..... 39

Figura 29. Casa Ecológica PUCP (ambientes internos vista nor-este). 40

Figura 30. Casa Ecológica PUCP (ambientes internos vista sur-oeste)..... 40

Figura 31. Casa Ecológica PUCP (ambientes internos vista nor-oeste con mezzanine). .. 40



Figura 32. Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP,
Fecha (01 de Julio 2016)..... 42

Figura 33. Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP,
Fecha (02 de Julio 2016)..... 43

Figura 34. Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP)
Fuente: Elaboración propia. 44

Figura 35. Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP,
Fecha (04 de Julio del 2016)..... 45

Figura 36. Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP,
Fecha (05 de Julio del 2016)..... 46

Figura 37. Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²K 47

Figura 38. Envoltente tipo 1A muro vertical ángulo recto..... 47

Figura 39. Envoltente tipo 1A muro vertical ángulo mayor o igual a 60 grados con
respecto al interior de la edificación. 48

Figura 40. Envoltente tipo 1A muro vertical ángulo recto con espacio de separación
mayor o igual a dos metros entre el espacio interior y la edificación vecina. 48

Figura 41. Envoltente tipo 1B muro horizontal separación del ambiente interior con el
terreno natural o losa de edificación. 48

Figura 42. Envoltente tipo 2A muro vertical ángulo recto..... 49

Figura 43. Envoltente tipo 2A muro vertical ángulo recto con espacio de separación
mayor o igual a dos metros entre el espacio interior y la edificación vecina. 49

Figura 44. Envoltente tipo 2B muro horizontal con espacio de separación mayor o igual a
1 metro entre el espacio interior y exterior. 49

Figura 45. Envoltente tipo 3A muro vertical ángulo menor o igual a 60 grados con
respecto al espacio interior. 50

Figura 46. Envoltente tipo 3B muro horizontal..... 50

Figura 47. Envoltente tipo 3B muro horizontal curvo..... 50

Figura 48. Envoltente tipo 3C muro horizontal ángulo recto en sótanos o semi sótanos. 51

Figura 49. Envoltente tipo 3C muro horizontal curvo en sótanos o semi sótanos. 51

Figura 50. Envoltente tipo 4A muro horizontal ángulo recto..... 51

Figura 51. Envoltente tipo 4A muro horizontal inclinado. 51

Figura 52. Envoltente tipo 4B muro horizontal con espacio de separación menor a 1 metro
entre el espacio interior y exterior. 52

Figura 53. Envoltente tipo 4C muro vertical ángulo recto interior con el terreno natural. 52



Figura 54. Envoltente tipo 4C muro vertical ángulo inclinado con el interior y el terreno natural. 52

Figura 55. Procedimiento para el cálculo de las transmitancias térmicas tipo 1. 53

Figura 56. Procedimiento para el cálculo de las transmitancias térmicas tipo 2. 53

Figura 57 Metodología para el cálculo de condensaciones superficiales. 54

Figura 58 Abaco psicométrico 55

Figura 59. Identificación en planta del dormitorio 1. 56

Figura 60. Identificación en planta del dormitorio 1. 57

Figura 61. Identificación de las envoltentes en planta del dormitorio 1. 58

Figura 62. Identificación de las envoltentes en corte del dormitorio 1. 59

Figura 63. Paso 5, numeral 1. 71

Figura 64. Paso 5, numeral 3 75

Figura 65. Transmitancia térmica de la cámara de aire según su espesor. 81

Figura 66. Transmitancia térmica de la cámara de aire según su espesor 83

Figura 67. Procedimiento para el cálculo de la transmitancia térmica. 93

Figura 68. Calculo de la transmitancia termica del piso tipo 1B.Imagen Paso 4, numeral 10 de la Norma: 94

Figura 69. Imagen: losa o piso tipo 4B. 97

Figura 70 Resistencia térmica. 98

Figura 71. Obtención del coeficiente U. 99

Figura 72. Identificación de la ubicación del dormitorio 1.101

Figura 73. Identificación de los tipos de envoltente en planta del dormitorio 1.102

Figura 74. Identificación de los tipos de envoltente en corte del dormitorio 1.103

Figura 75. Imagen: Paso 5, numeral 3108

Figura 76. Imagen: Paso 4, numeral 3111

Figura 77. Transmitancia térmica de la cámara de aire según su espesor113

Figura 78. Imagen: Paso 4, numeral 3.2.2-d.114

Figura 79. Imagen: Paso 4, numeral 3115

Figura 80. Imagen: transmitancia térmica de la cámara de aire según su espesor.116

Figura 81. Imagen: Paso 4, numeral 3116

Figura 82. Imagen: Paso 4, numeral 5-d118

Figura 83. Imagen: Paso 4, numeral 5-d119

Figura 84. Imagen: Paso 4, numeral 5-d121

Figura 85. Imagen: Paso 4, numeral 5-d122



Figura 86. Imagen: Paso 4, numeral 5-d124

Figura 87. Procedimiento para el cálculo de las transmitancia final tipo 2B.127

Figura 88. Paso 4, numeral 10 de la Norma: Identificación de los tipos de envolvente en planta del dormitorio 1.....128

Figura 89. Resistencia superficial externa e interna.131

Figura 90. Paso 7, numeral 1.3, caso 1.133

Figura 91. Identificación del dormitorio 3.135

Figura 92. Identificación de los tipos de envolvente en planta del dormitorio 3.....136

Figura 93. Procedimiento para envolventes de separación con el terreno: Losa o piso tipo 4A y 4B, según norma137

Figura 94. Transmitancia térmica por tipos de carpinterías o marcos de puertas para muros tipo 1A y 2B.....142

Figura 95. Paso 5, numeral 3143

Figura 96. Cálculo de las transmitancias térmicas en Vigas.158

Figura 97. Transmitancias térmicas para techos inclinados.....160

Figura 98. Transmitancia térmica tipo 3.163

Figura 99. Identificación de los tipos de envolvente en planta del dormitorio 1.....164

Figura 100. Identificación planta del ambiente 4.168

Figura 101. Ventanas del ambiente 4.169

Figura 102. Identificación de los muros del ambiente 4.....169

Figura 103. Identificación de las envolventes del ambiente 4.....170

Figura 104. Envolvente tipo 4.....171

Figura 105. Imagen: Paso 5, numeral 3 - Identificación de los tipos de envolvente en planta del dormitorio 1.....191

Figura 106. Según Norma: Paso 5, numeral 11 - Identificación de los tipos de envolvente en planta del dormitorio 1.202

Figura 107. Imagen Paso 4, numeral 10 de la Norma.203

Figura 108. Imagen Paso 6, numeral 3.209

Figura 109. Imagen paso 6, numeral 5.212

Figura 110. Identificación de los tipos de envolvente en planta del hall.217

Figura 111. Identificación de los tipos de envolvente del hall218

Figura 112. Ventana hall.218

Figura 113. Puerta hall.218

Figura 114. Transmitancia térmica de puertas en muros tipo 1A (Tabla N° 8)222



Figura 115. Imagen: Paso 5, numeral 3 - Identificación de los tipos de envolvente en planta del dormitorio 1.....233

Figura 116. Identificación de los tipos de envolvente en planta del dormitorio 1.....239

Figura 117. Imagen paso 6, numeral 5 - Identificación de los tipos de envolvente en planta del dormitorio 1.....244

Figura 118. Imagen: Paso 7, numeral 1.1 - Identificación de los tipos de envolvente en planta del dormitorio 1.....246

Figura 119. Cuadro comparativo de transmitancias térmicas máximas Vs resultados. ...254

Figura 120. Cuadro comparativo de transmitancias térmicas máximas Vs resultados. ...256

Figura 121. Cuadro comparativo de transmitancias térmicas máximas Vs resultados. ...257

Figura 122. Cuadro comparativo de transmitancias térmicas máximas Vs resultados. ...259

Figura 123. Cuadro comparativo de transmitancias térmicas máximas Vs resultados. ...260

Figura 124. Vista nor este de la casa ecológica andina PUCP270

Figura 125. Figura N° 1: Colores Fríos y Cálidos271



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1 Identificación del Problema.

1.1.1 Descripción del Problema

La Zona Bioclimática Alto andina del Perú, es azotada por una gran ola de frío sobre todo en los meses de Junio y Julio.

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi) los pobladores de la Zona Bioclimática Alto andina en épocas de helada sufren con la temperatura de hasta 20°C bajo cero.

Y según el Minsa, esto genera en la población, sobre todo en niños y ancianos enfermedades respiratorias de manera masiva, altos índices de mortandad, desnutrición y todo el daño físico y emocional que eso conlleva. Siendo este uno de los problemas más grandes y serios que sufre el País.

Los departamentos más afectados con el frío son Cusco, Ayacucho, Ancash, Huánuco, Huancavelica, Puno, Pasco, Moquegua, entre otros.

Es por eso que en el presente trabajo se realizará la Evaluación de las transmitancias térmicas de la casa ecológica Andina PUCP del distrito de Langui, Provincia de Canas – Cusco, construida y monitoreada por la PUCP, Rensselaer Polytechnic Institute (RPI) de Estados Unidos, y University of Colorado at Boulder, para en base a estos resultados proponer soluciones nuevas y eficaces para futuras y nuevas construcciones que representen confort térmico y sea de gran ayuda para millones de personas que tanto lo necesitan.

1.1.2 Formulación Interrogativa del Problema.

- ***Formulación interrogativa del problema general.***

¿Los valores obtenidos de las transmitancias térmicas finales de la casa ecológica andina PUCP del distrito de Langui – Cusco, cumplen con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica de la Norma EM.110, según las condiciones de confort térmico para la Zona Bioclimática Alto andina del Perú?

- ***Formulación interrogativa de los problemas específicos.***

- PE1. ¿Los valores obtenidos de las transmitancias térmicas finales de las envolventes de los ambientes de la Casa Ecológica Andina PUCP, cumplen con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica de la Norma EM. 110?



- PE2. ¿Los valores obtenidos de la temperatura superficial interior de las envolventes de los ambientes de la Casa Ecológica Andina PUCP, cumplen con la condición de la metodología para el cálculo de condensaciones superficiales?
- PE3. ¿La carpintería de ventanas de la Casa Ecológica Andina PUCP cumple con la clase de permeabilidad al aire según a la clase que establece la Norma EM. 110 para la Zona Bioclimática Alto andina ?

1.2 Justificación e Importancia de la Investigación.

1.2.1 Justificación técnica.

La Norma EM. 110 tiene como una de sus finalidades establecer los parámetros y lineamientos técnicos de diseño para lograr confort térmico con eficiencia energética para la Zona Bioclimática Alto andina definida.

1.2.2 Justificación Social

Los resultados obtenidos de la presente investigación servirán de base para posteriores investigaciones de parte de los estudiantes de la universidad y para la interpretación correcta de la norma EM. 110 de manera que los estudiantes podrán acceder a ellos fácilmente, evaluar correctamente y diseñar el proceso de construcción de viviendas por ser la primera tesis en interpretar dicha norma en la zona bioclimático alto andina en la Universidad Andina del Cusco y sur del País.

1.2.3 Justificación por Viabilidad

La investigación es viable porque, se cuentan con los equipos de medición adecuados tales como termómetros laser, hidrómetros, recursos humanos, accesibilidad a la zona de estudio en este caso la Casa Ecológica PUCP así como con la economía adecuada para solventar los gastos de la investigación.

1.2.4 Justificación por Relevancia

La investigación es relevante porque aporta no solo a nivel regional sino a nivel nacional, la optimización de los recursos naturales en la construcción de viviendas ecológicas que aporten confort térmico y mejor calidad de vida a miles y millones de personas que habitan en la Zona Bioclimática Alto andina , además aporta como investigación de consulta para futuros estudiantes que quieran profundizar mucho más aún en el tema y mejorar las recomendaciones para lograr cada vez mejores edificaciones que proporcionen confort térmico óptimo a la población en general.



1.3 Limitaciones de la Investigación

Se limita al análisis de las viviendas en la Zona Bioclimática Alto andina del Perú de más de 4000 m.s.n.m.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

Determinar el cumplimiento de las transmitancias térmicas finales de la casa ecológica andina PUCP del distrito de Langui – Cusco con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica de la Norma EM.110, según las condiciones de confort térmico para la Zona Bioclimática Alto andina del Perú

1.4.2 Objetivos Específicos

- OE1. Determinar el cumplimiento de las transmitancias térmicas finales de las envolventes de los ambientes de la Casa Ecológica Andina PUCP, con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica de la Norma EM. 110
- OE2. Determinar el cumplimiento de la temperatura superficial interior de las envolventes de los ambientes de la Casa Ecológica Andina PUCP con la condición de la metodología para el cálculo de condensaciones superficiales de la Norma EM. 110

OE3. Determinar el cumplimiento de la carpintería de ventanas de la Casa Ecológica Andina PUCP con la clase de permeabilidad al aire según a la clase que establece la Norma EM. 110 para la Zona Bioclimática Alto andina Hipótesis

1.5 Definición de Variables

1.5.1 Variable Independiente

Los valores obtenidos de las transmitancias térmicas finales de la casa ecológica andina PUCP del distrito de Langui – Cusco

1.5.2 Dimensiones de Variable Independiente

- Las transmitancias térmicas finales de las envolventes de los ambientes de la Casa Ecológica Andina PUCP según la Norma EM. 110
- Las condensaciones superficiales de la Casa Ecológica PUCP según la Norma EM. 110
- La carpintería de ventanas de la Casa Ecológica Andina PUCP según la Norma EM. 110



1.5.3 Variable Dependiente

- Cumplimiento de los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica de la Norma EM.110, según las condiciones de confort térmico para la Zona Bioclimática Alto andina del Perú

1.5.4 Dimensiones de Variable Dependiente

Transmitancia térmica máxima del muro es de 1.00 U (w/m²k)

Transmitancia térmica máxima del techo es de 0.83 U (w/m²k)

Transmitancia térmica máxima del piso es de 3.26 U (w/m²k)

1.5.5 Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla 1.

Cuadro de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente Los valores obtenidos de las transmitancias térmicas finales de la casa ecológica andina PUCP del distrito de Langui – Cusco	Dimensión 1: - Las transmitancias térmicas finales de las envolventes de los ambientes de la Casa Ecológica Andina PUCP -	- 1,00 w/m ² k - 3,26 w/m ² k - 0,83 w/m ² k
	Dimensión 2: - La temperatura superficial interior de las envolventes de los ambientes de la Casa Ecológica Andina PUCP cumple con la condición de la metodología para el cálculo de condensaciones superficiales de la Norma EM. 110	- Tipo 1: En contacto con el ambiente exterior - Tipo 2: De separación con otros edificios o con ambientes no habitables - Tipo 3: De techo o cubierta - Tipo 4: De separación con el terreno
	Dimensión 3: - La carpintería de ventanas de la Casa Ecológica Andina PUCP cumple con la clase de permeabilidad al aire según a la clase que establece la Norma EM. 110 para la Zona Bioclimática Alto andina	Temperatura (°C)
Variable Dependiente Cumplimiento de los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica de la Norma EM.110, según las condiciones de confort térmico para la Zona Bioclimática Alto andina del Perú	Dimensión 1: - Transmitancia térmica máxima del muro (U _{max})	- 1.00 (w/m ² k)
	Dimensión 2: - Transmitancia térmica máxima del techo (U _{max})	- 0.83 (w/m ² k)
	Dimensión 3: - Transmitancia térmica máxima del piso (U _{max})	- 3.26 (w/m ² k)

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Tesis.

2.1.1 Antecedentes a nivel nacional.

ANTECEDENTE 01

Autor: Jessica Roxana Molina Castillo

Título: “Evaluación Bioclimática de una vivienda rural alto andina de la comunidad de San Francisco de Raymina de Ayacucho”

Universidad: Universidad Nacional de Ingeniería (2016)

Conclusiones:

- Esta tesis se ha desarrollado también para viviendas de zona bioclimática alto andina, en la cual hace el estudio del aprovechamiento de la energía proveniente del sol, con la finalidad de mejorar la temperatura al interior de las viviendas a través del método de calentamiento solar pasivo (muros trombe)

Sin embargo concluye también en que no existen antecedentes ni normas peruanas que se adecúen a la zona alto andina del Perú sino solo existen normas desarrollados por países europeos.

ANTECEDENTE 02

Autor: Fredy Alonso Huaylla Roque

Título: “Evaluación Experimental de Cambios Constructivos para lograr Confort Térmico en una Vivienda Altoandina del Perú”

Universidad: Universidad Nacional de Ingeniería (2010)

Conclusiones:

- El autor concluye en que la falta de aislamiento térmico de los elementos constructivos de la vivienda es una de las causas de que esta se enfríe durante las noches, siendo la influencia más crítica generada por el techo de calamina metálica. También afirma comprobar que las infiltraciones de aire exterior, a través de rendijas o agujeros, son la otra gran causa de que la vivienda se enfríe a lo largo del día. Sin embargo son afirmaciones subjetivas que carecen de sustento técnico pues se ha verificado que no se hizo uso de ninguna norma.



2.1.2 Antecedentes a Nivel Internacional

ANTECEDENTE 03

Autor: José Gabriel Ríos Moreno

Título: Confort Térmico y Lumínico para edificios inteligentes

Universidad: Universidad Autónoma de Querétaro – México (2014)

Conclusiones

- En el presente trabajo se definió y desarrolló toda la arquitectura necesaria para realizar las mediciones de campo de la temperatura de un edificio de la Universidad Autónoma de Querétaro, pasando desde el hardware (sensores, tarjetas de adquisición de datos, cableado) hasta la parte del software de captura de datos y análisis de las muestras, los materiales empleados son de bajo costo y un grado de exactitud y precisión bastante aceptables.

ANTECEDENTE 04

Autor: JULIO EDUARDO SALAMANCA HERNÁNDEZ

Título: “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORAS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA PARA VIVIENDAS DE POBLACIÓN SAN MAXIMILIANO KOLBE EN OSORNO”

Universidad: Universidad Austral De Chile (2011)

Conclusiones

- En condiciones reales de consumo de leña, se observa que no se alcanza el confort térmico en las condiciones actuales de la envolvente térmica. Al comparar el consumo de leña de la vivienda en la actualidad con el que demandaría con las propuestas de mejoras de la envolvente, se observa que este último es menor, pero el ahorro que significa esta diferencia es muy menor si lo comparamos con el costo de las mejoras.

2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes.

2.2.1 Casa Ecológica Andina PUCP

La Casa Ecológica Andina es un modelo de vivienda saludable y amigable con el medio ambiente que se utiliza como espacio de investigación y aprendizaje de tecnologías innovadoras y económicas, para que éstas puedan ser replicadas en zonas rurales ubicadas a más de 3,500 m.s.n.m.

Está ubicada en el distrito de Langui, Provincia de Canas, Región Cusco, Perú a 3,969 m.s.n.m.



El proyecto ha demostrado tener un impacto positivo en Langui; debido a que ha generado interés por replicar la mayoría de tecnologías desarrolladas. Los logros obtenidos por la difusión del modelo de vivienda sostenible “Casa Ecológica Andina” impulsan a continuar trabajando en la zona con el desarrollo de capacidades y transferencia de conocimientos, con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas.

2.2.2 Factores que influyen en el Confort Térmico

Independientemente a las condiciones exteriores que se relacionan con las características biológicas, fisiológicas, sociológicas o psicológicas de los individuos.

- **Factores personales:**

Estos factores pueden ser evaluados cuantitativamente como cualitativamente.

- Ropa (Grado de aislamiento del tipo de prenda de vestir).
- Tiempo de permanencia (Aclimatación).
- Salud y color de la piel.
- Sexo (Masculino, Femenino).
- Edad.
- Peso (Constitución corporal).

- **Factores socioculturales:**

Son más subjetivos presentan mayor complejidad para su análisis, además solo permiten una evaluación cualitativa.

2.2.3 Parámetros del confort térmico:

Según la Norma EM.110, ha de cumplir 3 condiciones:

- Las transmitancias térmicas finales de las envolventes de los ambientes de la Casa Ecológica Andina PUCP
- Las condensaciones superficiales de las envolventes de la Casa Ecológica PUCP
- La carpintería de ventanas de la Casa Ecológica Andina PUCP

2.2.4 Muros trombe:

Es un sistema que recolecta la energía solar para luego utilizarla en el calentamiento interno de las casas

Consiste en crear un espacio de aire caliente colocando láminas de vidrio o plástico a una distancia determinada entre el ambiente exterior y una pared (adobe, ladrillo, hormigón) que está pintada de un color oscuro el cual tiene orificios en la parte superior e inferior.

Durante el día el aire que esta entre la pared y el vidrio se calienta y se eleva hasta la parte alta del muro trombe ingresando a la habitación por los orificios superiores de la pared. El aire frío de la habitación ingresa al muro trombe por los orificios inferiores y de igual forma se calienta y vuelve a ingresar a la habitación por los orificios superiores. Es necesario tener en cuenta que este proceso se invierte en las noches y por esta razón los orificios deben de ser cerrados cuando empieza a oscurecer. La pared debe estar pintada de un color oscuro (preferentemente negro) para que absorba los rayos del sol y transporte el calor ganado a través del Muro Trombe para luego liberarlo a la habitación.

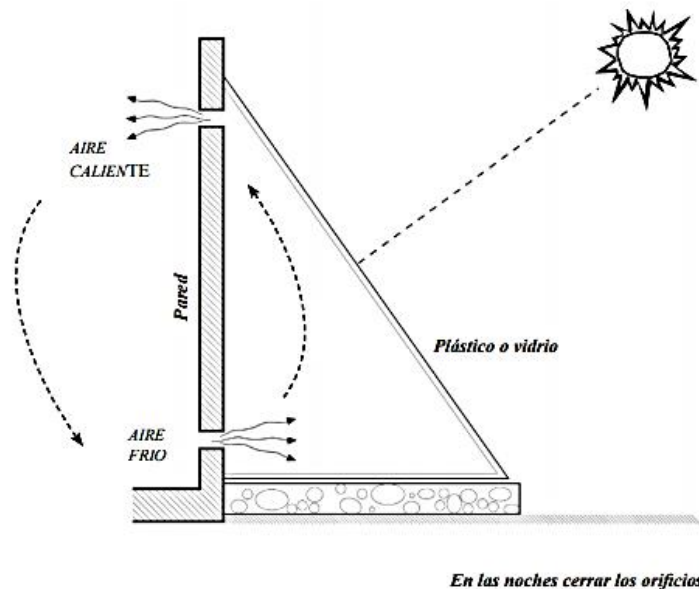


Figura 1. Cómo funciona el muro trombe

La inclinación es otro aspecto importante para la construcción del muro trombe que deberá ser de 70° aprox. Esto para poder captar más rayos solares y lograr un buen funcionamiento

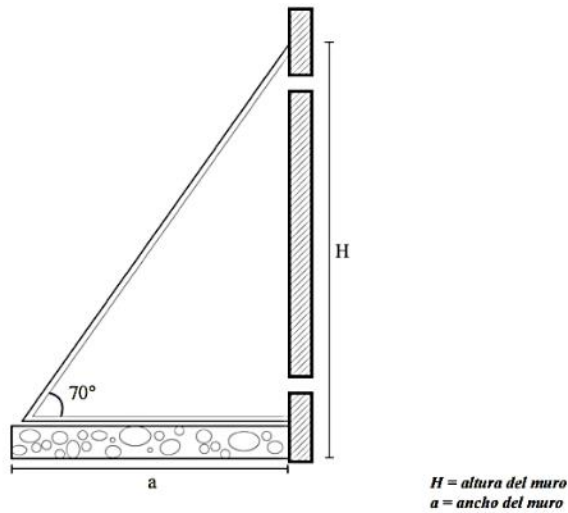


Figura 2. Inclinación de un muro trombe

2.2.5 Zonificación Bioclimática del Perú.

Para efectos de la presente Norma, la Zonificación Bioclimática del Perú consta de nueve zonas, las cuales se mencionan a continuación.



Figura 3. Zonas Bioclimáticas en el Perú (SANCHEZ, 2010)

Tabla 2.
Zonificación Bioclimática del Perú

Zona bioclimática	Definición climática
1	Desértico costero
2	Desértico
3	Interandino bajo
4	Mesoandino
5	Altoandino
6	Nevado
7	Ceja de Montaña
8	Subtropical húmedo
9	Tropical húmedo

Fuente: Norma (EM.110, 2014) (Tabla N°1).

2.2.6 Tecnología de Variación de Temperatura Interna de la Casa Ecológica PUCP

La Casa Ecológica Andina construida en el distrito de Langui, constituye un modelo de vivienda saludable y amigable con el medio ambiente que se utiliza como espacio de investigación y aprendizaje, a partir del desarrollo de tecnologías innovadoras, económicas y replicables; enfocadas en satisfacer necesidades básicas relacionadas principalmente a energía, agua y vivienda. Esta vivienda es también un centro demostrativo, que a través de diversas actividades de difusión, las familias de Langui, Layo, Yanaoca y Kunturkanki tienen conocimiento e interés por alternativas tecnológicas que al ser replicadas pueden mejorar su calidad de vida.

- Sistema fotovoltaico para energía eléctrica

Transforma la energía solar en energía eléctrica. Su principal ventaja es que la energía proviene del sol, por lo que el consumo de electricidad es gratis, siendo el costo de compra la única inversión. Con un sistema de 120 W se puede utilizar para iluminación, recarga de equipos electrónicos, radio y televisor.

Costo Aproximado: S/. 4,000



Figura 4. Sistema Fotovoltaico Para Energía Eléctrica
(Hadzich)

- **Piso radiante para calentar áreas sociales**

Es un circuito de tubos implementados debajo del piso de cemento por el cual circula agua que ha sido calentada por el sol. Este sistema mantiene los pies calientes (entre 25-29°C) y la cabeza un poco más fría (alrededor de 20°C), que es la mejor manera de generar confort térmico en las personas. Además, es una alternativa para prevenir enfermedades respiratorias sobre todo en los niños.

Costo Aproximado: S/. 2,500



Figura 5. Piso Radiante Para Calentar Áreas Sociales
(Hadzich)

- **Muro caliente para calentar habitaciones**

Es un sistema de calefacción que hace uso de la energía solar para calentar las habitaciones de la casa, llegando a un confort térmico de hasta 20°C. Esta tecnología ofrece una temperatura agradable al interior de las viviendas en comparación con las bajas temperaturas del ambiente exterior.

Costo Aproximado: S/. 400



Figura 6. Muro caliente para calentar habitaciones (construcción)
(Hadzich)



Figura 7. Muro caliente para calentar habitaciones (terminado)
(Hadzich)

- **Cama calefactora**

Es una cama compuesta por una pila de piedras ubicada debajo del colchón que aprovecha la energía solar para calentar el ambiente donde duerme la gente. Esta cama brinda confort térmico durante las noches, disminuyendo los casos de enfermedades respiratorias por las bajas temperaturas.

Costo Aproximado: S/. 1,800



Figura 8. Cama Calefactora
(Hadzich)

- **Cocina mejorada para la salud de las mujeres y niños**

Estas cocinas tienen chimeneas que expulsan los humos tóxicos de la quema de leña o bosta, evitando que las mujeres y niños perjudiquen su salud por los altos niveles de contaminación.

Además, el diseño de las cocinas permite ahorrar el consumo de combustible para cocinar.

Costo Aproximado: S/. 200



Figura 9. Cocina mejorada para la salud de las mujeres y niños
(Hadzich)

- **Terma solar para agua caliente**

Aprovecha la energía solar para calentar agua hasta un temperatura promedio de 50°C, permitiendo tener agua caliente de manera gratuita para aseo personal en zonas frías. Su principal beneficio es que se puede elaborar con materiales accesibles y económicos.

Costo Aproximado: S/. 2,000



Figura 10. Terma Solar para agua caliente
(Hadzich)

2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis General

Las transmitancias térmicas finales de las envolventes de la Casa Ecológica Andina PUCP, cumplen con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica de la Norma EM. 110

2.3.2 Sub Hipótesis

H1. Las transmitancias térmicas finales de las envolventes de los ambientes de la Casa Ecológica Andina PUCP, cumplen con los lineamientos de los valores límites máximos de transmitancia térmica de la Norma EM. 110

H2. La temperatura superficial interior de las envolventes de los ambientes de la Casa Ecológica Andina PUCP cumple con la condición de la metodología para el cálculo de condensaciones superficiales de la Norma EM. 110

H3. La carpintería de ventanas de la Casa Ecológica Andina PUCP cumple con la clase de permeabilidad al aire según a la clase que establece la Norma EM. 110 para la Zona Bioclimática Alto andina

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Metodología de la Investigación.

3.1.1 Tipo de Investigación.

La investigación realizada es de tipo básica pues “La investigación básica busca ampliar y profundizar el caudal de conocimientos científicos existentes acerca de la realidad. Su objeto de estudio lo constituyen las teorías científicas, las mismas que las analiza para perfeccionar sus contenidos” (Carrasco Díaz, 2005)

3.1.2 Nivel de Investigación.

La investigación es del nivel descriptivo ya que se “refiere sobre las características, cualidades internas y externas, propiedades y rasgos esenciales de los hechos y fenómenos de la realidad, en un momento y tiempo histórico, concreto y determinado” (Carrasco Díaz, 2005)

3.1.3 Método de Investigación.

Se empleará el método deductivo, analítico, descriptivo, explicativo; por las siguientes razones:

- **Deductivo**, CARLOS MUÑOZ (2012).- 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 de la Casa Ecológica Andina PUCP.

- **Analítico**, CARLOS MUÑOZ (2012).- 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 confort térmico de la Casa Ecológica Andina PUCP se realizará de forma individual y por separado así como su análisis de cómo se relacionan entre ellos.

- **Descriptivo**, CARLOS MUÑOZ (2012).- Este método busca desarrollar una imagen clara y específica a través de la descripción del fenómeno que se estudia a partir de sus características.

Así como se ha descrito las características el problema del presente trabajo de investigación a detalle.



- **Explicativo**, CARLOS MUÑOZ (2012).- Este método pretende conducir a un sentido de comprensión o entendimiento de un fenómeno en particular. Se trata de investigar las causas de los eventos físicos o sociales y se pretende responder a preguntas como: ¿por qué ocurre? O ¿en qué condiciones ocurre?

Así como lo hemos realizado en la fundamentación del problema en el presente trabajo de explicando los resultados y las causas.

3.2 Diseño de la investigación

3.2.1 Diseño metodológico

- **Deductivo:** Es deductivo porque no solo se analiza la Casa Ecológica Andina PUCP en general sino cada uno de sus ambientes y se especifica a detalle las transmitancias térmicas finales de cada una de ellas

- **Analítico:** Cada ambiente se descompone de acuerdo a la identificación de los tipos de envolvente por lo cual se separa en muro, techos, pisos y se analiza individualmente

- **Descriptivo:** Se especifica a través de cuadros de cálculo las características de cada envolvente que compone un ambiente

- **Explicativo:** Obtenemos el cálculo de las transmitancias térmicas finales de acuerdo a las características higrométricas de los materiales de construcción de cada envolvente

3.2.2 Diseño de Ingeniería

- **Para transmitancias térmicas:**

- Identificar la zona bioclimática donde se ubica el proyecto
- Identificar los valores de las transmitancias térmicas máximas para muros, techos y pisos de la zona bioclimática donde se ubica el proyecto
- Verificar el tipo de envolvente que posee el proyecto de edificación
- Desarrollar la envolvente tipo 1, 2, 3 y 4
- Hallar las transmitancias térmicas finales de cada envolvente

- **Para condensaciones superficiales**

- Hallar la temperatura superficial interior
- Hallar la resistencia térmica superficial interior
- Calcular la temperatura de rocío



- Comparar la temperatura superficial interior con la temperatura de rocío según la condición que presenta la Norma EM. 110

- **Para carpintería de ventanas**

- Verificar la clasificación de la carpintería de ventanas según la Norma EM. 110

3.3 Población y Muestra.

3.3.1 Población

La Población la constituye la Casa Ecológica Andina PUCP del distrito de Langui, Prov. De Canas

- ***Cuantificación de la Población.***

Los ambientes de construcción que se han investigado dentro de la Casa Ecológica Andina PUCP son las siguientes:

- Dormitorio 1.
- Dormitorio 2.
- Dormitorio 3.
- Cocina, comedor y dormitorio 4.
- Hall.

3.3.2 Muestra

La muestra está conformada por los mismos elementos descritos en la Población.

- ***Cuantificación de la Muestra***

La muestra está cuantificada tal cual se especifica en la cuantificación de la población.

- ***Método de Muestreo***

Muestreo no probabilístico

3.4 Instrumentos

3.4.1 Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos



Tabla 3.

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

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RC A (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	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	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	x
Material 2, etc	x				x			
Muro con cámara de aire N° 2								
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				x				
Composición del muro:								
Material 1	x				x			
Material 2, etc	x				x			
Puente Térmico: Columnas Tipo N° 1								
Composición:								
Material 1	x				x			
Material 2, etc	x				x			
Puente Térmico: Columnas Tipo N° 2								
Composición:								
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:								
Material 1	x				x			



Tabla 4.

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

Tipo 2	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1	
Envolventes Tipo 2Ay 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	
		Carpintería 2, etc	x		x			x	x	x	
		Puertas									
		Tipo de puerta:									
		Puerta 1						x	x	x	
		Puerta 2, etc						x	x	x	
		Muros tipo 2 ^a (verticales de separación con ambientes no acondicionados o espacios de separación)	Resistencias superficiales								
	Resistencia superficial extrema (Rse)						x				
	Resistencia Superficial interna (Rsi)						x				
	Muro sin cámara de aire N° 01										
	Composición del muro:								x	x	x
	Material 1		x					x			
	Material 2, etc	x					x				



Muro sin cámara de aire N° 02								
Composición del muro:						x	x	x
Material 1	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	x
Material 2, etc	x				x			
Muro con cámara de aire N° 2								
Resistencia de la cámara de aire (Rca)				x				
Composición del muro:								
Material 1	x				x	x	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			



Composición:								
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									
		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								
		Material 2, etc.	X								
	Losas tipo 2B sobre ambientes no habitables de altura igual o mayor a 1 metro	Resistencias superficiales									
		Resistencia superficial externa (Rse)				x					
		Resistencia superficial interna (Rsi)				x			x	x	x
		Composición:									
		Material 1	x								
		Material 2, etc.	X								
		TRANSMITANCIA (U1 final) = EsxU/ES									

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla (envolvente Tipo 2A y 2B).



Tabla 5.

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

Tipo 3	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1	
Envolventes 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		
		Carpintería 2, etc							x		
	Vanos: Compuertas sobre techo	Compuertas							x	x	x
		Tipo de compuerta:									
		Compuerta 1									
		Compuerta 2, etc									
	Techos Tipo 3B y Techos Tipo 3C	Resistencias superficiales									
		Resistencia superficial externa (Rse)					x				
		Resistencia Superficial interna (Rsi)					x				
		Techo (azotea) sin cámara de aire							x	x	x
		Composición:									
		Material 1	x				x				
		Material 2, etc	x					x			
		Techo (azotea) 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			
Techos Tipo 3A inclinados menos de 60° con la horizontal	Resistencias superficiales								
	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: Teja	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				
TRANSMITANCIA (U1 final) = EsxU/ES									

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla (envolvente Tipo 3A, 3B y 3C).



Tabla 6.
 Ficha de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - Envolvente tipo 4

Tipo 4	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1	
Envolvente 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 altura	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	x	x	x
		Material 2, etc	x					x			



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	x					x		
	Material 2, etc	x					x		
TRANSMITANCIA (U1 final) = EsxU/ES									

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla (envolvente Tipo 4A, 4B y 4C).

Tabla 7.

lista de características higrométricas de los materiales de construcción

N°	Material	Densidad ρ (kg / m ³)	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica k (W / m K)	Transmitancia térmica U (W/m ² K)	Calor Específico Cp (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua μ (adimensional)
ROCAS Y SUELOS						
Rocas o suelos sedimentarios						
1	Gravas y arenas (arena fina, arena gruesa, etc.)	1700 - 2200	2.00	---	910 - 1180	50
2	Arcilla o limo	1200 - 1800	1.50	---	1670 - 2500	50
3	Arcilla refractaria	2000	0.46	---	879	---
4	Caliza muy dura	2200 - 2590	2.30	---	1000	200
5	Caliza media dura	1800 - 1990	1.40	---	1000	40
6	Caliza muy blanda	≤ 1590	0.85	---	1000	20
7	Piedra canto rodado de 10 cm	---	3.50	---	---	---
Rocas ígneas						
8	Basalto	2700 - 3000	3.50	---	1000	10000
9	Granito	2500 - 2700	2.80	---	1000	10000
10	Piedra pómez	≤ 400	0.12	---	1000	6
11	Roca natural porosa (por ej. lava)	≤ 1600	0.55	---	1000	15
Rocas metamórficas						
12	Pizarra	2000 - 2800	2.20	---	1000	800
13	Mármol	2600 - 2800	3.50	---	1000	10000
Tierra						
14	Tierra	≤ 2050	0.52	---	1840	---
15	Yeso	600 - 900	0.30	---	1000	4
16	Barro con paja de 2 cm.	---	0.09	---	---	---
CONCRETO						
17	Concreto armado	2400	1.63	---	1000	80
18	Concreto simple	2300	1.51	---	1000	80
19	Cementopulido (pisos de 5 cm. de espesor)	---	0.53	---	---	---
MAMPOSTERIA						
20	Bloque de arcilla - Ladrillo corriente	1700	0.84	---	800	10
21	Bloque de arcilla - Ladrillo tipo King Kong	1000	0.47	---	930	10
22	Bloque de arcilla - Ladrillo pandereta	900	0.44	---	---	10
23	Bloque de arcilla - Ladrillo hueco de techo	600	0.35	---	---	10



24	Bloque de arcilla - Ladrillo pastelero	1450	0.71	---	---	10
25	Bloque de concreto - Unidad hueca	1200	0.50	---	1000	6
26	Adobe	1100 - 1800	0.90	---	---	---
MORTEROS Y ENLUCIDOS						
27	Mortero cemento-arena	2000	1.40	---	1000	10
28	Mortero cemento y cal o yeso	1850	0.87	---	1000	10
29	Enlucido de yeso	≤ 1000	0.40	---	1000	6
METALES						
30	Acero	7800	50.00	---	450	∞
31	Acero inoxidable	7913	15.60	---	456	∞
32	Aluminio	2700	230.00	---	880	∞
33	Bronce	8700	65.00	---	380	∞
34	Cobre	8900	380.00	---	380	∞
35	Estaño	7310	66.60	---	227	∞
36	Latón	8400	120.00	---	380	∞
37	Plomo	11300	35.00	---	130	∞
38	Zinc	7200	110.00	---	380	∞
39	Calamina metálica de 2 mm.	---	237.00	---	---	---
MADERAS						
40	Maderas livianas: Álamo, Avellano, Aliso, Zapote, Bolainablanca, Tornillo, Casho Moena, Diablo Fuerte, Huimba, Maquisapa Ñagcha, Marupa, Panguana, Ucshaquiرو Blanco	200 - 565	0.130 - 0.150	---	1600	50
41	Maderas de densidad media: Abedul, Canelo, Castaño, Laurel, Roble, Olmo, Caoba, Lagarto, Copaiba, Chemicua, Huayruro, Manchinga, Fresno, Nogal, Cerezo, Palosangre Amarillo, Palosangre Negro, Pumaquiرو	565 - 750	0.180	---	1600	50
42	Maderas densas: Capirona, Estoraque	750 - 870	0.230	---	1600	50
43	Maderas muy densas: Algarrobo, Eucalipto, Shihuahuaco	≥ 870	0.290	---	1600	50
44	Coníferas livianas: Cedro	≤ 435	0.130	---	1600	20
45	Coníferas de densidad media: Pino insigne	435 - 520	0.150	---	1600	20
46	Coníferas densas: Pino Oregón, Ciprés, Alerce	520 - 610	0.180	---	1600	20
47	Coníferas muy densas	≥ 610	0.230	---	1600	20
48	Balsa	≤ 200	0.057	---	1600	20
49	Tablero de fibras, incluyendo MDF (alta densidad)	750 - 1000	0.200	---	1700	20
50	Tablero de fibras, incluyendo MDF y MDP (media densidad)	550 - 750	0.180	---	1700	20
51	Tablero de fibras, incluyendo MDF y Trupan (baja densidad)	350 - 550	0.140	---	1700	12
52	Tablero de partículas: Melamina	640 - 820	0.180	---	1700	20
53	Tablero de partículas	450 - 640	0.150	---	1700	20



54	Tablero de particulas	270 - 450	0.130	---	1700	20
55	Tablero de virutas, tipo OSB	≤ 650	0.130	---	1700	30
56	Triplay	560	0.140	---	1400	---
57	Puerta de madera		0.120			
58	Madera machihembrada o traslapada (Tornillo)		0.120			
	MADERAS PERUANAS ⁽¹⁾					
59	Cachimbo	664	0.180	---	---	---
60	Ishpingo	625	0.148	---	---	---
61	Catahua amarilla	365	0.087	---	1464	---
62	Quinilla colorada	990	0.188	---	1548	---
	PANELES COMUNES					
63	Panel fibrocemento	920 - 1135	0.220 - 0.230	---	1512	---
64	Panel de yeso	750 - 900	0.250	---	1000	4
65	Panel de fibra de vidrio	25	0.035	---	1000	---
66	Panel de corcho	120	0.039	---	1800	---
67	Panel de lana mineral ⁽¹⁾	80 - 120	0.036	---	---	---
68	Panel metálico aislante 50 mm (muros) ⁽¹⁾	181	0.400	---	---	---
69	Panel metálico aislante 60 mm (muros)	158	0.330	---	---	---
70	Panel metálico aislante 80 mm (muros)	128	0.250	---	---	---
71	Panel metálico aislante 100 mm (muros)	111	0.200	---	---	---
72	Panel metálico aislante 120 mm (muros)	99	0.170	---	---	---
73	Panel metálico aislante 150 mm (muros)	87	0.130	---	---	---
74	Panel metálico aislante 20 mm (techos autoportantes)	265	1.000	---	---	---
75	Panel metálico aislante 25 mm (techos autoportantes)	330	0.800	---	---	---
76	Panel metálico aislante 35 mm (techos autoportantes)	247	0.570	---	---	---
77	Panel metálico aislante 45 mm (techos autoportantes)	200	0.440	---	---	---
	REVESTIMIENTOS HOMOGENEOS PARA PISOS, TECHOS Y MUROS					
78	Alfombra de materiales sintéticos	160	0.060	---	2500	---
79	Baldosa cerámica	2000	1.000	---	800	30
80	Teja de arcilla	2000	1.000	---	800	30
81	Teja cerámica-porcelana	2300	1.300	---	840	---
	MATERIALES VARIOS					
82	Agua	1000	0.580	---	4186	---
83	Hielo	922	2.030	---	1945	---
84	Nieve	150 - 500	0.120 - 0.470	---	---	---
85	Papel	930	0.180	---	1340	---
86	Acrílico	1050	0.200	---	1500	10000



87	Asfalto	2100	0.700	---	1000	50000
88	Caucho natural	910	0.130	---	1100	10000
89	Linóleo	1200	0.170	---	1400	800
90	Membrana asfáltica	1127	0.170	---	---	---
91	Neoprene	1240	0.230	---	2140	10000
92	Policarbonato (PC)	1200	0.200	---	1200	5000
93	Polipropileno (PP)	910	0.220	---	1800	10000
94	Cloruro de polivinilo (PVC)	1390	0.170	---	900	50000
95	Polietileno de alta densidad (HDPE)	980	0.500	---	1800	100000
96	Polietileno de alta densidad (LDPE)	920	0.330	---	2200	100000
97	Resina epóxica	1200	0.200	---	1400	10000
98	Silicona	1200	0.350	---	1000	5000
99	Techo verde (14 cm espesor)	---	0.174	---	---	---
100	Paja (cama de 2 cm.)	---	0.090	---	---	---
101	Tela yute	1500	0.060	---	---	---
	MATERIALES AISLANTES					
102	Aire	1.2	0.026	---	1000	---
103	Corcho	100 - 150	0.049	---	1560	5
104	Fibra de vidrio	200	0.040	---	670	---
105	Fieltro	120	0.050	---	1300	15
106	Lana de vidrio (baja densidad)	11 - 14	0.043	---	---	---
107	Lana de vidrio (media densidad)	19 - 30	0.037	---	---	---
108	Lana de vidrio (alta densidad)	46 - 100	0.033	---	---	---
109	Lana de vidrio con foil ⁽¹⁾	---	0.035	---	---	---
110	Lana mineral (baja densidad)	30 - 50	0.042	---	---	---
111	Lana mineral (media densidad)	51 - 70	0.040	---	---	---
112	Lana mineral (alta densidad)	71 - 150	0.038	---	---	---
113	Lana mineral ⁽¹⁾	---	0.037	---	---	---
114	Poliestireno expandido (EPS)	30	0.033	---	1700	150
115	Poliestireno extruido (XPS)	55 - 60	0.035	---	---	100
116	Espuma elastomerica flexible	60 - 80	0.050	---	1500	10000
117	Espuma de polietileno con aluminio 5 mm ⁽¹⁾	---	0.045	---	---	---
118	Espuma de polietileno con aluminio 10 mm ⁽¹⁾	---	0.035	---	---	---
	VIDRIOS					
	Vidrio crudo					
119	Incoloro de 6 mm	---	---	5.70 0	---	---
120	Incoloro de 8 mm	---	---	5.60 0	---	---
121	Incoloro de 10 mm	---	---	5.60 0	---	---
	Vidrio Laminado					
122	Incoloros ⁽¹⁾ 4 + 4	---	---	5.60 0	---	---
123	Incoloros 6 + 6	---	---	5.40 0	---	---



124	Incoloros 8 + 8	---	---	5.30 0	---	---
	Vidrio Insulado					
125	Incoloros (4) 4-6-(4.....10)	---	---	3.30 0	---	---
126	Incoloros (4) 4-9-(4.....10)	---	---	3.00 0	---	---
127	Incoloros (4) 4-12-(4.....10)	---	---	2.80 0	---	---
	Otros tipos de vidrio					
128	Cuarzo	2200	---	1.40 0	750	∞
129	Vidrio prensado	2000	---	1.20 0	750	∞
130	Venta de vidrio doble incoloro de 3mm.	---	---	3.75 9	---	---
	POLICARBONATOS ⁽¹⁾					
131	Alveolar Estándar de 4 mm	---	---	3.90 0	---	---
132	Alveolar Estándar de 6 mm	---	---	3.60 0	---	---
133	Alveolar Estándar de 8 mm	---	---	3.30 0	---	---
134	Alveolar Estándar de 10 mm	---	---	3.00 0	---	---
135	Alveolar Estándar de 16 mm	---	---	2.30 0	---	---
136	Control Térmico, tipo Polygal Polyshade de 6 mm	---	---	3.60 0	---	---
137	Control Térmico, tipo Polygal Polyshade de 8 mm	---	---	3.30 0	---	---
138	Control Térmico, tipo Polygal Polyshade de 10 mm	---	---	3.00 0	---	---
139	Control Térmico, tipo Polygal Thermogal de 25 mm	---	---	1.70 0	---	---
140	Control Térmico, tipo Polygal Thermogal de 32 mm	---	---	1.40 0	---	---
141	Control Térmico, tipo Polygal Thermogal de 40 mm	---	---	1.10 0	---	---
142	Control Térmico - Lumínico, tipo Polygal Selectogal de 10 mm	---	---	2.50 0	---	---
143	Control Térmico - Lumínico, tipo Polygal Selectogal de 16 mm	---	---	2.20 0	---	---
144	Decorativos, tipo Polygal Rainbow de 8 mm	---	---	3.30 0	---	---

Fuente: Norma (EM.110, 2014).

3.4.2 Instrumentos manuales y de ingeniería



Figura 11. Higrómetro



Figura 12. Termómetro



Figura 13. Wincha



Figura 14. Termómetro laser

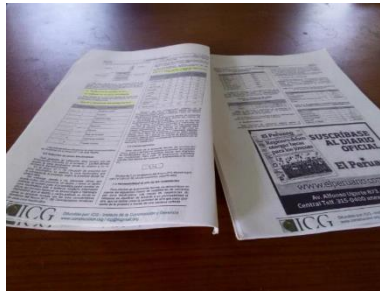


Figura 15. Norma EM 110



Figura 16. Laptop



Figura 17. Celular Iphone (cámara fotográfica)



Figura 18. Conjunto de materiales utilizados juntos

3.5 Procedimientos de recolección de datos

Para el proceso de recolección de datos se realizó:

3.5.1 Visita y observación previa de la Casa Ecológica Andina PUCP



Figura 19. Vista Panorámica de la Casa Ecológica PUCP



Figura 20. Casa Ecológica PUCP a la Laguna de Langui



Figura 21. Llegando a la Casa Ecológica PUCP



Figura 22. Arribando ya a la Casa Ecológica PUCP

3.5.2 Toma de datos

- *Metrado de la Casa Ecológica PUCP*



Figura 23. Metrado de los muros Trombe Casa Ecológica PUCP



Figura 24. Metrado de dormitorio 1 de la Casa Ecológica PUCP



Figura 25. Metrado del hall de la Casa Ecológica PUCP

- *Software para la elaboración de planos.*



Figura 26. Software Revit.

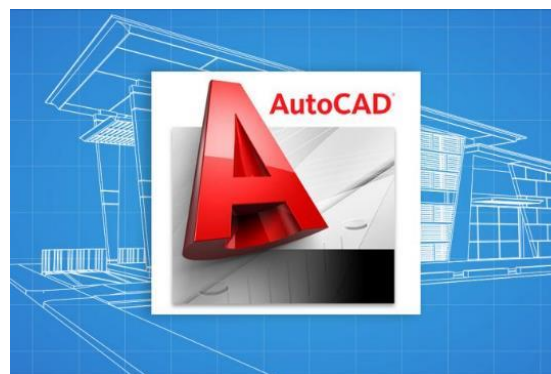


Figura 27. Software Autocad.

- *Diseño y elaboración de planos de la Casa Ecológica PUCP.*



Figura 28. Casa Ecológica PUCP (3D).



Figura 29. Casa Ecológica PUCP (ambientes internos vista nor-este).



Figura 30. Casa Ecológica PUCP (ambientes internos vista sur-oeste).



Figura 31. Casa Ecológica PUCP (ambientes internos vista nor-oeste con mezzanine).



- **Datos térmicos**

Temperatura y humedad relativa al exterior de la vivienda

Según Senamhi (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) el mes más frío en la Región del Cusco en los últimos 10 años se da en el mes de Julio, registrando la temperatura mínima en su primera semana. Por esa razón hemos decidido tomar la temperatura la primera semana del Mes de Julio tanto al interior como al exterior de la Casa Ecológica PUCP.

- **Temperaturas Exterior de la Casa Ecológica PUCP (Del 01 al 05 de Julio 2016)**

Tabla 8.

Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP, Fecha (03 de Julio 2016)

Hora	Temperatura (°C)	HR (%)
00:00	1	65
01:00	0	68
02:00	-1	70
03:00	-3	74
04:00	-4	79
05:00	-4.8	84
06:00	-3.2	83
07:00	1	65
08:00	4	62
09:00	7	58
10:00	10	50
11:00	11	49
12:00	13	47
13:00	13	47
14:00	14	46
15:00	15	45
16:00	13	47
17:00	11	49
18:00	9.8	50
19:00	7.9	57
20:00	6	59
21:00	5	60
22:00	3	61
23:00	2	64

Fuente: Elaboración Propia.

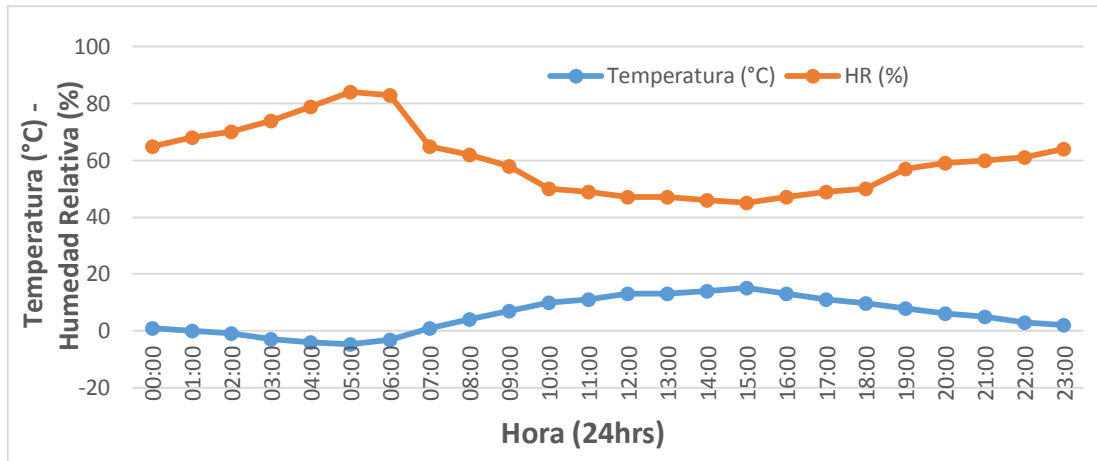


Figura 32. Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP, Fecha (01 de Julio 2016).

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9.

Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP, Fecha (03 de Julio 2016)

Hora	Temperatura (°C)	HR (%)
00:00	0	68
01:00	-1	70
02:00	-2	72
03:00	-3	74
04:00	-4.6	83
05:00	-5	85
06:00	-4.4	82
07:00	3	61
08:00	1	65
09:00	4	62
10:00	8	57
11:00	10	50
12:00	11	49
13:00	12	48
14:00	13	47
15:00	14	46
16:00	14	46
17:00	13	47
18:00	10	50
19:00	8	57
20:00	7	58
21:00	4	80
22:00	2	64
23:00	1	65

Fuente: Elaboración Propia.

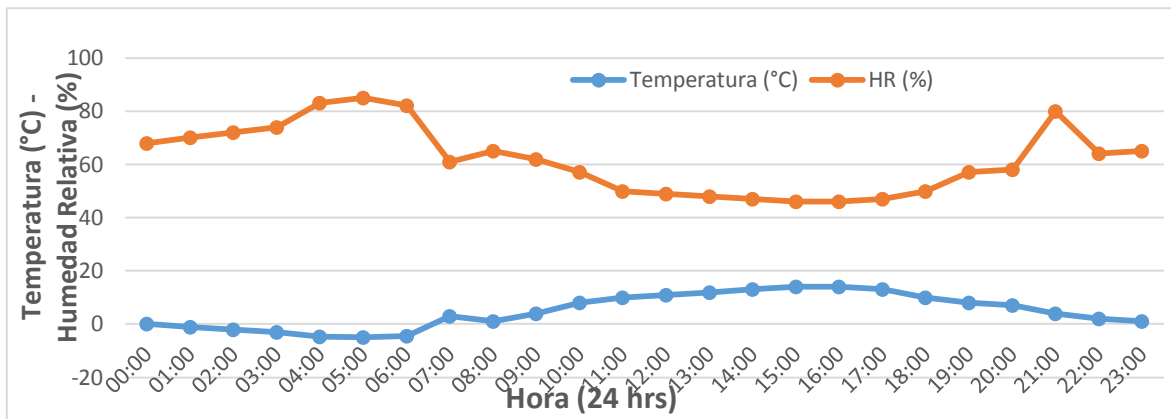


Figura 33. Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP, Fecha (02 de Julio 2016).

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 10.

Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP, Fecha (03 de Julio 2016).

Hora	Temperatura (°C)	HR (%)
00:00	0	68
01:00	0	68
02:00	-1	70
03:00	-2	72
04:00	-4.5	83
05:00	-5	85
06:00	-3.5	75
07:00	-2	72
08:00	1	65
09:00	4	62
10:00	7	58
11:00	9	51
12:00	11	49
13:00	12	48
14:00	13	47
15:00	15	45
16:00	13	47
17:00	11	49
18:00	10	50
19:00	9	51
20:00	7	58
21:00	6	59
22:00	3	61
23:00	1	65

Fuente: Elaboración Propia.

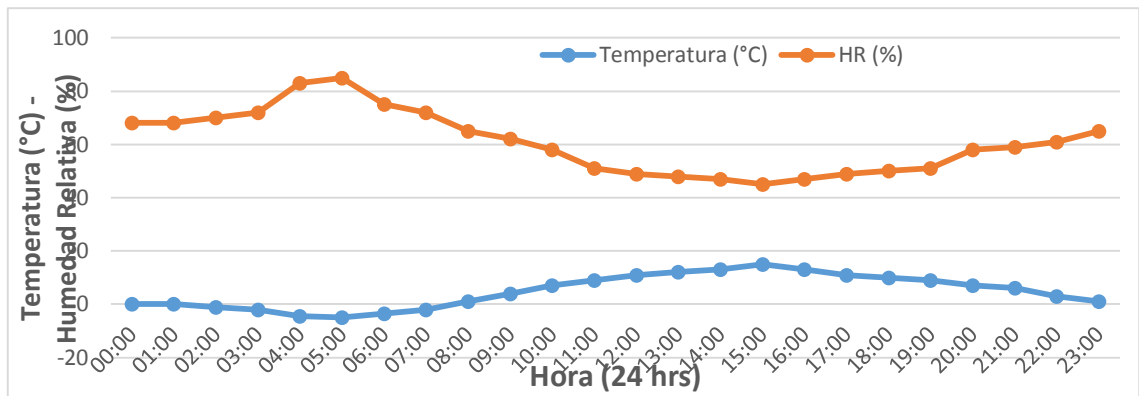


Figura 34. Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP) Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11.

Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP. Fecha (04 de Julio del 2016).

Hora	Temperatura (°C)	HR (%)
00:00	0	68
01:00	-1	70
02:00	-2	72
03:00	-2	72
04:00	-3	74
05:00	-4	83
06:00	-4	83
07:00	-2	72
08:00	2	64
09:00	4	62
10:00	7	58
11:00	9	51
12:00	10	50
13:00	13	47
14:00	14	46
15:00	15	45
16:00	13	47
17:00	11	49
18:00	10	50
19:00	8	57
20:00	7	58
21:00	4	60
22:00	2	64
23:00	1	65

Fuente: Elaboración Propia.

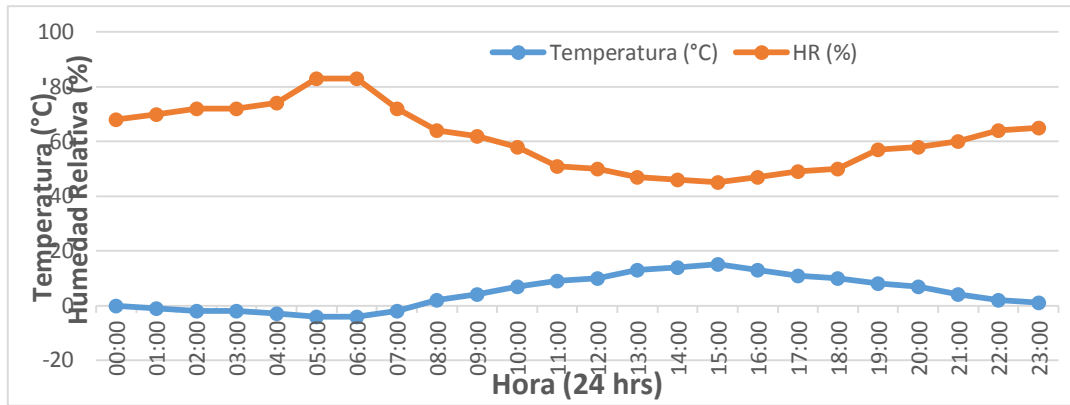


Figura 35. Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP, Fecha (04 de Julio del 2016).

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 12.

Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP, Fecha (04 de Julio del 2016).

Hora	Temperatura (°C)	HR (%)
00:00	1	65
01:00	0	68
02:00	0	68
03:00	-1	70
04:00	-1	70
05:00	-3	74
06:00	-3	74
07:00	1	65
08:00	2	64
09:00	5	61
10:00	7	58
11:00	9	51
12:00	10	50
13:00	11	49
14:00	11	49
15:00	12	48
16:00	14	46
17:00	12	48
18:00	9	51
19:00	7	58
20:00	5	61
21:00	4	60
22:00	2	64
23:00	1	65

Fuente: Elaboración Propia.

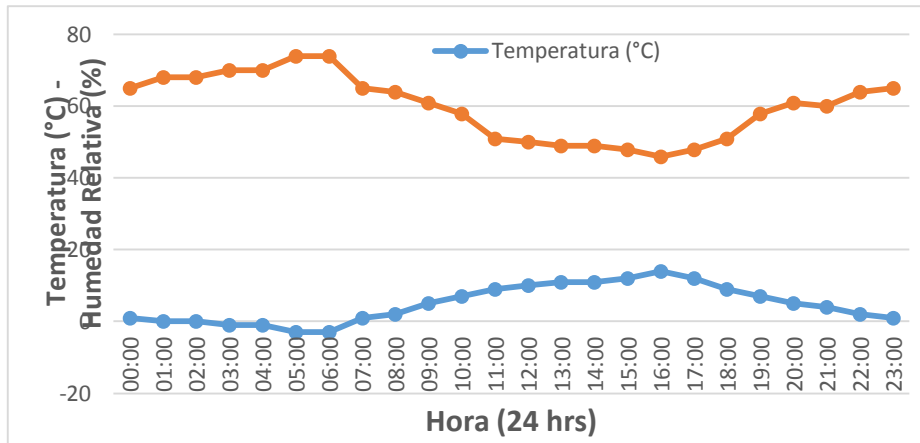


Figura 36. Temperatura y Humedad Relativa al exterior de la Casa Ecológica PUCP, Fecha (05 de Julio del 2016).

Fuente: Elaboración Propia.

3.6 Condiciones de Confort Térmico.

3.6.1 Procedimiento de Trasmittancia Termica.

- Paso 1: El usuario deberá identificar la zona bioclimática donde se ubica un proyecto.

DATOS DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO.

PROYECTO:

CASA ECOLÓGICA ANDINA PUCP.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

- DISTRITO DE LANGUI.
- PROVINCIA DE CANAS.
- DEPARTAMENTO DEL CUSCO.
- 3969 msnm.

ZONA BIOCLIMÁTICA:

- ALTO ANDINA

OTROS:

- LAGO DE LONGITUD MÁXIMA DE 16040 m Y UN ANCHO MÁXIMO DE 4890 m.

UBICACIÓN DE PROVINCIAS POR ZONA BIOCLIMÁTICA									
Departamento	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Desértico Marino	Desértico	Interandino Bajo	Mesoandino	Alto Andino	Nevado	Ceja de Montaña	Subtropical Húmedo	Tropical Húmedo
Cusco				Cusco	Cusco		La Convención	La Convención	
				Paruro	Espinar				
				Canchis	Chumbivilcas				
				Acomayo					
				Anita					
				Calca					
				La Convención					
				Paucartambo					
				Quispicanchi					
				Urubamba					

- Paso 2: El usuario deberá identificar los valores de las transmitancias térmicas máximas para muros, techos y pisos de la zona bioclimática donde se ubica su proyecto.

ZONA BIOCLIMÁTICA	Transmitancia Térmica Máxima de Muro (Umuro)	Transmitancia Térmica Máxima de Techo (Utecho)	Transmitancia Térmica Máxima de Piso (Upiso)
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.- ALTO ANDINO	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

Figura 37. Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m²K

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N°2.

- Paso 3: Verificar el tipo de envolvente que posee el proyecto de edificación (Tipo 1, 2, 3 y/o 4).

TIPO 1: Envolvente en contacto con el ambiente exterior.

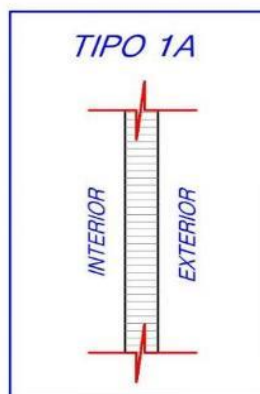


Figura 38. Envolvente tipo 1A muro vertical ángulo recto.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

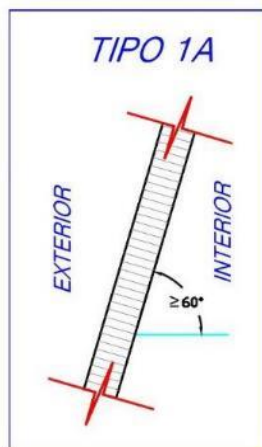


Figura 39. Envoltente tipo 1A muro vertical ángulo mayor o igual a 60 grados con respecto al interior de la edificación.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

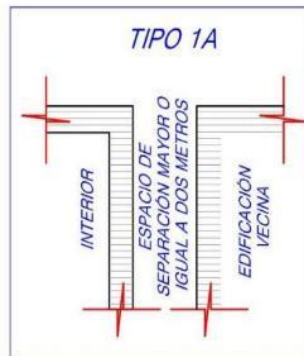


Figura 40. Envoltente tipo 1A muro vertical ángulo recto con espacio de separación mayor o igual a dos metros entre el espacio interior y la edificación vecina.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

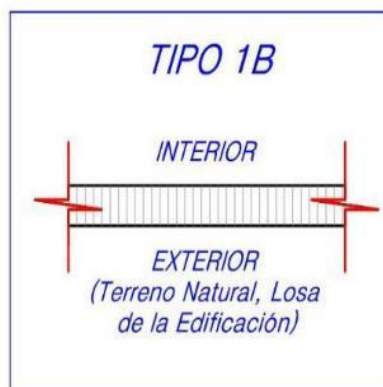


Figura 41. Envoltente tipo 1B muro horizontal separación del ambiente interior con el terreno natural o losa de edificación.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

TIPO 2

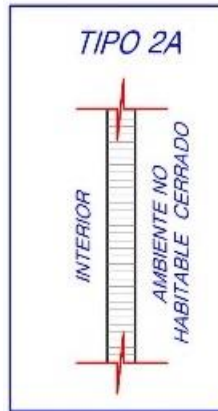


Figura 42. Envoltente tipo 2A muro vertical ángulo recto.
(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

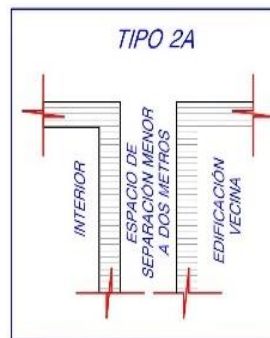


Figura 43. Envoltente tipo 2A muro vertical ángulo recto con espacio de separación mayor o igual a dos metros entre el espacio interior y la edificación vecina.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)



Figura 44. Envoltente tipo 2B muro horizontal con espacio de separación mayor o igual a 1 metro entre el espacio interior y exterior.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

TIPO 3

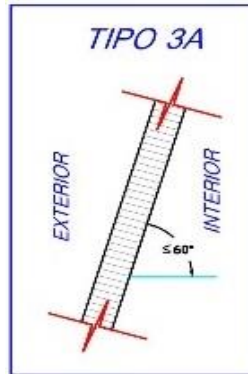


Figura 45. Envoltente tipo 3A muro vertical ángulo menor o igual a 60 grados con respecto al espacio interior.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

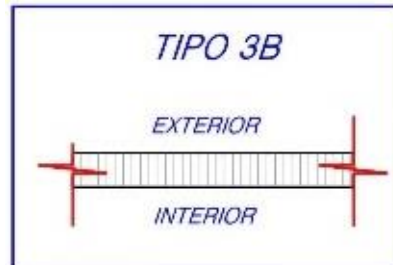


Figura 46. Envoltente tipo 3B muro horizontal.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

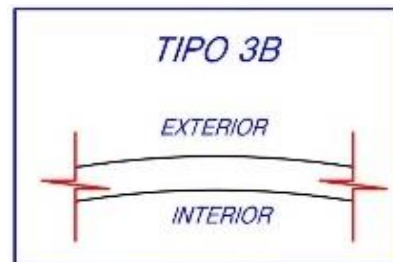


Figura 47. Envoltente tipo 3B muro horizontal curvo.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

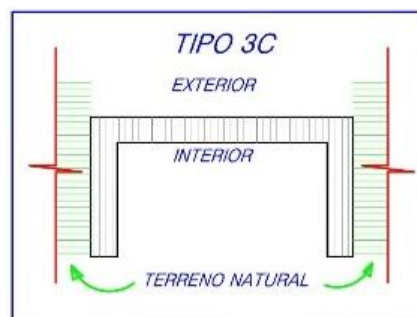


Figura 48. Envoltente tipo 3C muro horizontal ángulo recto en sótanos o semi sótanos.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

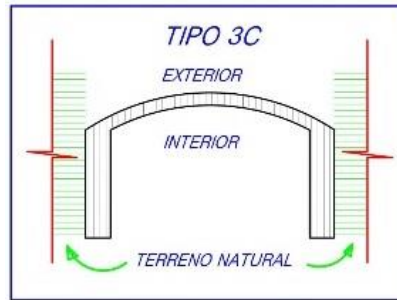


Figura 49. Envoltente tipo 3C muro horizontal curvo en sótanos o semi sótanos.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

TIPO 4



Figura 50. Envoltente tipo 4A muro horizontal ángulo recto.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

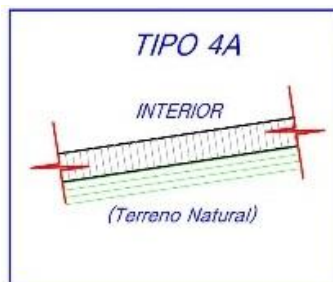


Figura 51. Envoltente tipo 4A muro horizontal inclinado.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

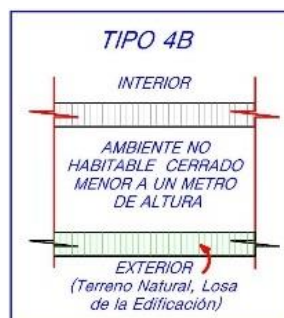


Figura 52. Envoltente tipo 4B muro horizontal con espacio de separación menor a 1 metro entre el espacio interior y exterior.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

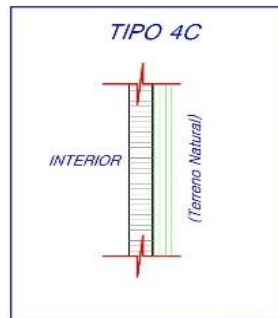


Figura 53. Envoltente tipo 4C muro vertical ángulo recto interior con el terreno natural.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

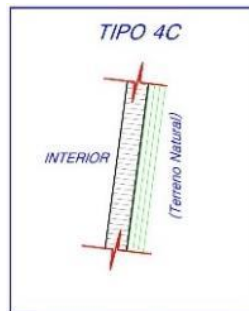


Figura 54. Envoltente tipo 4C muro vertical ángulo inclinado con el interior y el terreno natural.

(Norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética)

- Paso 4: Procesar cada tipo de envoltente que posee el proyecto de edificación.
 - Tipo 1:

<p>Para el cálculo de la transmitancia térmica de muros tipo 1A, se puede aplicar el procedimiento incluido a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ventanas o mamparas 2. Puertas 3. Muros (1A) 4. Columnas 5. Sobrecimientos 6. Vigas 7. Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo incluya) 8. Caja de persianas (en caso el proyecto lo incluya) 	<p>Para el cálculo de transmitancia térmica de pisos tipo 1B, se puede aplicar el procedimiento incluido en el numeral 10. Pisos.</p>
--	---

Activar Window
Ver Configuración

Figura 55. Procedimiento para el cálculo de las transmitancias térmicas tipo 1.

- Tipo 2:

Para el cálculo de la transmitancia térmica de muros tipo 2A, se puede aplicar el procedimiento incluido a continuación: 1. Ventanas o mamparas 2. Puertas 3. Muros (2A) 4. Columnas 5. Sobrecimientos 6. Vigas 7. Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo incluya) 8. Caja de persianas (en caso el proyecto lo incluya)	Para el cálculo de transmitancia térmica de pisos tipo 2B se puede aplicar el procedimiento incluido en: 10. Pisos.
--	--

Figura 56. Procedimiento para el cálculo de las transmitancias térmicas tipo 2.

- Tipo 3:

Techos inclinados (Tipo 3A), techos horizontales y curvos (Tipo 3B) y Pisos Enterrados (Tipo 3C): Calcular envolvente tipo 3A, 3B y 3C con o sin cámara de aire, que separan el interior del ambiente exterior.

- Tipo 4:

Losa o Piso tipo 4A (sin cámara de aire): Para calcular la transmitancia térmica de losas o pisos tipo 4A horizontales o ligeramente inclinados de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural, **sin** cámara de aire.

Losa o Piso tipo 4A (con cámara de aire): Para calcular pisos tipo 4A horizontales o ligeramente inclinados de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural, con cámara de aire.

Losa o Piso tipo 4B: Para calcular pisos tipo 4B horizontales de separación entre el interior de la edificación con un ambiente no habitable exterior menor a un metro, se debe tomar en cuenta que estando el piso debajo de un ambiente no habitable exterior menor a un metro, no es necesario que se utilice una cámara de aire, convirtiéndose este ambiente no habitable exterior menor a un metro, en una cámara de aire ventilada o no ventilada.

Muro tipo 4C: Para calcular la transmitancia térmica de los muros verticales o inclinados, de separación entre el interior de la edificación con el terreno natural de tipo 4C

- Paso 5: Procesar los valores de transmitancias térmicas y áreas en cada cuadro de las Fichas de Cálculo de la Transmitancia Térmica (U) - de las Envolvente tipo 1,2,3 y 4 de esta manera se podrá obtener los valores de las transmitancias térmicas finales de cada envolvente.

3.6.2 Metodología para el cálculo de las condensaciones superficiales.

Para efectos de la presente Norma, las envolventes (muro, pisos y techos) no deberán presentar humedades de condensación en su superficie interior, que degraden sus condiciones. Para esto, la temperatura superficial interna (T_{si}) deberá ser superior a la temperatura de rocío (t_r).

$$T_{si} > t_r$$

El valor de T_{si} y t_r se obtienen del *Anexo N° 4: Metodología para el cálculo de condensaciones superficiales*.

Para cumplir $T_{si} > t_r$ según lo establecido en el *Subcapítulo 7.2. Condensaciones de la presente Norma*, se aplicará la siguiente metodología en forma separada para muros, techos y pisos.

Hallar la temperatura superficial interior (T_{si}) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Para muros:} \quad T_{si} = T_i - U_{muro} \times R_{si} \times (T_i - T_e)$$

$$\text{Para techos:} \quad T_{si} = T_i - U_{techo} \times R_{si} \times (T_i - T_e)$$

$$\text{Para pisos:} \quad T_{si} = T_i - U_{piso} \times R_{si} \times (T_i - T_e)$$

Donde,

T_{si} temperatura superficial interior de la envolvente, en °C

T_i temperatura del ambiente interior, en °C. Para hallar su valor, ver la Tabla N° 17

T_e temperatura del ambiente exterior. Para hallar su valor, ver la Tabla N° 18

U transmitancia térmica de la envolvente (muro, techo o piso), en $W/m^2 K$. Se deberá tomar los valores que han sido calculados en el Anexo 3.

R_{si} resistencia térmica superficial interior, en $m^2 K / W$. Para hallar su valor, ver el Paso 2.

Figura 57 Metodología para el cálculo de condensaciones superficiales.

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Anexo N°4.

HALLANDO LA TEMPERATURA DE ROCÍO CON EL ÁBACO PSICOMÉTRICO

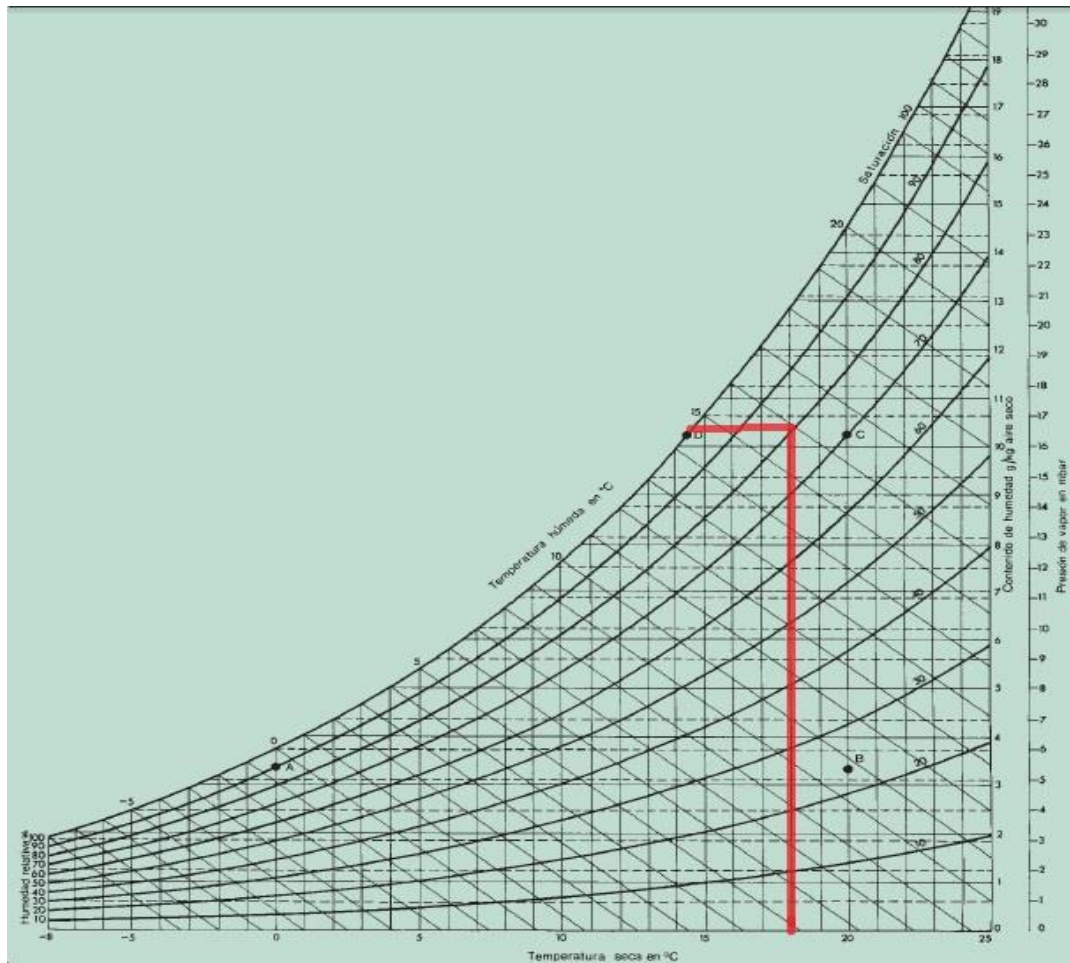


Figura 58 Abaco psicométrico

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Anexo N°4, paso 3.

3.6.3 Permeabilidad al aire de las carpinterías.

PERMEABILIDAD AL AIRE DE LAS CARPINTERÍAS

Para efectos de la presente Norma, se deberá tener en cuenta las siguientes clases de carpinterías de ventanas por zona bioclimática. Las clases de carpinterías de ventanas se clasifican de acuerdo a su permeabilidad al aire, que se define como la cantidad de aire que pasa (por causa de la presión) a través de una ventana cerrada.

Tabla 13.

Clases de carpinterías de ventanas por zona bioclimática

Zona bioclimática	Clase de permeabilidad al aire
1. Desértico costero	Clase 1
2. Desértico	Clase 1
3. Interandino bajo	Clase 1
4. Mesoandino	Clase 2
5. Altoandino	Clase 2
6. Nevado	Clase 2
7. Ceja de montaña	Clase 1
8. Subtropical húmedo	Clase 1
9. Tropical húmedo	Clase 1

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N° 3.

La Tabla N° 15 establece la permeabilidad al aire de las carpinterías de ventanas, medida con una sobrepresión de 100 Pascales (Pa) y referida a la superficie total, las cuales tendrán unos valores inferiores a las siguientes.

Tabla 14.

Rangos de las clases de permeabilidad al aire

Clase de permeabilidad al aire	Rango
Clase 1	$< 50 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ (para presiones hasta 150 Pa)
Clase 2	$< 20 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ (para presiones hasta 300 Pa)

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N°4.

El fabricante o importador de carpinterías de ventanas deberá certificar la clase de sus productos y ponerla a disposición de los usuarios.

3.7 Cálculo de las Envolventes del Dormitorio 1 (según plano)

Ubicación en planta del dormitorio 1 del dibujo 3D



Figura 59. Identificación en planta del dormitorio 1.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 60. Identificación en planta del dormitorio 1.

Fuente: Elaboración propia.

IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE ENVOLVENTE DEL DORMITORIO 1 (EN PLANTA)

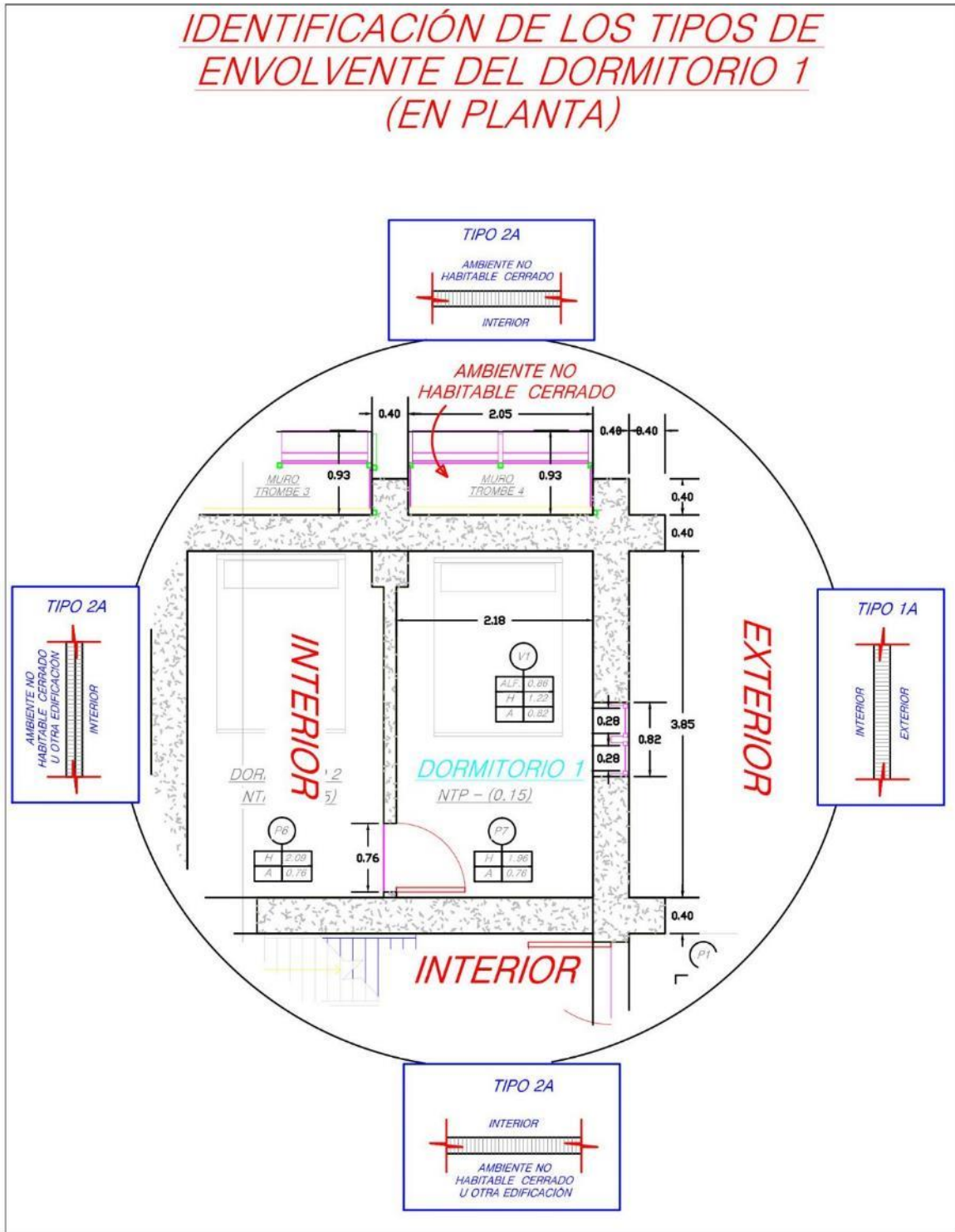


Figura 61. Identificación de las envolventes en planta del dormitorio 1.
Fuente: Elaboración propia.

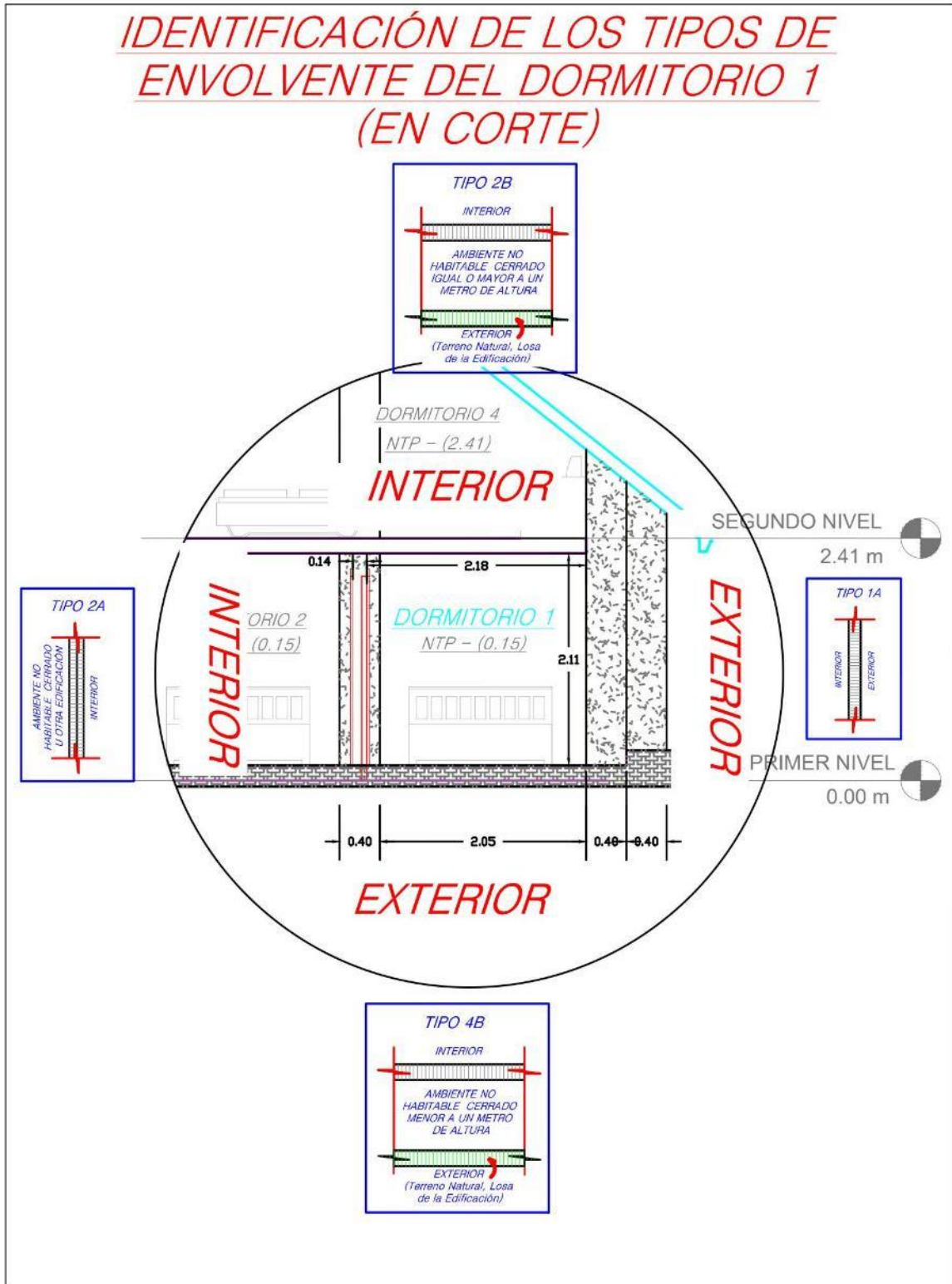


Figura 62. Identificación de las envolventes en corte del dormitorio 1.
Fuente: Elaboración propia.

3.7.1 Envoltente Tipo 1

1. Ventanas o mamparas (Ventana 1, según plano)

Se comenzará a calcular la transmitancia térmica de las ventanas o mamparas que separan el interior con el exterior que consta de dos partes: Vidrio o material transparente y marco o carpintería

- Para la transmitancia térmica del vidrio se calcula el área sin contar con la carpintería o marco.

Ubicación de la ventana 1 en el plano del dormitorio 1.

Área del vidrio sin considerar el marco de madera.

$$S = (\text{ancho} \times \text{altura}) \times 2 \text{ unidades}$$

$$S = (0.28\text{m} \times 1.09\text{m}) \times 2$$

$$S = 0.61\text{m}^2$$

Materiales de construcción

Nota: Ver Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)

Item 119: Vidrio Incoloro de 6mm tiene una transmitancia termica de (U=5.7 W/m² K) según la lista higrométrica de la norma EM.110.

Tabla 15.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RC A (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión	S1	U1	S1xU1
	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o translúcidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventana 1								
		Tipo de vidrio: (Vidrio Crudo)								
		Vidrio Incoloro de 6 mm	0.006					0.61	5.7	3.477
		Tipo de carpintería del marco (Ventana 1)								

Fuente: Elaboración Propia.

- Para la transmitancia térmica del marco de la ventana 1 se identifica el tipo de material, se rellena es espesor, se calcula el área de la carpintería y se coloca la transmitancia. Se ubicación en el plano la ventana 1 del dormitorio 1.

$$\text{Perímetro marco} = 2(\text{altura}) + 2(\text{ancho}) = \text{perímetro}$$

$$\text{Perímetro marco} = 2(1.22\text{m}) + 2(0.82\text{m}) = 4.08\text{m}$$

$$S = \text{espesor} \times \text{perímetro}$$

$$S = 0.06\text{m} \times 4.08\text{m}$$

$$S = 0.2448 \text{ m}^2$$

Nota: Ver Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)

Item 40: Maderas Livianas – tornillo, su densidad es de (200-565 kg/m³) según la lista higrométrica de la norma EM.110.

Tabla 16.

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

Material	U (W/m ² K) vertical
Metálico	
Sin rotura de puente térmico (Ver definición en el Capítulo 5. Glosario, numeral 5.50)	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 ⁽¹⁾	
Madera de densidad media alta ¹ . Densidad: 700 kg/m ³	2,2
Madera de densidad media baja ¹ . Densidad: 500 kg/m ³	2,0
PVC ⁽²⁾	

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N°7.

Tabla 17.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión	S1	U1	S1xU1
	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o translúcidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventana 1								
		Tipo de vidrio: (Vidrio Crudo)								
		Vidrio Incoloro de 6 mm	0.006					0.61	5.7	3.477
		Tipo de carpintería del marco (Ventana 1)								
		Madera Tornillo	0.06		4.08		0.2448	2	0.4896	

Fuente: Elaboración propia.

2. Muros dormitorio 1 (En dirección Este, según plano).

Procedimiento para hallar las resistencias superficiales

Nota: Según el paso N° 4 para el tipo 1A – muro, numeral 3.1 de la Norma EM.110 procedimiento para hallar las resistencias superficiales.

Entre la celda RST/RCA y Rse se coloca 0.11 W/m²K y entre la celda RST/RCA y Rsi se coloca 0.06W/m²K.

Tabla 18.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor	Cantida d	Perímet ro (m)	RST/RC	Coeficie nte Transm isión
	(m)			A (m ² °C/w)	
Resistencias superficiales					
Resistencia superficial extrema (Rse)				0.11	
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.06	

Fuente: Elaboración propia.

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

Materiales: Este muro cuenta con dos materiales, yeso y adobe.

Nota: *Ver Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)*

Item 15: Yeso, coeficiente de transmitancia termica (0.3 W/mK) según la lista higrométrica de la norma EM.110.

Item 26: Adobe, coeficiente de transmitancia termica (0.9 W/mk) según la lista higrométrica de la norma EM.110.

Ubicar este muro en el plano dormitorio 1 – muro este tipo 1A.

- Hallando el área del muro Tipo 1A.

Área Muro (Tipo 1A).

- H = altura total – altura del sobrecimiento = altura neta.

$$H = 2.11\text{m} - 0.30\text{m} = 1.81\text{m}$$

- A = ancho.

$$A = 3.85\text{m}$$

- S = área del muro.

$$S = 1.81\text{m} \times 3.85\text{m} = 6.97\text{m}^2$$

Se excluye el área de la ventana 1 según plano

Altura de la ventana

$$H = 1.22\text{ m}$$



Ancho de la ventana

$$A = 0.82 \text{ m}$$

Área de la ventana

$$\text{Área} = \text{altura} \times \text{ancho}$$

$$\text{Área} = H \times A$$

$$\text{Área} = 1.00 \text{ m}^2$$

⇒ Área total del Muro (Área del muro - área de la ventana)

$$S = 6.97\text{m} - 1.00\text{m} = 5.97 \text{ m}^2$$

Especificaciones de los materiales del muro tipo 1A lado este del dormitorio 1.

Adobe

- Espesor

$$e_{\text{material1}} = 0.37\text{m}$$

- Coeficiente de transmitancia térmica

$$K_{\text{material1}} = 0.90 \text{ W/mk}$$

Yeso (Revestimiento interior)

- Espesor

$$e_{\text{material2}} = 0.015 \text{ m}$$

- Coeficiente de transmitancia térmica

$$K_{\text{material2}} = 0.30 \text{ W/mk}$$

Yeso (Revestimiento exterior)

- Espesor

$$e_{\text{material3}} = 0.015 \text{ m}$$

- Coeficiente de transmitancia térmica

$$K_{\text{material3}} = 0.30 \text{ W/mk}$$

Hallando la transmitancia térmica del muro:

Fórmula para Calcular la transmitancia térmica de muros Tipo 1A.

$$U_{1-\text{muro sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{e_{\text{material 1}}}{K_{\text{material 1}}} + \frac{e_{\text{material 2}}}{K_{\text{material 2}}} + \frac{e_{\text{material 3}}}{K_{\text{material 3}}} + \dots + R_{si} + R_{se} \right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014) paso N°4, numeral 3 muros, nexo3.2.1.

Donde:

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

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

R_{si} Resistencia superficial interna.

R_{se} Resistencia superficial externa.

Reemplazando datos en la fórmula:

$$U_{1-\text{muro sin cámara}} = \frac{1}{\left(\frac{0.37}{0.90} + \frac{0.015}{0.3} + \frac{0.015}{0.3} + 0.11 + 0.06\right)}$$

$$U_1 - \text{muro sin cámara} = 1.47 \text{ U(W/m}^2\text{k)}$$

Tabla 19.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión	S1	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial externa (Rse)				0.11				
Resistencia Superficial interna (Rsi)				0.06				
Muro sin camara de aire								
Muro								
Adobe	0.37				0.9	5.97	1.47	8.7759
Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015				0.3			
Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015				0.3			

Fuente: elaboración propia.

3. Sobrecimientos (Lado Este, Dormitorio 1)

Espesor de los materiales

Mortero Cemento Arena $e= 0.03\text{m}$

Piedra natural porosa $e= 0.10\text{m}$

Mortero Cemento Arena $e= 0.03\text{m}$

Piedra natural porosa $e= 0.10\text{m}$

Mortero cemento arena $e= 0.04\text{m}$

TOTAL espesor sobrecimiento = 0.30m

Nota: Ver Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)



Item 11: Roca natural, coeficiente de transmitancia termica (0.55 W/mK) según la lista higrométrica de la norma EM.110.

Item 27: Mortero cemento-arena, coeficiente de transmitancia termica (1.40 W/mk) según la lista higrométrica de la norma EM.110.

Hallando la transmitancia térmica del Sobrecimiento

Formula : fórmula para hallar la transmitancia térmica de los sobrecimientos

$$U_{1-sobrecim} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014) paso N°4, numeral 5 sobrecimientos, nexo d.

Donde:

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente del sobrecimiento, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente del sobrecimiento, etc

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-sobrecim} = \frac{1}{\left(\frac{0.03}{1.4} + \frac{0.10}{0.55} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.10}{0.55} + \frac{0.04}{1.4}\right)}$$
$$U_{1-sobrecim} = 2.33 \text{ (w/m2k)}$$

Hallando el Área del sobrecimiento

Área Sobrecimiento (Tipo 1A)

Altura del sobrecimiento

$$H = 0.30 \text{ m}$$

Ancho del sobrecimientos

$$A = 3.85\text{m}$$

Área del sobrecimiento = H x A

$$S = 0.30\text{m} \times 3.85\text{m} = 1.16\text{m}^2$$

Tabla 20.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RC A (m ² °C/w)	Coficiente Transmisión	S1	U1	S1xU1
Puente Térmico: Sobrecimiento N° 01						1.16	2.33	2.703
Composición:								
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.03				1.4			
Roca natural porosa	0.1				0.55			
Mortero Cemento Arena	0.04				1.4			

Fuente: Elaboración Propia.

4. Vigas (Lado Este, Dormitorio 1)

Espesor del material

Madera Eucalipto = 0.18m

Item 43:

Nota: Ver Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)

Item 43: Maderas muy densas: Eucalipto el coeficiente de transmisión térmica (0.55 W/mK) según la lista higrométrica de la norma EM.110.

Hallando la transmitancia térmica de la viga

Fórmula para hallar la transmitancia térmica de la viga

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014) paso N°4, numeral 6 vigas, nexo d.

Donde:

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente de la viga, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la viga, etc

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-viga} = \frac{1}{\left(\frac{0.18}{0.29}\right)}$$

$$U_{1-viga} = 1.61 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

Área de la viga (Sviga)

Altura de la viga

$$H = 0.18m$$

Largo de la viga

$$L = 3.85m$$

Área de la viga = H x L

$$S = 0.18m \times 3.85m = 0.69 \text{ m}^2$$

Tabla 21.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RC A (m ² °C/w)	Coficiente Transmisión	S1	U1	S1xU1
Puente Térmico: Viga N° 1						0.69	1.61	1.1109
Composición:								
Madera Eucalipto	0.18				0.29			

Fuente: Elaboración propia.

5. Vestidura de derrame

Dimensiones

- Espesor de la vestidura de derrame (h)= 0.02m
- Perímetro de la vestidura de derrame de la ventana $1 = 2H + 2A$
 $\text{Perímetro} = 2 * \text{altura de la ventana} + 2 * \text{ancho de la ventana.}$
 $1.22m (2) + 0.82m (2) = 4.08m$

- Área de la vestidura de derrame (S)

S = espesor de la vestidura de derrame * perímetro de la vestidura de derrame.

$$S = h * p = 0.02m * 4.08m = 0.08m^2$$

Nota: Ver Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)

Item 15: Yeso, coeficiente de transmitancia termica (0.3 W/mK) según la lista higrométrica de la norma EM.110.

Fórmula para hallar la transmitancia térmica de la Vestidura de derrame

$$U_{1-vdd} = \frac{1}{\left(\frac{e_{material\ 1}}{k_{material\ 1}} + \frac{e_{material\ 2}}{k_{material\ 2}} + \frac{e_{material\ 3}}{k_{material\ 3}} + \dots\right)}$$

Fuente: Norma (EM.110, 2014) paso N°4, numeral 7 derrames, nexo b.

Donde:

$e_{material\ 1}$ espesor del material 1 componente de la vestidura de derrame, etc.

$k_{material\ 1}$ coeficiente de transmisión térmica del material 1 componente de la vestidura de derrame, etc

Reemplazando valores en la fórmula

$$U_{1-vdd} = \frac{1}{\left(\frac{0.02}{0.30}\right)}$$

$$U_{1-vdd} = 1.49 \text{ (w/m}^2\text{k)}$$

Tabla 22.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RC A (m ² °C/w)	Coficiente Transmisión	S1	U1	S1xU1
Puente Térmico: Vestidura de derrame								
(en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.53 del Glosario								
Ventana 1								
Composición:								
Yeso	0.02		4.08		0.3	0.0816	1.49	0.12158

Fuente: Elaboración Propia.

Los datos que se poseen hasta el momento ayudarán a calcular la transmitancia térmica final para los muros tipo 1A

Tabla 23.

Integrando todos los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Tipo 1	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perimetro (m)	RST/RCA (m2 °C/w)	Coefficiente Transmisión	S1	U1	S1xU1	
Envolventes Tipo 1A y 1B	Ventanas, mamparas o superficies vidriadas, transparentes o translúcidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Ventana 1									
		Tipo de vidrio: (Vidrio Crudo)									
		Vidrio Incoloro de 6 mm	0.006						0.61	5.7	3.477
		Tipo de carpintería del marco (Ventana 1)									
	Muros tipo 1A (verticales o inclinados mas de 60° con la horizontal)	Madera Tornillo	0.06		4.08				0.2448	2	0.4896
		Carpintería 2, etc									
		Resistencias superficiales									
		Resistencia superficial externa (Rse)					0.11				
		Resistencia Superficial interna (Rsi)					0.06				
		Muro sin camara de aire									
		Muro									
		Adobe	0.37					0.9			
		Yeso 1 (Revestimiento interno)	0.015					0.3	5.97	1.47	8.7759
		Yeso 2 (Revestimiento externo)	0.015					0.3			
		Puente Térmico: Sobrecimiento N° 01									
		Composición:									
		Mortero Cemento Arena	0.03					1.4	1.16	2.33	2.7028
		Roca natural porosa	0.1					0.55			
		Mortero Cemento Arena	0.03					1.4			
		Roca natural porosa	0.1					0.55			
		Mortero Cemento Arena	0.04					1.4			
		Puente Térmico: Viga N° 1									
		Composición:									
Madera Eucalipto	0.18					0.29	0.69	1.61	1.1109		
Puente Térmico: Vestidura de derrame (en caso el proyecto lo contemple). Ver definición en numeral 5.53 del Glosario											
Ventana 1 (según plano)											
Composición:											
Yeso	0.02		4.08			0.3	0.082	1.49	0.121584		
TRANSMITANCIA (U1 final) = ESxU/ES								1.49 W/m²k			

Fuente: Elaboración propia.

Fórmula para el cálculo de la transmitancia térmica final según norma

La transmitancia térmica U final (U_{1A}^{final}) para muros de tipo 1 A. con cámara de aire y sin ella, se calcula con la siguiente fórmula:

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

Fuente: Norma (EM.110, 2014) paso N°4, numeral 9.

Donde.

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

$\sum S_i \times U_i$ Suma total de todos los productos “ $S_i \times U_i$ ” encontrados:

S x U de los tipos de ventanas

S x U de los tipos de carpintería de los marcos

S x U de los tipos de puertas

S x U de los muros sin cámara de aire

S x U de los muros con cámara de aire

S x U de los puentes térmicos "Columnas"

S x U de los puentes térmicos "Vigas"

S x U de los puentes térmicos "Sobrecimientos"

S x U de los puentes térmicos "Vestiduras de derrame"

S x U de los puentes térmicos "Caja de persianas"

Reemplazando valores en la fórmula tenemos:

$$U_{1A}^{final} = \frac{\sum S_i X U_i}{\sum S_i} = \frac{16.68}{8.76} = 1.49 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Este resultado (U_{1A}^{final}) se compara con la transmitancia térmica máxima (U_{max}) para muros, de acuerdo a la zona bioclimática respectiva, dada por la Tabla N° 2 de la Norma.

- ⇒ Si U_{1A}^{final} es menor o igual a U_{max} entonces el muro CUMPLE con la Norma
- ⇒ Si U_{1A}^{final} es mayor a U_{max} entonces el muro NO CUMPLE con la Norma.
El usuario deberá hallar otra solución

Tabla 24.

Tabla N° 2: Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m^2K

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U_{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo})	Transmitancia térmica máxima del 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, 2014) **Tabla N°2.**

El resultado final se compara con los valores de la norma

$$U_{1A}^{final} = 1.49 \frac{W}{m^2K} > 1.00 \frac{W}{m^2K}$$

NO CUMPLE

En conclusión, los muros tipo 1A del dormitorio 1 no cumplen con la transmitancia térmica necesaria para esta zona bioclimática.

3.7.2 Envoltente Tipo 2

A. Envoltente Tipo 2A

Identificación de las envolventes de tipo 2 en los planos (ver anexo) del dormitorio 1.

1. Ventanas

- Ventanas lado Oeste del dormitorio 1 (Ventana 6 y 7, según plano en corte)

Se comenzará a calcular la transmitancia térmica de las ventanas o mamparas que se paran el interior con el exterior que consta de dos partes: Vidrio o material transparente y marco o carpintería

Según la Norma, para el procedimiento del cálculo de las envolventes de las ventanas o mamparas del tipo 2 es la misma que se usa para para el tipo 1. Tal como se muestra en la siguiente imagen

1. Ventanas o mamparas: El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 1. Ventanas o mamparas.

Donde se lea S_1 , U_1 o $S_1 \times U_1$ deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_2 , U_2 o $S_2 \times U_2$.

Figura 63. Paso 5, numeral 1.

Fuente: (EM.110, 2014).

Paso 5, Numeral 1

- Para la transmitancia térmica del vidrio se calcula el área sin contar la carpintería

Ventana 6.

Área del vidrio de la ventana 6.

Área del vidrio = largo x ancho

$$S = 0.79\text{m} \times 0.33\text{m}$$

$$S = 0.26\text{m}^2$$

Ventana 7.

Área del vidrio de la ventana 6

Área del vidrio = largo x ancho

$$S = 0.79\text{m} \times 0.33\text{m}$$

$$S = 0.26\text{m}^2$$

Materiales de construcción

Nota: Ver Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)

Item 119: Vidrio Incoloro de 6mm tiene una transmitancia termica de ($U=5.7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) según la lista higrométrica de la norma EM.110.

Tabla 25.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Tipo 2	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA ($\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C/w}$)	Coefficiente Transmisión Térmica k ($\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$)	S1	U1	S1xU1
		Ventanas								
		Ventana 6								
		Tipo de vidrio: (Vidrio Crudo)								
		Vidrio incoloro de 6mm	0.006					0.26	5.7	1.48
		Ventana 7								
		Tipo de vidrio: (Vidrio Crudo)								
		Vidrio incoloro de 6mm	0.006					0.26	5.7	1.48

Fuente: Elaboración propia.

- Para la transmitancia térmica del marco de estas dos ventanas se identifica el tipo de material, se rellena es espesor, se calcula el área de la carpintería y se coloca la transmitancia.

Marco Ventana 6

Perímetro de marco = $2(\text{largo del marco de ventana}) + 2(\text{ancho del marco de ventana})$

$$\text{Perímetro marco} = 2(1.05\text{m}) + 2(0.53\text{m}) = 3.16\text{m}$$

S= espesor x perímetro

$$S = 0.13\text{m} \times 3.16\text{m}$$

$$S = 0.41\text{m}^2$$

Marco Ventana 7

Perímetro de marco = $2(\text{largo del marco de ventana}) + 2(\text{ancho del marco de ventana})$

$$\text{Perímetro marco} = 2(1.05) + 2(0.53) = 3.16\text{m}$$

S= espesor x perímetro

$$S = 0.13\text{m} \times 3.16\text{m}$$

$$S = 0.41\text{m}^2$$

Materiales de construcción

Nota: Ver Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)

Item 40: Maderas Livianas – tornillo, su densidad es de (200-565 kg/m³) según la lista higrométrica de la norma EM.110.

Tabla 26.

Transmitancia térmica según tipos de carpintería o marco de ventanas en muros tipo IA

Material	U (W/m ² K) vertical
Metálico	
Sin rotura de puente térmico (Ver definición en el Capítulo 5. Glosario, numeral 5.50)	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 ⁽¹⁾	
Madera de densidad media alta ¹ . Densidad: 700 kg/m ³	2,2
Madera de densidad media baja ¹ . Densidad: 500 kg/m ³	2,0
PVC ⁽²⁾	

Fuente: Norma (EM.110, 2014) **Tabla N°7.**

Tabla 27.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Tipo 2	Componentes	Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perimetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
	superficies y marcos transparentes o translúcidas, y puertas (verticales o inclinadas más de 60° con la horizontal)	Tipo de carpintería del marco								
		Ventana 6								
		Madera tornillo	0.13		3.16			0.41	2.00	0.82
		Ventana 7								
		Madera tornillo	0.13		3.16			0.41	2.00	0.82

Fuente: Elaboración propia.

2. Puertas (Puerta 7 según plano)

Se comienza a calcular la transmitancia térmica de las puertas que separan el interior con el exterior

- a) Llenar la celda “puerta I” escribiendo el tipo de puerta y el material de la hoja de puerta
- b) En la celda “Si” se coloca el área del vano
- c) En la celda U1 se coloca la transmitancia térmica de la hoja

Imagen de la puerta número 7 del dormitorio 1 del plano en corte

Dimensiones:

Área de la puerta número 7.

Altura de la puerta

$H = 1.96\text{m}$

Ancho de la puerta

Ancho = 0.76m

Área de la puerta = altura de la puerta x ancho de la puerta

$S = 1.49\text{m}^2$

Nota: las características de nuestra puerta número 7 de material madera hoja maciza de $1\frac{1}{2}$ " de espesor.

Tabla 28.

Transmitancia térmica por tipos de carpinterías o marcos de puertas para muros tipo 2A y 2B

Material	Transmitancia Térmica (U)W/m ² K
	Separación con ambiente no acondicionado
Carpintería o marco de madera y:	
Hoja maciza de madera (cualquier espesor)	2.0
Carpintería o marco metálico y:	
Hoja de metal	4.5
Hoja de vidrio sin carpintería	4.5

Fuente: Norma (EM.110, 2014) Tabla N° 10.

- (1) Para conocer las densidades según el tipo de madera, ver Anexo N° 3 - **Lista de características higrométricas de los materiales de construcción.**
- (2) Dos cámaras quiere decir que el marco de PVC posee 2 cavidades de aire. Tres cámaras, quiere decir que posee 3 cavidades de aire. Dichas cavidades deberán ser mayores a 5 mm de espesor para ser consideradas como cámaras.

Fuente: Norma (EM.110, 2014) **Tabla N°10.**

Tabla 29.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Hoja maciza de madera	0.035					1.49	2	2.98

Fuente: Elaboración propia.

3. Muros

Para hallar las resistencias superficiales, se colocan los siguientes datos como referencia según norma, tal como muestra la siguiente imagen:

Identificación de los tipos de envolvente en planta del dormitorio 1. (ver planos en Anexos)

3. Muros: El usuario deberá seguir el procedimiento del Paso 4, numeral 3. Muros.

Donde se lea S_1 , U_1 o $S_1 \times U_1$ deberá entenderse que para este paso corresponde a las celdas S_2 , U_2 o $S_2 \times U_2$. Asimismo, se debe tener en cuenta lo siguiente:

3.1 Para muros 2A sin cámara de aire

⇒ Ir al numeral 3.1 a) del Paso 4. En la celda ubicada en la intersección de la columna "U₂" y de la fila "Resistencia Superficial Externa (R_{se})", se coloca el siguiente valor: 0,11 W/m²K.

⇒ Ir al numeral 3.1 b) del Paso 4. En la celda ubicada en la intersección de la columna "U₂" y de la fila "Resistencia Superficial Interna (R_{si})", se coloca el siguiente valor: 0,11 W/m²K.

3.2 Para muros 2A con cámara de aire

Se debe aplicar el mismo procedimiento indicado en el numeral 3.2.2 a) utilizando los mismos valores de la Tabla N° 9.

Figura 64. Paso 5, numeral 3

Fuente: Norma (EM.110, 2014) paso 5, numeral 3.

Tabla 30.

Integrando los datos en el cuadro Excel según especifica la norma

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	Perímetro (m)	RST/RCA (m ² °C/w)	Coefficiente Transmisión Térmica k (W/m °C)	S1	U1	S1xU1
Resistencias superficiales								
Resistencia superficial extrema (R _{se})				0.11				
Resistencia Superficial interna (R _{si})				0.11				

Fuente: Elaboración propia.

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

Para el caso del dormitorio 1, los materiales de los muros tipo 2 son Yeso, adobe, triplay y madera machihembrada (tornillo)

**Materiales**

Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma)

Item 15, 26, 56 y 58: Yeso, adobe, triplay y madera machihembrada

Materiales: Estos muros cuentan con dos materiales, yeso, adobe, triplay y machihembrado.

Nota: *Ver Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)*

Item 15: Yeso, coeficiente de transmitancia termica (0.3 W/mK) según la lista higrométrica de la norma EM.110.

Item 26: Adobe, coeficiente de transmitancia termica (0.9 W/mk) según la lista higrométrica de la norma EM.110.

Item 56: triplay, coeficiente de transmitancia termica (0.14 W/mK) según la lista higrométrica de la norma EM.110.

Item 58: machihembrado, coeficiente de transmitancia termica (0.12 W/mk) según la lista higrométrica de la norma EM.110.

Hallando las áreas de los muros Tipo 2**Área Muro Norte sin cámara de aire (Tipo 2A)**

Altura total = altura del muro – altura del sobrecimiento

$$H = 2.11\text{m} - 0.30\text{m (sobrecimiento)} = 1.81\text{m}$$

Largo del muro norte

$$L = 2.05\text{m}$$

Área del muro = altura total del muro x largo del muro

$$S = 1.81\text{m} \times 2.05\text{m} = 3.71\text{m}^2$$

Indicado que este muro no cuenta con puertas ni ventanas

Nota: para indicar que en este lado del muro podemos encontrar dos tipos de muros una sin cámara de aire Muro A y la otra con cámara de aire Muro B. (ver plano)

**Área Muro Oeste (Tipo 2A)**

Muro A (sin cámara de aire)

Dimensiones

Altura total = altura del muro – altura del sobrecimiento

$$H = 2.11\text{m} - (0.30\text{m sobrecimiento}) = 1.81\text{m}$$

Largo del muro A.

$$L = 0.40\text{m}$$

Área del muro = altura total del muro x largo del muro

$$S = 0.72\text{m}^2$$

Este muro no cuenta con puertas ni ventanas.

Muro B (con cámara de aire)

Dimensiones

Altura total = altura del muro – altura del sobrecimiento

$$H = 2.11\text{m} - (0.30\text{m sobrecimiento}) = 1.81\text{m}$$

Largo del muro A.

$$L = 3.45\text{m}$$

$$S = 6.24\text{m}^2$$

Se excluye el área de las ventanas 6 y 7 según plano

Ventana 6

Altura de la ventana

$$H = 0.53\text{m}$$

Largo de la ventana

$$L = 1.05\text{m}$$

$$\text{Área} = 0.56 \text{ m}^2$$

**Ventana 7**

Altura de la ventana

$$H = 0.53\text{m}$$

Largo de la ventana

$$A = 1.05\text{m}$$

$$\text{Área} = 0.56 \text{ m}^2$$

Área total de ambas ventanas V6 y V7 = 1.12m²

⇒ Área total del Muro B (Área del muro - área de las ventanas 6 y 7)

$$S = 6.24 - 1.12 = 5.12\text{m}^2$$

Área Muro Sur sin cámara de aire (Tipo 2A)

Altura total = altura del muro – altura del sobrecimiento

$$H = 2.11 - 0.30 \text{ (sobrecimiento)} = 1.81\text{m}$$

Largo del muro

$$L = 2.18\text{m}$$

$$S = 1.81\text{m} \times 2.18\text{m} = 3.95\text{m}^2$$

Este muro no cuenta con puertas ni ventanas

Área Muro Superior o losa (Tipo 2B)

Dimensiones

$$\text{Largo de la losa} = 3.85\text{m}$$

$$\text{Ancho de la losa} = 2.18\text{m}$$

$$S = \text{Área total} = \text{largo} \times \text{ancho} = 8.39\text{m}^2$$

Materiales: Estos muros cuentan con dos materiales, yeso, adobe.

Nota: *Ver Lista de características higrométricas de los materiales de construcción (Anexo N° 03 de la Norma EM.110)*