

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL



**ESTRATEGIAS DE ARQUITECTURA ECOLÓGICA CON
BAMBÚ Y EL CONFORT TÉRMICO, EN EL PARQUE
NACIONAL DEL MANU, CUSCO**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRA EN ECOLOGÍA Y
GESTIÓN AMBIENTAL

AUTORA: Bachiller ARQ. TANIA MILUSKA CERRÓN OYAGUE

ASESOR: MSc. ARQ. HENRY LAZARTE REÁTEGUI

2016

Dedicatoria

A mis padres, Inés y Cesar por siempre estar presentes incondicionalmente.

A mi abuelita Carmen, mi musa inspiradora.

Al bambú, por su nobleza y por lo que haremos para el desarrollo de nuestros pueblos.

Al Dr. Víctor Morales Mondoñedo, por haber confiado en mí y en el bambú y haber acompañado este trabajo, que en paz descanse, muchas gracias profesor.

Agradecimientos

Quisiera expresar mi agradecimiento a las personas que hicieron posible y/o facilitaron mi trabajo para que esta tesis pudiera realizarse. Especialmente, a la Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica – ACCA, quien hizo posible el desarrollo de la tesis, a Cerrón Arquitectos SAC por su colaboración permanente, al Dr. Víctor Morales Mondoñedo por su asesoramiento permanente, a la Dra. Guisela Yábar y Dr. Rodrigo Arce jurado que acompaño y fortaleció mi trabajo desde el inicio, al Dr. Joaquín Lombira por su constante disponibilidad de ayuda y gestión, al Msc. Arq. Henry Lazarte Reátegui por su confianza, ayuda e impulso, a los ingenieros Francisco Castaño, Eduardo Ruiz, Ximena Londoño, quienes me brindaron sus conocimientos y facilitaron información, a los ingenieros Enrique Gonzales Mora y Rafael Torres, y al arquitecto amigo David Guzmán, por su apoyo y confianza, a la Sociedad Peruana del Bambú por ser el empuje de mi relación con el bambú y el desarrollo de mi país.

Al bambú por su nobleza, por su grandeza, por su magia y todas las energías que siempre me transmite que me mantuvieron iluminada en todo este proceso.

Gracias a mis padres por su inmensa paciencia, por toda la fuerza y confianza transmitida que me permitieron llegar a este logro, gracias a quienes partieron mi abuelita Carmen y mi tío Ismael, que me dieron aún más las energías para continuar, gracias a mi familia y amigos, gracias a todos los que estuvieron presentes en este camino.

Índice General

Resumen	xvi
Abstract	xvii
Capítulo I	
Planteamiento del Estudio	1
1.1 Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema y justificación del estudio	3
1.2.1 Planteamiento problema	3
1.2.2 Formulación del problema	6
1.2.2 Delimitación del problema	6
1.2.3 Importancia y justificación del estudio	8
1.2.3.1 La importancia del recurso renovable bambú para la construcción en el Perú – Amazonia.	10
1.2.3.2 Bambúes endémicos en la Amazonia	13
1.2.3.3 Importancia del bambú para Villa Carmen	16
1.3. Antecedentes relacionados con el tema	17
1.4. Objetivos generales y específicos	23
1.5. Limitaciones del estudio	23
Capítulo II	
Marco Teórico	25
2.1 Marco normativo, histórico y geográfico	25
2.1.1 Normas generales sobre ANP	25
2.1.2 El Parque Nacional del Manu	26
2.2. Bases teóricas relacionadas con el tema	27
2.2.1 Arquitectura Ecológica	27
2.2.2 Confort térmico	35
2.2.2.1 Balance Térmico del cuerpo humano y el confort	36
2.2.2.2 Ecuación de Confort Térmico	37
2.2.2.3 Estándares internacionales	38
2.2.2.4 Condiciones que proveen el Confort Térmico	40
2.2.2.5 Modelos de confort térmico	44
2.2.2.6 CBE Thermal Comfort Tool - ASHRAE Estándar 55	50

2.2	Hipótesis	56
2.3	Variables	56

Capítulo III

Metodología de Investigación	57
3.1. Diseño de investigación	57
3.2. Población y Muestra	59
3.2.1 Población de estudio	59
3.2.2 Diseño Muestral	59
3.3. Técnicas e instrumentos	62
3.4. Recolección de datos	63
3.4.1 Medio físico natural	63
3.4.1.1 Diagnóstico general de las plantaciones y poblaciones naturales de bambú	67
3.4.2 Especies de bambúes a utilizar y propiedades –Uso del bambú local	69
3.4.3 Sostenibilidad ambiental del bambú	75
3.4.3.1 Evaluación ambiental del bambú por impactos generados – Caso: construcción del Modelo – Cabaña de bambú en el PNM	76
3.4.3.2 Evaluación ambiental de la potencia regenerativa del bambú a través de la producción anual – Caso: Guadual natural manejado en la Amazonía	83
3.4.4 Materiales naturales y no naturales empleados	85
3.4.5 Diseño arquitectónico	92
3.4.5.1 Emplazamiento	92
3.4.5.2 Geometría y naturaleza	96
3.4.5.3 Forma y estructura	96
3.4.5.4 Espacialidad y función	98
3.4.5.5 Acondicionamiento ambiental	99
3.4.5.6 Contexto Socio – cultural	105
3.4.5.7 Criterios de diseño – bambú	106
3.4.6 Construcción	108
3.4.6.1 Recurso humano	108
3.4.6.2 Cantidad de bambúes	113
3.4.6.3 Evaluación de las prácticas ambientales	116

3.4.7	Diagnóstico de la aceptabilidad de los pobladores sobre el Modelo Arquitectónico- cabaña de bambú	123
3.4.8	Estimación del confort térmico	124
3.4.8.1	Modelado habitación local	130
3.4.8.1.1	Características básicas del ambiente	130
3.4.8.1.2	Predicción del confort térmico – habitación local	134
3.4.8.2	Modelado habitación experimental – Modelo	137
3.4.8.2.1	Características básicas del ambiente	137
3.4.8.2.2	Predicción del confort térmico– habitación experimental	141
Capítulo IV		
Resultados y análisis de resultados		146
4.1	Resultados	146
4.1.1	Resultados Confort Térmico	158
4.1.1.1	Simulación, aplicación del CBE Thermal Comfort Tool - Evaluación del confort térmico en la habitación local	158
4.1.1.2	Simulación, aplicación del CBE Thermal Comfort Tool - Evaluación del confort térmico en la edificación experimental	171
4.1.1.3	Comparación de condiciones de confort entre habitación local y habitación experimental.	198
4.1.1.4	Resultados de la simulación de la Habitación Local	202
4.1.1.5	Resultados de la simulación de la Habitación Experimental	203
4.1.1.6	Resultados de la comparación de condiciones de confort térmico entre habitación local y habitación experimental.	205
4.1.1.7	Resultados de la comparación de condiciones de confort entre habitación local y habitación experimental.	206
4.2	Análisis de resultados.	208
4.3	Lineamientos para la aplicación de estrategias de arquitectura ecológica con bambú y confort térmico en el Parque Nacional del Manu	214

Capítulo V	
Conclusiones y Resultados	217
5.1 Conclusiones	217
5.2 Recomendaciones	219
Referencias Bibliográficas	222
Anexo I	231
Anexo II	232
Anexo III	240
Anexo IV	258

Índice de Tablas

Tabla 1.1	Zonificación del Parque Nacional del Manu—superficie ocupada	7
Tabla 1.2	Producción anual de una plantación productiva de madera y bambú	12
Tabla 1.3	Bosques dominados por bambú en la Amazonia peruana (1995). Principales regiones y superficie estimada por región.	14
Tabla 1.4	Tasa de energía para la producción de materiales de construcción	19
Tabla 2.1	Diagrama de flujo del ciclo de vida de los edificios	32
Tabla 2.2	Aspectos y consideraciones principales para el diseño de una edificación ecológica	33
Tabla 2.3	Criterios de sostenibilidad en la elección de los materiales.	34
Tabla 2.4	Escala de valoración térmica	45
Tabla 2.5	Descripción del simulador CBE Thermal Comfort Tool	51
Tabla 3.1	Criterios y requisitos para el desarrollo del estudio y del Modelo Arquitectónico en la ZA del PNM.	58
Tabla 3.2	Características Climáticas Generales – Zona 8 Subtropical	64
Tabla 3.3	Recomendaciones de diseño y construcción para edificaciones bioclimáticas con eficiencia energética para la Zona Climática 8	66
Tabla 3.4	Lista de bambúes registrados	68
Tabla 3.5	Resultados de los ensayos: Contenido de Humedad—Corte—Compresión	74
Tabla 3.6	Resultados del 5to percentil supuesto en los ensayos de corte y compresión	74
Tabla 3.7	Valores admisibles tomando como referencia los factores de reducción de la madera y el bambú	75
Tabla 3.8	Límites del sistema y cadena de procesos bajo evaluación utilizados para la obtención del bambú como material, para la construcción del Modelo.	77
Tabla 3.9a	Aprovechamiento de guaduales naturales manejados por 1ha – Estado ideal de guaduales en la Amazonia.	78
Tabla 3.9b	Tallos comerciales aprovechables cada año y medio	78
Tabla 3.10	Lista general de las fases y procesos para la obtención del bambú como material – Caso Modelo—Cabaña de bambú	82

Tabla 3.11	Productividad anual por hectárea de tallos de bambú para construcción	84
Tabla 3.12	Lista de materiales de la estructura arquitectónica	85
Tabla 3.13	Emisiones totales y consumo de energía primaria de distintos medios de transporte de carga.	87
Tabla 3.14	Materiales - procedencia, recorrido y medio de transporte	87
Tabla 3.15	Participación de los materiales por componentes en el Modelo	90
Tabla 3.16	Propiedades térmicas de algunos materiales -Valores referenciales para los materiales del Modelo.	100
Tabla 3.17	Resumen entre las recomendaciones de diseño y construcción para del MVCS– DNC, y la respuesta de los parámetros para el diseño y construcción de una edificación ecológica” aplicado en el Modelo.	104
Tabla 3.18	Uso de las especies de bambú según los elementos de la estructura del Modelo	107
Tabla 3.19	Recurso humano empleado en la construcción	109
Tabla 3.20	Horario de trabajo y recurso humano empleado en los componentes 2, 3 y 4 (Bambú)	110
Tabla 3.21	Tiempo de trabajo empleado en la construcción del Modelo – Componentes 2, 3 y 4 (Bambú)	111
Tabla 3.22	Tiempo y rendimiento diario estimado en toda la construcción	112
Tabla 3.23	Resumen - Cantidad de bambúes a utilizar por especie y diámetro	114
Tabla 3.24	Resumen - Cantidad de bambúes utilizados, considerando el aprovechamiento del tallo según sus partes para uso en construcción.	115
Tabla 3.25	Límites del sistema y cadena de procesos bajo evaluación utilizados en la construcción del Modelo	117
Tabla 3.26	Límites del sistema y cadena de procesos para la recolección y procesamiento de datos utilizados en la evaluación del Confort Térmico del Modelo por comparación.	123
Tabla 3.27	Características de la habitación de la edificación local	133
Tabla 3.28	Datos ambientales externos	134
Tabla 3.29	Parámetros físicos ambientales - Interior habitación local	135
Tabla 3.30	Parámetros Personales - ocupantes en habitación local (L)	136
Tabla 3.31	Características de la habitación de la edificación experimental	140
Tabla 3.32	Datos ambientales externos	142
Tabla 3.33	Parámetros físicos ambientales - interior habitación experimental	143

Tabla 3.34	Parámetros Personales - Datos de los ocupantes en habitación experimental	144
Tabla 4.1	Criterios de sostenibilidad del bambú como material	147
Tabla 4.2	Parámetros para el Diseño y Construcción de una Edificación Ecológica.	150
Tabla 4.3	Cuadro de áreas	152
Tabla 4.4	Método PMV CBE Thermal Comfort Tool – Resultados de la simulación para habitación local	163
Tabla 4.5	Método Adaptativo CBE Thermal Comfort Tool – Resultados de la simulación para habitación local	169
Tabla 4.6	Método PMV CBE Thermal Comfort Tool – Resultados de la simulación para habitación experimental.	179
Tabla 4.7	Método Adaptativo CBE Thermal Comfort Tool – Resultados de la simulación para habitación experimental	188
Tabla 4.8	Comparación de condiciones confort CBE Thermal Comfort Tool Método PMV - habitación local frente habitación experimental	197
Tabla 4.9	Comparación confort Método Adaptativo CBE Thermal Comfort Tool - habitación local y habitación experimental	200
Tabla 4.10	Escala de sensación térmica de los ocupantes – Habitación local	205
Tabla 4.11	Escala de sensación térmica de los ocupantes – Habitación Experimental	206
Tabla 4.12	Lineamientos para la aplicación de estrategias de arquitectura ecológica con bambú y el confort térmico en el PNM, Cusco.	214
Tabla A1.1	Características de diseño convencional y ecológico	231
Tabla A2.1	Tabla de siglas y símbolos utilizados para el Confort Térmico	232
Tabla A2.2	Tazas metabólicas para tareas típicas	233
Tabla A2.3b	Aislamiento de las prendas	235
Tabla A3.1	Metrado de bambúes	246
Tabla A3.2	Cantidad de bambúes utilizados por especie y diámetro	247
Tabla A3.3	Ficha – Encuesta sobre el Modelo – cabaña de bambú	249
Tabla A4.1	Resultados - Percepciones del Modelo - cabaña de bambú en ACCA	258

Índice de Figuras

Figura 1.1	Mapa de ubicación del Parque Nacional del Manu y de su ZA	8
Figura 1.2	Comparación de fuerza y rigidez	11
Figura 1.3	Ocupación del bambú en la Amazonia (Brasil, Perú, Bolivia)	14
Figura 2.1	Rangos de temperaturas operativas para espacios naturalmente ventilados - estándar ASHRAE 55.	48
Figura 2.2	Diagrama psicrométrico - ASHRAE 55.	49
Figura 2.3	CBE Thermarl Comfort Tool	52
Figura 2.4	Visualizaciones de zona de confort térmica para las mismas condiciones de entrada (a) Diagrama Psicrométrico (b) Temperatura-Diagrama HR	53
Figura 2.5	Comparación de condiciones de confort	54
Figura 2.6	Visualización de la entrada	55
Figura 3.1	Mapa de localización de la Estación Biológica de Villa Carmen con respecto al Perú, Región y Parque Nacional del Manu	63
Figura 3.2	Zona Climática 8: Sub Tropical – Ubicación de la Zona Climática según Mapa del Perú.	65
Figura 3.3	Estado de las poblaciones de “paca”, genero <i>Guadua</i> .	67
Figura 3.4	Estado de una mata del género <i>Bambusa</i>	67
Figura 3.5	Estado de una mata del género <i>Dendrocalamus</i>	68
Figura 3.6	Mapa de ubicación de las especies de bambú seleccionadas	70
Figura 3.7	<i>G. sarcocarpa</i> – Culmo en habito	73
Figura 3.8	<i>D. asper</i> - Habito de crecimiento- mata	73
Figura 3.9	<i>B oldhamii</i> - Habito Erecto curvado en la punta	73
Figura 3.10	Mapa de ubicación de la Estación Biológica de Villar Carmen	93
Figura 3.11	Mapa de ubicación del terreno del Modelo en el campus de Villa Carmen	93
Figura 3.12	Vista del terreno (antes de la construcción)	94
Figura 3.13	Vista frontal desde el terreno	94
Figura 3.14	Proporción de la planta	97
Figura 3.15a	Cercha 1 inscrita en un rectángulo áureo + un cuadrado	97
Figura 3.15b	Cercha 1, triángulos utilizados	97
Figura 3.16	Cercha 2	98
Figura 3.17	Partido Arquitectónico – Orientación	107

Figura 3.18	Partido Arquitectónico – Techos	100
Figura 3.19	Vanos	102
Figura 3.20	Iluminación y Ventilación.	102
Figura 3.21	Vegetación	103
Figura 3.22	Vista panorámica de la comunidad de Santa Rosa de Huacarias	105
Figura 3.23	Bases – Encofrado	119
Figura 3.24	Estructuras y muros	120
Figura 3.25	Cerramiento – construcción en proceso	121
Figura 3.26	Cubierta, vista interior	122
Figura 3.27	Cerramiento y carpintería	122
Figura 3.28	Modelo final “cabaña de bambú”	122
Figura 3.29	Planta - Habitación local	131
Figura 3.30	Corte 1-1´ - Habitación local	131
Figura 3.31	Esquema de Planta - Habitación experimental	138
Figura 3.32	Esquema de Cortes - Habitación experimental	139
Figura 4.1	Cabaña de bambú – Esquema de la primera Planta	152
Figura 4.2	Cabaña de bambú – Esquema de las elevaciones	153
Figura 4.3	Cabaña de bambú – Esquema de la primera planta indicando bambúes	153
Figura 4.4	Cabaña de bambú – Esquema de las elevaciones indicando bambúes	154
Figura 4.5	Cabaña de bambú – Esquema de elevaciones con paneles	154
Figura 4.6	Cabaña de bambú – Esquema de plano de techo -correas	155
Figura 4.7	Cabaña de bambú – Cercha 1	155
Figura 4.8a	CBE-PMV-L-6.30am-Lima	159
Figura 4.8b	CBE-PMV-L-7.00am-Cusco	159
Figura 4.9a	CBE-PMV-L-1.10pm-Lima	160
Figura 4.9b	CBE-PMV-L-1.30pm –Cusco	160
Figura 4.10a	CBE-PMV-L-9.10pm-Lima	160
Figura 4.10b	CBE-PMV-L-9.30pm-Pilcopata	160
Figura 4.11a	CBE-PMV-L-7.00am-Lima	160
Figura 4.11b	CBE-PMV-L-7.30am-Pilcopata	161
Figura 4.12a	CBE-PMV-L-1.00pm-Lima	161
Figura 4.12b	CBE-PMV-L-1.20pm-Pilcopata	161
Figura 4.13a	CBE-PMV-L-8.30pm-Lima	161
Figura 4.13b	CBE-PMV-L-8.50pm-Pilcopata	161

Figura 4.14a CBE-PMV-L-6.30am-Lima	161
Figura 4.14b CBE-PMV-L-7.00am-Pilcopata	161
Figura 4.15a CBE-PMV-L-1.00pm-Lima	162
Figura 4.15b CBE-PMV-L-1.20pm-Pilcopata	162
Figura 4.16a CBE-PMV-L-9.10pm-Lima	162
Figura 4.16b CBE-PMV-L-9.30pm-Pilcopata	162
Figura 4.17a CBE-Adapt-L-6.30am-Lima	166
Figura 4.17b CBE-Adapt-L-7.00am-Cusco	166
Figura 4.18a CBE-Adap-L-1.10pm-Lima	166
Figura 4.18b CBE-Adap-L-1.30pm-Cusco	166
Figura 4.19a CBE-Adap-L-9.10pm-Lima	166
Figura 4.19b CBE-Adap-L-9.30pm-Pilcopata	166
Figura 4.20a CBE-Adap-L-7.00am-Lima	167
Figura 4.20b CBE-Adap-L-7.30am-Pilcopata	167
Figura 4.21a CBE-Adap-L-1.00pm-Lima	167
Figura 4.21b. CBE-Adap-L-1.20pm-Pilcopata	167
Figura 4.22a CBE-Adap-L-8.30pm-Lima	167
Figura 4.22b CBE-Adap-L-8.50pm-Pilcopata	168
Figura 4.23a CBE-Adap-L-6.30am-Lima	168
Figura 4.23b CBE-Adap-L-7.00am-Pilcopata	168
Figura 4.24a CBE-Adap-L-1.00pm-Lima	168
Figura 4.24b CBE-Adap-L-1.20pm-Pilcopata	168
Figura 4.25a CBE-Adap-L-9.10pm-Lima	168
Figura 4.25b CBE-Adap-L-9.30pm-Pilcopata	172
Figura 4.26a CBE-PMV-EX-8.00am-MD	172
Figura 4.26b CBE-PMV-EX-8.30am-Lima	172
Figura 4.26c CBE-PMV-EX-10.00am-USA	173
Figura 4.27a CBE-PMV-EX-2.00pm-USA	173
Figura 4.27b CBE-PMV-EX-2.20pm-Lima	173
Figura 4.27c CBE-PMV-EX-3.00pm-MD	173
Figura 4.28a CBE-PMV-EX-6.30pm-Lima	174
Figura 4.28b CBE-PMV-EX-6.50pm-MD	174
Figura 4.28c CBE-PMV-EX-8.40pm-USA	174
Figura 4.29a CBE-PMV-EX-9.10am-Lima	174

Figura 4.29b CBE-PMV-EX-9.30am-Pilcopata	174
Figura 4.29c CBE-PMV-EX-10.00am-USA	175
Figura 4.30a CBE-PMV-EX-2.00pm-USA	175
Figura 4.30b CBE-PMV-EX-3.00pm-Lima	175
Figura 4.30c CBE-PMV-EX-3.20pm-Pilcopata	175
Figura 4.31a CBE-PMV-EX-6.10pm-Lima	176
Figura 4.31b CBE-PMV-EX-6.30pm-Pilcopata	176
Figura 4.31c CBE-PMV-EX-8.00pm-USA	176
Figura 4.32a CBE-PMV-EX-8.00am-Lima	176
Figura 4.32b CBE-PMV-EX-8.30am-Pilcopata	176
Figura 4.32c CBE-PMV-EX-9.00am-USA	174
Figura 4.33a CBE-PMV-EX-2.00pm-USA	174
Figura 4.33b CBE-PMV-EX-2.20pm-Pilcopata	174
Figura 4.33c CBE-PMV-EX-3.00pm-Lima	177
Figura 4.34a CBE-PMV-EX-6.30pm-Lima	178
Figura 4.34b CBE-PMV-EX-6.50pm-Pilcopata	178
Figura 4.34c CBE-PMV-EX-8.30pm-USA	178
Figura 4.35a CBE-Adap-EX-8.00am-MD	182
Figura 4.35b CBE-Adap-EX-8.30am-Lima	182
Figura 4.35c CBE-Adaptative-EX-10.00am-USA	182
Figura 4.36a CBE-Adap-EX-2.00pm-USA	182
Figura 4.36b CBE-Adap-EX-2.20pm-Lima	182
Figura 4.36c CBE-Adaptative-EX-3.00pm-MD	183
Figura 4.37a CBE-Adap-EX-6.30pm-Lima	183
Figura 4.37b CBE-Adap-EX-6.50pm-MD	183
Figura 4.37c CBE-Adaptative-EX-8.40pm-USA	183
Figura 4.38a CBE-Adap-EX-9.10am-Lima	184
Figura 4.38b CBE-Adap-EX-9.30am-Pilcopata	184
Figura 4.38c CBE-Adaptative-EX-10.00am-USA	184
Figura 4.39a CBE-Adap-EX-2.00pm-USA	184
Figura 4.39b CBE- Adap-EX-3.00pm-Lima	184
Figura 4.39c CBE- Adap-EX-3.20pm-Pilcopata	184
Figura 4.40a CBE-Adap-EX-6.10pm-Lima	185
Figura 4.40b CBE-Adap-EX-6.30pm-Pilcopata	185

Figura 4.40c CBE-Adaptative-EX-8.00pm-USA	185
Figura 4.41a CBE-Adap-EX-8.00am-Lima	186
Figura 4.41b CBE-Adap-EX-8.30am-Pilcopata	186
Figura 4.41c CBE-Adaptative-EX-9.00am-USA	186
Figura 4.42a CBE-Adap-EX-2.00pm-USA	186
Figura 4.42b CBE-Adap-EX-2.20pm Pilcopata	186
Figura 4.42c CBE-Adaptative-EX-3.00pm-lima	187
Figura 4.43a CBE-Adap-EX-6.30pm-Lima	187
Figura 4.43b CBE-Adap-EX-6.50pm-Pilcopata	187
Figura 4.43c CBE-Adaptative-EX-8.30pm-USA	187
Figura 4.44a CBE-PMV Local-Experimental-ocupante A – mañana 31-07	192
Figura 4.44b CBE-PMV Local-Experimental-ocupante B – mañana 31-07	192
Figura 4.45a CBE-PMV Local-Experimental-ocupante A – tarde 31-07	192
Figura 4.45b CBE-PMV Local-Experimental-ocupante B – tarde 31-07	192
Figura 4.46a CBE-PMV Local-Experimental-ocupante A – noche 31-07	193
Figura 4.46b CBE-PMV Local-Experimental-ocupante B – noche 31-07	193
Figura 4.47a CBE-PMV Local-experimental-ocupante A – mañana 01-08	193
Figura 4.47b CBE-PMV Local-experimental-ocupante B – mañana 01-08	193
Figura 4.48a CBE-PMV Local-experimental-ocupante A – tarde 01-08	194
Figura 4.48b CBE-PMV Local-experimental-ocupante B – tarde 01-08	194
Figura 4.49a CBE-PMV Local-experimental-ocupante A – noche 01-08	194
Figura 4.49b CBE-PMV Local-experimental-ocupante B – noche 01-08	194
Figura 4.50a CBE-PMV Local-experimental - ocupante A – mañana 02-08	195
Figura 4.50b CBE-PMV Local-experimental - ocupante B – mañana 02-08	195
Figura 4.51a CBE-PMV Local-experimental-ocupante A – tarde 02-08	195
Figura 4.51b CBE-PMV Local-experimental-ocupante B – tarde 02-08	195
Figura 4.52a CBE-PMV Local-experimental-ocupante A – noche 02-08	196
Figura 4.52b CBE-PMV Local-experimental-ocupante B – noche 02-08	196

Resumen

El presente trabajo de tesis desarrolla las estrategias de arquitectura ecológica con bambú y el confort térmico en el Parque Nacional del Manu, Cusco, específicamente para el Sector I de la Zona de Amortiguamiento. El estudio elige al bambú, por sus múltiples aportes en lo ambiental, económico y social y por ocupar una superficie significativa de especies nativas del género *Guadua* en la Amazonia peruana, como principal componente para proponer estrategias de arquitectura ecológica que contribuyan a la conservación de un Área Natural Protegida de importancia a nivel mundial como lo es el Parque Nacional del Manu, el cual viene siendo amenazado por diversas acciones antrópicas, principalmente su Zona de Amortiguamiento, agravadas por los efectos del cambio climático y las necesidades económicas y de habitabilidad de la población. Estrategias que a su vez contemplen el confort térmico de las personas que habitaran en ese medio físico natural, con mínimo uso de energía para el caso del estudio. Se consideran dos ejes prioritarios para diseñar las estrategias: el Medio físico natural y el Uso del bambú, con la selección de tres especies locales una nativa del género *Guadua* y dos exóticas de los géneros *Bambusa* y *Dendrocalamus*; y el Diseño y Construcción. Cada uno con sus propios componentes y fases que se relacionan entre sí, planteando al mismo tiempo una correlación integrada entre todos. Estrategias que son aplicadas con la ejecución de un Modelo Arquitectónico – Cabaña de bambú, validado por los pobladores, y en el cual que se estiman las condiciones térmicas tomando como muestra representativa la evaluación de una de sus habitaciones, ambiente con ventilación natural, para ser comparada con las condiciones de térmicas de una habitación de una edificación local, con características similares en cuanto la ventilación y uso de materiales naturales y la sensación del poblador local. Para lo cual se plantea y desarrolla un sistema y cadena de procesos para la recolección y procesamiento de datos, utilizando para la predicción térmica el simulador virtual CBE Thermal Comfort Tool - estándar ASHRAE 55, con sus aplicaciones: modelo PMV y modelo Adaptativo de Confort. Con la estimación térmica se evalúa si se consideraron y aplicaron adecuadamente los lineamientos del primero y segundo eje. De esta manera se logra diseñar, emplear y validar las estrategias de arquitectura ecológica con bambú y el confort térmico en el PNM, Manu, Cusco.

Palabras claves: arquitectura ecológica, bambú, confort térmico con bambú, estrategias, materiales naturales renovables, sostenibilidad, hábitat con bambú.

Abstract

This thesis develops architectural ecological strategies using bamboo and thermal comfort at the Manu National Park, Cusco, specifically for Section I of the Damping Area. The study chooses bamboo as main component to propose ecological architectural strategies that would help the conservation of a Natural Protected Area of worldwide importance such as the Manu National Park, because of its multiple contributions in environmental, economical and social aspects, and because it is a significant part of the native species of the *Guadua* genus in the Peruvian Amazon. The Manu -mainly the Damping Area- is currently affected by the human action, aggravated by the climate change effects and the financial-residential needs of the population. These strategies contemplate the thermal comfort of the people that would live in this environment, with minimal use of the energy, in the case of the study. Two main axes that have been taken into consideration in order to design the strategies are: the Natural physical environment and the Use of bamboo, with the selection of three local species, a native one of the *Guadua* genus, and two exotical ones of the *Bambusa* and *Dendrocalamus* genus. Plus, we've considered the Design and Construction. Each of these components and phases are related and we propose at the same time, an integral correlation between all of them. These strategies are applied with the execution of the Architectural Model - Bamboo Shack, which is validated by the population. The thermal conditions are estimated taking as a representative sample the evaluation of one of the rooms, an environment with natural ventilation, to be compared to the thermal conditions of a local building, with similar characteristics in terms of ventilation, use of natural materials, and the sensation of the local people. To achieve this purpose, we propose and develop a system and process chain to collect and process data, using for the thermal predictions the virtual simulator CBE Thermal Comfort Tool - standard ASHRAE 55, with its application: model PMV and adaptative model of comfort. The thermal estimate will be evaluated considering and applying appropriately, the guidelines of the first and second axes. In this way we manage to design, employ and validate strategies of architectural ecological bamboo and thermal comfort at the PNM, Manu, Cusco.

Key words: ecological architecture, bamboo, thermal comfort with bamboo, natural strategies, renewable natural material, sustainability, habitat with bamboo.

Capítulo I

Planteamiento del estudio

1.1 Introducción

Todos los países del mundo cuentan con áreas protegidas de diferente tipo, cuyo nivel de protección depende de lo propicia que sea la legislación nacional. Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) define un área protegida como: un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados. Son áreas de importancia excepcional para la sociedad que en un período en que aumenta la demanda de recursos y se reducen los presupuestos de los gobiernos, se hace necesario formular nuevos planteamientos para conseguir que las áreas protegidas puedan, seguir contribuyendo al bienestar, de la sociedad (Mc.Neely J.A., 1992).

El Perú tiene organizado a sus Áreas Naturales Protegidas en 10 bajo el Sistema Natural de Áreas Naturales Protegidas (SINANPE) regentado por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), del Ministerio del Ambiente (MINAM).

Así, una de las áreas que protege una de las zonas más importantes del planeta en cuanto a la mega diversidad de especies biológicas y que alberga una gran riqueza de recursos naturales renovables utilizables, es el Parque Nacional del Manu, entre la región del Cusco y Madre de Dios. Ubicado dentro del sector de la Amazonía, que cuenta con la mayor superficie a nivel nacional de bosques naturales dominados por bambúes nativos del género guadua, denominados pacales. Poblaciones que cubren extensiones significativas dentro del Parque y en su Zona de Amortiguamiento, las cuales no vienen siendo manejadas ni aprovechadas sosteniblemente. Su uso es artesanal y local en mínima escala por las comunidades nativas y centros poblados amazónicos, en algunos casos como elementos temporales para sus viviendas.

Es así, que el bambú se presenta en esta zona como un recurso de gran valor latente: una planta milenaria, noble, bella y fuerte. En las últimas dos décadas, la atención sobre la gramínea viene siendo creciente debido a los beneficios que aporta en lo ambiental, económico y social, distinguiéndola como un recurso renovable potencial para un futuro sostenible. Estudios realizados hasta la fecha han demostrado particularmente, el potencial de sus propiedades físico mecánicas. Como lo menciona Hidalgo (1974) la estructura de su tallo es quizá la más perfecta de la naturaleza. Su ligereza, resistencia y flexibilidad, son sus principales características.

La importancia y vulnerabilidad que tiene el Parque Nacional del Manu, sus recursos naturales como el bambú y la sostenibilidad del futuro de los pueblos amazónicos, que vienen enfrentando problemas de la habitabilidad, sumado a los efectos del cambio climático, son las bases del presente trabajo de tesis.

Por lo que se considera trascendental evaluar las consecuencias futuras de nuestra intervención en el ambiente y responder con estrategias innovadoras, responsables ante la sociedad, la economía y la ecología, son tareas del diseño e investigación. En tal sentido la participación de la arquitectura y de tecnologías constructivas, no deben considerarse aisladamente de su impacto en el ambiente, por el contrario su relación es estrecha y su aporte debe ser mantener el equilibrio con el contexto.

La ecología y sostenibilidad en la arquitectura, está directamente relacionado con la sostenibilidad del ambiente y de los asentamientos humanos, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las poblaciones, cumpliendo un papel fundamental el medio físico natural donde se desarrolla, la elección de los materiales, el diseño y el empleo de tecnologías apropiadas que proporcionen además un hábitat térmicamente confortable. Pensar en el uso sostenible de los recursos naturales, renovables y locales para la construcción se presenta como una opción prometedora para las sociedades futuras.

Es así que el presente trabajo desarrolla las estrategias de arquitectura ecológica con bambú que generen condiciones de confort térmico en el Parque Nacional Manu, Cusco, específicamente para el Sector I de la Zona de Amortiguamiento. Considerando principalmente dos ejes estratégicos: el Medio físico natural y Uso del bambú y el diseño y construcción que serán aplicados en un Modelo, el mismo que posteriormente será evaluado en relación a sus condiciones térmicas, lo que definirá el resultado de la tesis.

1.2. Planteamiento del problema y justificación del estudio

1.2.1 Planteamiento del problema

La humanidad enfrenta los efectos del Cambio Climático, que se presenta como un problema global y se manifiesta con mayor intensidad en los países en desarrollo, atribuido directa o indirectamente a la actividades humanas, producto de procesos negativos de desarrollo desde el punto de vista ecológico y social, en la tecnología, el mal uso y sobre explotación de los recursos naturales, causándola alteración de la composición de la atmósfera mundial que repercute en la variabilidad del clima. Dando como resultado el deterioro del ambiente y el aumento de la vulnerabilidad de los ecosistemas naturales y de la misma humanidad frente a las posibles afectaciones adversas.

Frente a este escenario, es relevante la postura de la Arquitectura frente al ambiente y a la adaptación del Cambio Climático. Las edificaciones convencionales y sus procesos constructivos no participan de una responsabilidad ambiental, no se adecuan a los procesos climáticos y no contribuyen a revertir tales situaciones que puedan hacer frente al riesgo de desastres. Más aun en países ricos en recursos naturales, que pueden disponer de materiales naturales renovables, que aprovechados racionalmente y adecuadamente, con tecnologías

apropiadas y soluciones preventivas y de adaptabilidad, tengan un comportamiento armonioso con el ambiente y el contexto socio cultural, que ayudarían a enfrentar el problema global y contribuirían a la sostenibilidad y mejor calidad de vida para las futuras sociedades.

El Perú, es uno de ellos, siendo uno de los diecisiete países megadiversos del planeta, por ser el poseedor de más del 70 % de la biodiversidad del planeta (MINAM, 2014), y su región oriental tropical andino-amazónica es reconocida a nivel mundial como conservación prioritaria. Sin embargo, subsisten problemas estructurales sin resolver, como la pobreza e inequidad, agravados por los efectos del cambio climático con los fenómenos hidrometeorológicos y actividades antropogénicas que agudizan los impactos ambientales negativos y que se incrementan cada año y ponen en riesgo la vida de los ecosistemas y de la población. La región amazónica, particularmente, enfrenta un promedio anual de alrededor de 261 158 ha deforestadas, a razón de 725 ha por día (Schwartz, 2004) y aumenta a medida que las poblaciones rurales dependen de los recursos naturales para su subsistencia por lo que se necesitan con urgencia nuevas alternativas de productividad sostenible que sustituyan la utilización de la madera. Sumado a ello, por su ubicación geográfica que aunada a las características geológicas naturales han determinado ser considerado como el tercer país más vulnerable del mundo (MINAM, 2011).

El Perú cuenta con abundantes recursos de bambú, 64 especies (Tovar, 1993), distribuidas en aproximadamente 71,000 km², de superficie, especialmente en el suroeste del Amazonas, donde ocupa 36,000.00 km² (INRENA, 1999, FAO, 2007) de selva tropical, dominadas por bambúes nativos del género *Guadua*. Sin embargo, los forestales y agricultores locales no tienen conocimiento de cómo gestionar de manera sostenible los bosques de bambú. Los nativos conocen y utilizan el recurso para algunos objetos y actos ceremoniales, pero no conocen del potencial del recurso en la construcción y su posibilidad de productos industriales. Los usos siguen siendo artesanales y rudimentarios. Lo que ha dado como resultado un bajo aprovechamiento del recurso bambú en la región amazónica.

En esta zona suroeste del Amazonas se encuentra además una de las Áreas Naturales Protegidas más importantes del Perú y el mundo, el Parque Nacional del Manu, en el cual también existen poblaciones significativas de bambúes nativos, sin embargo presenta serios problemas causados por las actividades humanas, principalmente procedentes de la Zona de

Amortiguamiento (especialmente en las fronteras este y suroeste: Sector I), cuyos impactos originan presiones diversas o causan deterioro sobre los ecosistemas, especies de flora y fauna nativas. Que aún no se resuelven pues no se consideran planes integrales de gestión y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales en la zona, con nuevas opciones que reemplacen a la madera, que involucren estrategias de arquitectura ecológica que contemplen el medio físico natural, el uso de materiales locales naturales como el bambú , el adecuado diseño y construcción con tecnologías apropiadas, con soluciones de adaptabilidad, con confort térmico, que contribuyan a la sostenibilidad y mejor calidad de vida de la población que habitan en la Zona de Amortiguamiento y áreas de influencia.

Es de vital importancia priorizar la conservación de nuestros recursos naturales y la biodiversidad, son fundamentales para la sociedad y para las propuestas de desarrollo sostenible, por lo cual se deben establecer medidas especiales, promoviendo la participación y el compromiso de la sociedad peruana; establecer e implementar mecanismos para su conservación, entre los cuales las Áreas Naturales Protegidas – ANP, juegan un rol preponderante.

La Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional del Manu se divide a su vez en tres sectores: Sector I, cuencas del río Alto Madre de Dios y del Kosñipata, Sector II, cuenca del río Mapacho, y Sector III, las cuencas de los ríos Camisea y Mishagua. Estas zonas comparten ecosistemas con el PNM, que las hace también zonas sensibles y de protección y requieren un tratamiento especial que garantice la conservación del Parque. Por lo que debe servir de marco para la planificación y manejo ordenado de las actividades antrópicas, desarrollando estrategias que respeten los valores naturales, sociales, culturales y científicos existentes, y con una clara conciencia de la importancia del Parque para la población local, regional, nacional y la comunidad internacional.

1.2.2 Formulación del problema

Problema principal

¿De qué manera las estrategias de arquitectura ecológica con bambú tienen implicancia en el confort térmico en el Parque Nacional del Manu, Cusco?

Problemas secundarios:

1. Cómo el medio físico utilizando materiales naturales locales: bambú, interviene en las estrategias de arquitectura ecológica y tiene implicancia en el confort térmico en el Parque Nacional del Manu, Cusco?
2. Cómo el diseño y construcción del modelo arquitectónico intervienen en las estrategias de arquitectura ecológica con bambú y tienen implicancia en el confort térmico en el Parque Nacional del Manu, Cusco?

1.2.3 Delimitación del problema

Para atender esta situación que está latente en el Parque Nacional del Manu y poder plantear alternativas, es necesario reconocer los recursos naturales locales, como lo es el bambú, su potencial como recurso renovable y material, sus posibilidades de uso, que podrían ser aprovechados sosteniblemente y servir para plantear estrategias que puedan dar soluciones edificatorias ecológicas en las zonas de amortiguamiento, contemplando el proceso de variabilidad climatológica.

El Parque Nacional del Manu (PNM) se ubica al sur este del Perú, en el sector oriental de la Cordillera de los Andes y borde occidental de la cuenca amazónica, en los departamentos de Cusco (Paucartambo, Kosñipata) y Madre de Dios (Manu, Fitzcarrald y Manu).

El Parque Nacional del Manu se subdivide en 6 zonas de acuerdo a sus características y prioridades de conservación y ha delimitado una zona de amortiguamiento en su entorno como medida de protección, ocupando las siguientes superficies:

Tabla 1.1 Zonificación del Parque Nacional del Manu – Superficie (MINAM, 2014)

Zonificación	Porcentaje (%)	Superficie legal (ha)
Zona de protección estricta (ZPE)	84.95	1,458,076.74
Zona de recuperación (ZR)	0.92	15,849.72
Zona de uso especial (ZUE)	2.31	39 697.04
Zona de uso turístico y recreativo (ZUTR)	0.71	12,211.81
Zona histórico-cultural (ZHC)	1.07	18 363.24
Zona silvestre (ZS)	10.03	172,096.67
Total	100.00	1,716,295.22
ANP Parque Nacional del Manu	72.03	1,716,295.22
Zona de amortiguamiento (ZA)	27.97	666,413.14
Total con Zona de Amortiguamiento	100.00	2,382,708.36

La Zona de Amortiguamiento-ZA del PNM, tiene una extensión de 666,413.14 ha (6,664.13 km²) y está dividida en tres sectores (Figura 1.2) cada uno con sus características propias.

El presente estudio dirige su atención al Sector I, de las cuencas del río Alto Madre de Dios y del Kosñipata, debido a las características de sus ecosistemas donde hay presencia de poblaciones del recurso bambú, así como se encuentra la mayor población humana colindante al Parque, que tienen necesidades económicas, que hace que utilicen los recursos del bosque de manera poco sostenible, así como problemas de vivienda precaria, existencia de algunos albergues turísticos, construidos con material convencional y/o madera, poco sostenibles, en donde aún no han sido degradado todos los bosques pero existe un problema grave latente que es el narcotráfico, aun así tienen un gran potencial para el turismo. Están las capitales distritales de Pilcopata (Cusco), Villa Salvación (Madre de Dios) y Boca Manu (Madre de Dios). Así como se sitúan otros pueblos como Patria y algunas comunidades nativas Harakmbut, Piro o Yine y Matsiguenka.

Las poblaciones podrían ser beneficiadas mejorando su calidad de vida, su vivienda, fomentando un turismo sostenible con hospedajes ecológicos con un recurso natural local, generando ingresos económicos, revalorando la cultura de los pueblos amazónicos, dándole identidad a los poblados, fomentando la cultura del recurso endémico bambú.

En este contexto, se identifica un lugar dentro de este Sector I de la Zona de Amortiguamiento del PNM para el desarrollo del estudio, en la Estación Biológica de Villa Carmen de la Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA).



Figura 1.1. Mapa de ubicación del Parque Nacional del Manu y de su ZA (SERNANP, 2014).

1.2.3 Importancia y justificación del estudio

En un contexto macro, el presente trabajo analiza y evalúa el proceso de adaptación al cambio climático, formulando estrategias que reduzcan el riesgo y la vulnerabilidad y se exploten oportunidades en beneficio de la sostenibilidad del área de estudio, para su aplicación en la arquitectura ecológica, con perspectiva de ampliarlo a nivel nacional. Dentro de estas estrategias se estudia lo que ofrece el medio físico natural, la posibilidad de uso del recurso renovable bambú, valorado a nivel mundial, por las bondades que ofrece para el ambiente y por su diversidad de usos. En particular darle valor al bambú local, rescatando el género y especies endémicas del país, específicamente las de la zona.

El estudio se propone impulsar a continuar con la investigación de tres especies de bambú de los géneros: *Guadua*, *Dendrocalamus* y *Bambusa*, como material para la construcción de edificaciones ecológicas, por sus propiedades físicas mecánicas y térmicas, con la factibilidad de regular y generar condiciones de confort térmico, así también por su contribución en la mitigación a la contaminación de los procesos constructivos. Planteando

un modelo arquitectónico ecológico, en armonía con el paisaje y respetando el contexto socio cultural.

A nivel regional estudia y plantea estrategias, para el largo plazo, como la reducción de emisiones contaminantes, ahorro de energía y la recuperación de la identidad de la Región, con la propuesta del uso de materiales naturales locales, en un diseño ecológico con técnicas constructivas apropiadas. Impulsando además, a generar y adoptar políticas claras que incorporen medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, asociado a promover la aplicación de una arquitectura ecológica con bambú con condiciones de confort térmico, que contribuya al desarrollo sostenible. Sumado a ello revalorar y potenciar una especie endémica y representativa del Perú, por la densidad que ocupa en la Amazonia Peruana, como la *Guadua sarcocarpa*.

En tal sentido la adopción de tecnologías innovadoras, con utilización de materiales naturales renovables, locales y mecanismos de mercado, abren oportunidades y/o posibilidades de adaptación y mitigación sosteniblemente, contribuyendo a dar soluciones para el hábitat humano, a generar cadenas productivas y oportunidades de empleo, los mismos de no mediar parámetros ecológicos, los riesgos ambientales pueden incrementar. Más aun, en las zonas con mayor sensibilidad frente a los impactos, como los son las áreas naturales protegidas.

Las Áreas Naturales Protegidas son los espacios continentales y/o marítimos del territorio nacional expresamente reconocidos y declarados como tales, incluyendo o sus categorías, para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país, las cuales contribuyen patrimonio de la Nación, debiendo ser mantenida s condición natural a perpetuidad (Ley N° 26834), y son protegidas por el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE)

El Parque Nacional del Manu es una Área Natural Protegida, ocupando el tercer lugar en extensión en el Perú. El Parque es una de las pocas áreas protegidas del mundo que alberga una diversidad tan grande de ecosistemas, es considerado una de las regiones fitogeográficas con mayor diversidad biológica en el mundo (Foster, 1990, Gentry, 1990 citado por Londoño 1996)

La Estación Biológica de Villa Carmen y su reserva de 3,066 Has., ubicada en la Reserva de la Biosfera del Manu (declarado por el programa el Hombre y la Biosfera, de la UNESCO), consolida áreas adyacentes al Parque Nacional del Manu y especialmente dos especies del género *Guadua*: *Guadua weberbaueri* y *Guadua sacocarpa*, que no han sido investigadas ni aprovechadas sosteniblemente, así como en menor escala matas de diferentes bambúes introducidos, con valor económico a nivel mundial, que se han adaptado con gran naturalidad y al igual que las otras especies no vienen siendo aprovechadas adecuadamente.

1.2.3.1 La importancia del recurso renovable bambú para la construcción en el Perú - Amazonia

El bambú se presenta como una alternativa prometedora para ayudar a satisfacer la creciente demanda de materias primas y de la madera en particular. Así el bambú puede desempeñar un papel importante en el lado de la oferta (área x bioproductividad = biocapacidad) de la Huella Ecológica, para atender las futuras necesidades humanas de fibras y madera utilizadas como insumo para la vivienda.

El bambú y el ratán se consideran los dos Productos Forestales No Maderables (PFNM) más importantes (Belcher 1999, citado por Van der Lugt P. et al. 2009). Sin embargo, mientras que la madera como material renovable ha sido adoptada masivamente en los mercados, el bambú no es aún muy conocido ni valorado.

Se estima que existen alrededor de 1200 especies de bambú y 70 géneros en todo el mundo (CBRC, 2011). En el Nuevo Mundo se reportan 42 géneros y 515 especies, lo que equivale casi a la mitad de la diversidad mundial (Londoño, 1996). En las últimas dos décadas, la atención sobre el bambú viene siendo creciente debido a los beneficios que aporta en lo ambiental, económico y social, distinguiéndolo como un recurso renovable potencial para un futuro sostenible.

Entre los principales servicios ambientales que presentan las poblaciones de bambú están, control de la erosión, regulación hídrica en cuencas hidrográficas, aporte de materia orgánica en los suelos, captura de CO₂, conservación de la biodiversidad y embellecimiento del paisaje promocionando el ecoturismo, entre otros.

El bambú, viene sirviendo al hombre desde tiempos prehistóricos. En África, Asia y América Latina, está estrechamente relacionado con la cultura y conocimientos de los indígenas (FAO, 2007). De acuerdo con INBAR, cerca de la mitad de la población mundial, estimada en 5 billones de personas, están asociadas con el comercio y los usos del bambú, lo cual se estima en US\$ 7 billones y cerca de un billón de personas viven en casas de bambú (Castaño, 2001). Además de sus usos tradicionales en la construcción, fabricación de muebles, artesanía y alimentación, el bambú es cada vez más aceptado como un sucedáneo de la madera, inocuo para el medio ambiente y rentable, por lo que se viene estudiando, utilizando e innovando productos industrializados como papel, tableros, paneles, materiales para piso y techo, productos compuestos, carbón vegetal entre otros.

Según van der Lugt, van den Dobbelsteen y Janssen (2005), se espera que el bambú, como recurso renovable, de rápido crecimiento, con un proceso de producción simple, sea una alternativa sostenible para los materiales estructurales comúnmente usados, como el hormigón, el acero y la madera. El bambú tiene un diseño estructural natural muy eficiente, debido a su morfología (hueco) y composición de las fibras en dirección longitudinal, siendo la característica más importante del material la relación del peso por el volumen. Esta eficiencia la demuestra en un estudio Janssen (2000), donde compara el bambú con otros materiales e cuanto a la fuerza y la rigidez entre su masa por volumen. (Figura 1.2)

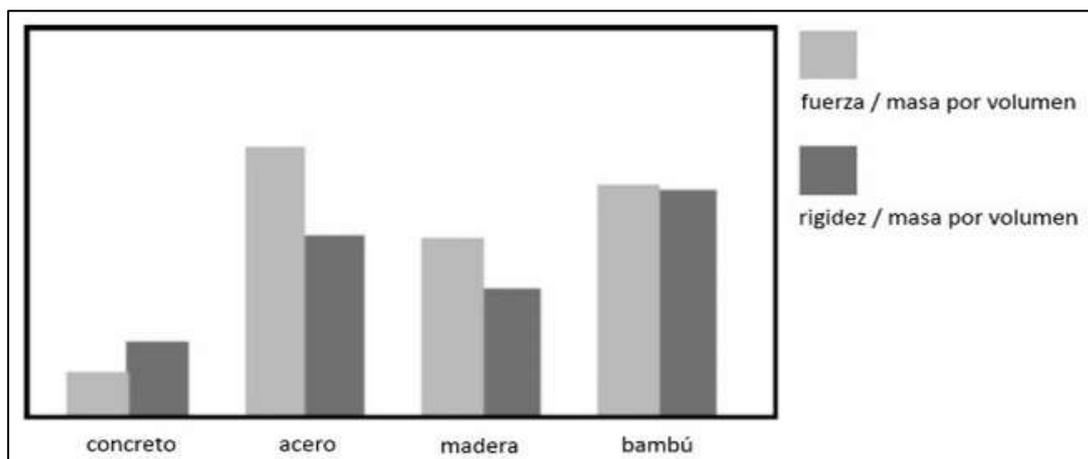


Figura 1.2. Comparación de fuerza y rigidez (Janssen, 2000, van der Lugt, et al., 2005)

El peso y volumen del bambú como materia prima, es otro factor favorable en la construcción sostenible, pues disminuye el transporte.

El bambú se puede utilizar en su totalidad, por lo que no genera residuos, todo es útil o se reutiliza, sus usos son de acuerdo a las características del segmento del tallo.

La vida útil de una construcción con bambú depende en gran parte del cuidado y mantenimiento que se requiere para el material, el mismo que se puede hacer con sustancias naturales. Al fin del edificio, el reciclaje es un tema importante en el sistema constructivo con bambú, debido a que el total del material se puede reciclar y ser usado en la generación de energía, aportando así una doble ventaja para el ambiente.

El bambú se presenta como un material de construcción, con muchas oportunidades para el desarrollo de los países vulnerables, principalmente para los que cuentan el recurso, como el Perú, debido a las propiedades mecánicas favorables, la alta flexibilidad, el crecimiento rápido, la abundancia, el bajo peso y los bajos costos. Además de sus múltiples aplicaciones podrían generar también diversas oportunidades de empleo, ingresos, activando la cadena productiva del bambú. Ayudando a reducir la pobreza y mejorando la calidad de vida, especialmente en las zonas rurales como los poblados amazónicos.

Sumado a todo los beneficios ambientales que ofrece. Se espera que las plantaciones puedan ser competentes en el secuestro de dióxido de carbono (CO₂). Actualmente hay un debate si la capacidad de secuestro de carbono de bambú es mayor que la de árboles de crecimiento rápido de madera blanda (van der Lugt, et al., 2009).

Otro de los aspectos ambientales que son favorables del bambú es la producción anual de biomasa de una plantación de bambú, según van der Lugt, van den Dobbelsteen y Janssen (2005), es 3 veces mayor que la de un bosque productivo de madera (Tabla 1.2), aspecto positivo en la evaluación que ofrece el bambú como material al ambiente.

Tabla 1.2 Producción anual de una plantación productiva de madera y bambú (van der Lugt, et al., 2005)

Produccion anual (tons/ha)	verde (total)	seco (total)	verde (solo culmo)	seco (solo culmo)
Bambu	78.30	47.40	55.70	36.00
Madera	17.50	13.50	14.00	10.80
Relacion bambu/madera	4.50	3.50	4.00	3.30

Particularmente el género *Guadua* reúne los bambúes económicamente más relevantes de América, por su uso. El género incluye 29 especies (Londoño, 2013), siendo el principal centro de diversidad la cuenca del Amazonas, donde se han registrado más de la mitad de especies (Judziewicz et al. 1999). Este género es considerado el más importante por las cualidades que presenta su culmo, son especies de gran porte y diámetro, gran durabilidad, de alta resistencia físico mecánica y como material sismo resistente, apropiado para el uso en la construcción.

Históricamente el bambú ha sido utilizado en el Perú desde épocas ancestrales; actualmente la *Guadua angustifolia Kunth* es la especie más utilizada en la industria de la construcción de viviendas, es una especie introducida y no se encuentra distribuida en todo el país. Por lo que, es importante estudiar otras especies nativas del mismo género que ocupan poblaciones significativas en territorio peruano y/o exóticas locales, su identificación taxonómicamente, sus características físico mecánicas que nos permita conocer sus propiedades estructurales para su utilización en la construcción.

1.2.3.2 Bambúes endémicos en la Amazonía Peruana

La población de bambú en el Perú se encuentra distribuida en casi todo el territorio, siendo uno de los países Andinos con mayor riqueza en diversidad de bambúes (Londoño, 1998). Se registran 15 géneros, 64 especies y se ubican casi en su totalidad en la llanura amazónica y solo pocos géneros se encuentran en el bosque perennifolio nublado (Tovar, 1993). Con un área cubierta de aproximadamente 71,000 km², especialmente en el sureste de la Amazonía, donde se estiman 36,000.00 km² (NRENA, 1999, FAO, 2007) de selva tropical, dominadas por bambúes nativos del género *Guadua*, que representa el 17 % de un total de 180,000 km² (Nelson 1994 citado por Silveira 1999, Griscom y Ashton 2006) ocupado entre Brasil, Perú y Bolivia (Figura 1.3). Las dos especies de bambúes dominantes más comunes en esta formación, son la *Guadua sarcocarpa* Londoño y PM Peterson y *Guadua weberbaueri* Pilger, las cuales son endémicas del norte y el oeste de la Amazonía (Judziewicz, et al. 1999) y han sido potencialmente persistentes en el paisaje durante miles de años (McMichael, Palace y Golightly 2014).

Actualmente, ambas especies de *Guadua* no se presentan como amenaza de extinción. La *G. weberbaueri* aparece con la categoría de LC- Least concern (preocupación menor) en la lista roja de especies amenazadas de la IUCN, International Union for Conservation of Nature (The IUCN Red List of Threatened Species), y la *G. sarcocarpa*, no aparece.

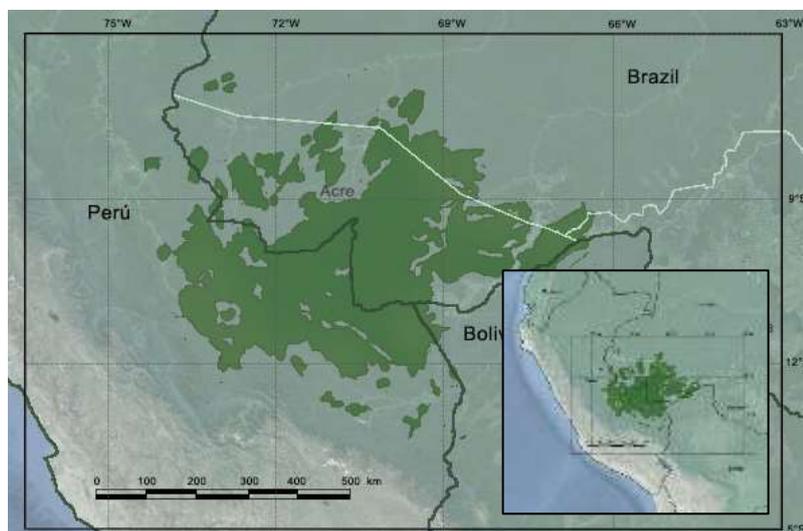


Figura 1.3. Ocupación del bambú en la Amazonia (Brasil, Perú, Bolivia). Bosques dominados por bambú cubren 180,000 km² en la Amazonia suroccidental. Base de interpretación por B. Nelson y R. Kalliola de imágenes 22 Landsat TM de INPE e INRENA (Walker y Nascimento, 1998).

En cuanto a la superficie que ocupan los bosques dominados por bambú (pacaes) por regiones principales se tienen los siguientes datos estimados por INRENA (1995), obtenidos del documento Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2010, Informe Nacional Perú, (FAO, 2010):

Tabla 1.3 Bosques dominados por bambú en la Amazonia peruana (1995). Principales regiones y superficie estimada por región (FAO, 2010)

Bosques 1995	Fuente	Área ocupada (km ²)	Área ocupada (ha)
Junín		960.52	96,052.00
Pacaes (<i>G. sarcocarpa</i> y <i>G. weberbaueri</i>)	Cusco	3,867.91	386,791.00
	Ucayali	19,035.35	1,903,535.00
	Madre de Dios	16,114.22	1,611,422.00
Área total ocupada		39,978.00	3,997,800.00

Las cifras que se presentan en la tabla son estimaciones de las superficies existentes de bosques mixtos con diferentes intensidades de dominio del bambú, que nos permiten dar una idea en donde se encuentra el recurso. Como se aprecia en la Tabla 1.3, Ucayali y Madre de Dios son las regiones que registran mayor área cubierta por bambú, con gran diferencia de Cusco y aún más de la región Junín.

Dentro del Parque Nacional del Manu, las poblaciones de bambú ocupan una superficie significativa, consideradas como un ecosistema dentro de la reserva, el Plan Maestro del Parque Nacional del Manu lo clasifica como sistema ecológico Bosques con bambú de la Amazonía suroccidental, con una extensión relativa de 278 242.40 ha, que representa al 16.58 % del área total de los 21 ecosistemas (6958.64 ha) que tiene el Parque, siendo el tercer ecosistema con mayor extensión. Comprenden comunidades puras de cañas o bambúes nativos (*Guadua spp.*), conocidos como pacales, o comunidades mixtas con especies de árboles. Estos bosques dominados por *Guadua* llegan hasta los 1000 m a 1300 m de altitud, y rodea colinas calcáreas pre andinas (SERNANP, 2014).

Estos datos de superficie son estimados, determinados mediante imágenes satelitales, lo que no nos permiten tener un cálculo preciso del área cubierta de puro bambú. Hasta la fecha no hay un inventario forestal de las poblaciones de bambú en la Amazonía peruana. Aun así, los datos existentes son los más representativos de formaciones naturales de bambú endémico en el Perú.

Sin embargo, la situación en la cual se encuentran, muestra la falta de apreciación de su enorme potencial económico y social para el desarrollo y alivio de la pobreza de la Región Amazónica, pudiendo ser una oportunidad para los pueblos que viven la zona de amortiguamiento del Parque Nacional del Manu. Los bosques no están siendo manejados ni aprovechados lo que puede ocasionar que las formaciones silvestres depreuden el recurso. Según Gonzales (2015) muchos de estos pacales son zonas cerradas, casi impenetradas, ni por los animales. Debido a la forma de desarrollo del bambú (*Guadua*) el crecimiento periférico hace que al interior, lo viejo se seque, y queda impenetrable, no crecen otras plantas, tal es el caso de estas dos especies (*G. sarcocarpa* y *G. weberbaueri*), las cuales han ido formando al interior una masa enmarañada difícil de entrar por lo seco que queda y que no se aprovecha. En el caso de Madre de Dios, los colonos que ingresan queman lo que pueden, los tallos que hay están secos y no los usan. En otros lugares la accesibilidad es

difícil con todavía limitada intervención humana. Sumado a esta situación hay falta de conocimiento técnico de los forestales y agricultores locales para el aprovechamiento y manejo técnico sostenido del recurso.

Para los pueblos indígenas de la Amazonía, como los Matsigenkas la paca (guadua nativa) es parte de su cultura y de su dieta alimenticia. Los Piro y Matsigenkas (Perú) comen crudo y cocinan los frutos carnosos de *Guadua sarcocarpa* (Londoño y Peterson, 1992, citado por Judziewicz, et al. 1999).

La deforestación en la Amazonía Andina aumenta a medida que las poblaciones rurales dependen de los recursos naturales para su subsistencia, incluyéndose el Parque Nacional del Manu y Zona de Amortiguamiento.

Entonces es el bambú, una alternativa sustentable para las zonas de amortiguamiento del Parque Nacional del Manu? y posteriormente para los pueblos amazónicos?.

Los guaduales amazónicos se presentan como potenciales sistemas productivos ecológicos para el presente y futuro, que contribuyan al desarrollo sostenible de la Región, generando empleo, mejorando la calidad de vida de los pobladores, reduciendo los índices de pobreza, protegiendo los ecosistemas y reservas naturales, poniendo en valor un recurso nativo, así como reivindicando y preservando la identidad cultural de los pueblos indígenas de la Amazonía.

La aplicabilidad y el mercado potencial son considerablemente mayores para los países productores de bambú debido a los bajos costos, disponibilidad local y alternativa de accesibilidad a la vivienda, muebles y productos para el hogar. En estos mercados, debido al proceso de producción corto, en el caso del tallo de bambú, se convierte en la alternativa más respetuosa del medio ambiente (tanto en términos de eco-costos y rendimiento anual), con alto potencial de regeneración y por tanto producción de materia prima.

Actualmente los mercados de productos ecológicos están creciendo, ofreciendo nuevas oportunidades para promover el recurso bambú como una alternativa a la madera. Dentro de estos productos, impulsar las construcciones ecológicas, sostenibles con bambú, que se inserten dentro de programas sociales.

1.2.3.3 Importancia del bambú para Villa Carmen

Siendo Villa Carmen una reserva y estar dentro de la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional del Manu, cumple un papel importante como foco de salvación frente a los efectos del cambio climático. Por lo que es un área vulnerable ante cualquier intervención que pueda causar algún impacto negativo, en tal sentido se deben fortalecer las estrategias de protección, conservación, adaptación, mitigación y reducción de riesgo.

Dentro de estas estrategias se cita la importancia del aprovechamiento del recurso bambú, dándole valor agregado a las especies locales, proponiendo su utilización en la construcción de edificaciones ecológicas confortables.

Por lo que es pertinente desarrollar estrategias de arquitectura ecológica con bambú y confort térmico comenzando en la Estación Biológica de Villa Carmen, donde se pueda proponer y evaluar el diseño y construcción de un modelo arquitectónico con bambú, considerando el medio físico natural, las características ambientales, morfológicas, estructurales del material a emplear, el contexto socio cultural, con confort térmico, como propuesta adaptativa al cambio climático para la zona y de fomento al desarrollo sostenible del Sector.

De esta manera, propiciar la sensibilización y el conocimiento técnico de la población circundante frente al potencial del recurso como material de construcción, no dejando de lado el análisis de la posibilidad de otros usos y de generar la activación de la cadena productiva y de valor del bambú, desde la plantación, hasta la transformación, comercialización de productos con valor agregado, que involucren a los centros poblados de la zona y se generen actividades económicas, en armonía con el ambiente y la sociedad, y de esta manera poder enfrentarse a los efectos del cambio climático.

1.3 Antecedentes relacionados con el tema

En el ámbito internacional y en referencia al uso del recurso renovable bambú como material, las investigaciones desarrolladas son pocas y en su mayoría relacionadas al comportamiento estructural del bambú, en América Latina, Colombia es el país que más estudios ha realizado principalmente de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, se han considerado varias, entre ellas:

La tesis de Silva y López (2000), cuyo objetivo fue determinar la resistencia de estructuras de bahareque, profundizando en el estudio de las propiedades mecánicas de la guadua con base en ensayos de laboratorio, para poder obtener valores de diseño. Se realizaron ensayos sobre paneles de tres sistemas constructivos que permitieran precisar la incidencia de diagonales, razón por lo cual se ensayaron paneles de un mismo tipo con y sin diagonal. Los resultados mostraron que dicha diagonal representaba un aumento en la resistencia final del sistema. Este trabajo ha sido un referente importante para el desarrollo de otras tesis y fundamenta el uso de diagonales en el diseño de paneles estructurales, aplicado en la estructura del Modelo Arquitectónico de la presente tesis.

Ardilla (2013), cuya tesis tuvo como objetivo general determinar los esfuerzos admisibles del bambú *Guadua angustifolia* Kunth del departamento de Tolima, para lo cual se determinaron los valores admisibles para los ensayos de corte paralelo a la fibra, compresión perpendicular a la fibra, compresión paralela a la fibra, tracción paralela a la fibra y flexión y se compararon con los valores que determina la norma Colombiana NSR-10. Entre los resultados y conclusiones más resaltantes se tuvo que para el ensayo de compresión paralela a la fibra hubo dos grupos de probetas, las que fueron instrumentadas con deformímetro eléctrico y las que no lo fueron, dando resultados diferentes. Estas diferencias entre los valores de esfuerzos admisibles entre probetas instrumentadas y no-instrumentadas comparados con los determinados en la NSR-10, son consecuencia en gran parte de la diferencia entre los contenidos de humedad. La guadua alcanzó una mayor resistencia entre menor fue su contenido de humedad en este tipo de sollicitación mecánica.

En cuanto a investigaciones relacionadas a la evaluación ambiental del bambú como material de construcción, destacan principalmente tres: la tesis de Janssen (1981), el estudio de van der Lugt, van den Dobbelsteen y Janssen (2005) y la tesis de Villegas (2005). Janssen (1981) estudia y declara que además de los aportes científicos del comportamiento estructural del bambú, están los beneficios ambientales. Hace una comparación entre la energía que necesitan los materiales: bambú, madera, concreto y acero, para su producción, observando el valor reducido que emplea el bambú (Tabla 1.4).

Tabla 1.4 Tasa de energía para la producción de materiales de construcción (Janssen, 1981).

Material	Unidad	Valor
Bambú	MJ/m ³ por N/mm ²	30
Madera	MJ/m ³ por N/mm ²	80
Hormigón -Concreto	MJ/m ³ por N/mm ²	240
Acero	MJ/m ³ por N/mm ²	1500

El estudio de Van der Lugt, et al. (2005), analiza el potencial del bambú como material de construcción para los países occidentales, para lo cual evalúa las cañas de bambú ambientalmente y financieramente y los compara con los materiales más comunes en Europa occidental. Cabe señalar, que los países europeos no son productores de bambú, por lo que un impacto adicional alto sería el del transporte marítimo, los tallos fueron transportados desde Costa Rica hasta Netherlands. La evaluación se basó en el ACV- Life Cycle Assessment (Análisis del ciclo de vida) del bambú como material de construcción en su forma original (tallo), comparándolo con el acero, la madera y el hormigón en diferentes funciones estructurales. El proyecto arquitectónico de referencia del estudio fue un puente peatonal de bambú en el Amsterdam Woods. La evaluación ambiental demostró la pequeña carga ambiental del bambú con respecto a los otros materiales. En varias funciones, desde un punto de vista de la sostenibilidad, la caña de bambú resulta 20 veces más favorable que las otras alternativas. Esto confirma la expectativa de su carácter sostenible, a pesar del gasto de energía en el transporte por mar desde América hasta Europa.

Y la tesis de Villegas (2005), que tuvo como objetivo el estudio de volúmenes de recursos energéticos que se utilizan en la construcción de una vivienda de interés social con tecnología en guadua, comparativamente con la tecnología de concreto reforzado. Cuya hipótesis fue: son menores los recursos energéticos en una vivienda construida en guadua que en una vivienda construida en hierro y cemento. Hipótesis que se confirma, con los resultados que indican que son menores los consumos de energía en 46.482 megajulios en la construcción de una casa con guadua, comparando con la construcción de una casa con hierro y concreto. La energía gastada que se analizó estuvo en la extracción, transporte y proceso de las materias primas para darles un valor agregado, transporte al sitio de las obras, procesos

propios de las obras de construcción en los que el intervienen los equipos, herramientas y la mano de obra.

En el ámbito nacional, regional y local se tienen los estudios citados en el numeral 1.2.3.2 Bambúes endémicos en la Amazonía Peruana, así como las siguientes investigaciones y proyecto:

El estudio e inventario de Londoño (1996), donde presenta la diversidad de bambúes en Pakitza, su adaptación a los diferente micro hábitats locales, y un análisis comparativo entre esta diversidad y la de las estaciones biológicas la selva en Costa Rica, la Isla de Barro Colorado en Panamá, y el Parque Nacional de Amacayacu en Colombia.

El Proyecto Manejo y aprovechamiento de la paca: *Guadua sacocarpa*- PD 2/98. ITTO. (F,I), que fue el primer proyecto de manejo y aprovechamiento de bosques de bambúes nativos en Perú, desarrollado en Inambari (Madre de Dios) y que contó con el apoyo de la ITTO y el Gobierno de Perú. Se pretendía cambiar las prácticas destructivas del poblador rural, respecto a la paca (*Guadua sarcocarpa*) especie nativa, desarrollando tecnologías que permitan manejar y utilizar dicha especie de una manera sostenible, logrando el doble propósito de generar trabajo y economía y conservar los recursos. La primera fase (julio 1999 - agosto 2002) del Proyecto Paca terminó con una serie de éxitos y fracasos. No hay información publicada al respecto, pero en el documento PD 428/06 Rev. 2 (F), con el título Promoción de la Rehabilitación, Manejo y Uso Sostenible de los Bosques Tropicales de bambú en la región noroccidental del Perú, postulado para la OIMT, hace mención de algunos resultados como:

- Promoción y capacitación sobre el manejo y uso de la paca. La promoción se realizó a nivel Región Madre de Dios y países vecinos.
- Construcción y equipamiento de la planta piloto de transformación de productos artesanales e industriales en base de paca.

Se tienen también informes de los especialistas que trabajaron durante y posterior a la primera etapa del proyecto:

- Informe Londoño y Moran (2001), Visita Proyecto Paca, Madre de Dios, Iberia, Perú.
- Valoración de la paca y marona (Bambusoideae: *Guadua spp.*) en Madre de Dios: Importantes recursos naturales del bosque para el futuro (Stern, 2002).

El proyecto quedo en esta primera etapa, lamentablemente la información de su desarrollo y resultados no fueron divulgados ni publicados, sin embargo es una primera intervención que debería ser tomada en cuenta, para un futuro proyecto en esta zona, previo análisis de los aspectos positivos y negativos de la experiencia. Es importante recalcar que las denominadas pacas, son especies endémicas que no han sido investigadas, que podrían ser un potencial para la región, por otro lado que quedo la maquinaria sin utilizar, que debiera ser materia de evaluar su posible uso.

Posteriormente, producto de la investigación alrededor de la concesión para la conservación del Rio Los Amigos, en la cuenca de Madre de Dios, sur de la Amazonía peruana, queda una nota científica denominada: Gramíneas (Poaceae) bambús informes del Río de Los Amigos, Madre de Dios, Perú, por Jean Oliver (2008). Donde da a conocer las especies de Poaceae (Gramínea) bambús informes presentes, proporciona claves y material gráfico para la identificación de los taxones presentes en la zona.

En el ámbito internacional y en referencia al confort térmico en edificaciones, se consideran las siguientes tesis:

Covarrubias (2012), cuya tesis tuvo como objetivo hacer un estudio acerca de la temperatura de confort así como del rango de confort térmico para las personas que habitan en clima tropical sub-húmedo y posteriormente, analizar cuáles eran los efectos de la humedad relativa sobre la temperatura de confort. La importancia de este estudio deriva de la idea expuesta por gran cantidad de científicos y estudios sobre confort basados en normas y estándares internacionales los cuales afirman que sus resultados pueden ser aplicados de manera universal, sin importar características de microclimas, modos de vida, usos, costumbre y tecnologías de las regiones y personas, subestimando la capacidad adaptativa del ser humano. Las hipótesis relacionada al confort térmico fue: los límites del rango de confort térmico para las personas que habitan en el clima sub-tropical húmedo de la región de Colima varían de forma no equidistante a la temperatura de neutralidad térmica o de confort (T_n), presentando mayor tolerancia a temperaturas altas y menor tolerancia a temperaturas bajas, contraponiendo la idea actual que menciona que la magnitud del rango de confort térmico es equidistante a la temperatura de neutralidad térmica.

Entre los resultados más relevantes en cuanto al rango de confort térmico, fue la confirmación de la hipótesis, ya que se muestra como las personas encuestadas tienen una mayor preferencia y tolerancia hacia temperaturas más altas con respecto a la temperatura de neutralidad que a las bajas, planteamiento que difiere de los estándares internacionales y cuestiona los estudios hechos por Szkolay (1977) y Olgyay (1963). Se observa que el valor de la Temperatura de neutralidad ($25,53^{\circ}\text{C}$), es considerablemente menor al valor central –o mediana- de las respuestas de sensaciones térmicas de confort de las personas encuestadas ($27,1^{\circ}\text{C}$). Los resultados demuestran que los límites del rango de confort térmico para el clima tropical sub húmedo de la región de Colima pueden presentarse de forma asimétrica a la temperatura de neutralidad y que las personas que habitan en este clima pueden llegar a tolerar un rango de temperaturas superiores a la Temperatura de neutralidad. Entre las conclusiones, el autor afirma que a partir del modelo adaptativo el confort térmico es el resultado de la interacción de un sujeto en relación con el espacio dentro del cual se encuentra. El resultado puede ser favorable si la temperatura es adecuada o si el sujeto logra adaptarse en el ambiente.

Torres (2010), tesis cuyo objetivo principal consistió en el desarrollo de un modelo de comportamiento térmico de un ambiente dedicado a tareas de oficina. Así mismo, en el diseño de un controlador de un equipo de climatización, al cual se le incorpora el concepto de confort térmico, de tal forma de mantener el mismo dentro de un rango aceptable para la mayoría de los ocupantes del ambiente.

Dentro de los resultados y conclusiones se obtuvo que el modelo desarrollado de comportamiento térmico de un ambiente dedicado a tareas de oficina, presentó respuestas dinámicas satisfactorias ante cambios en las condiciones climáticas externas. Se confirma que, con el controlador convencional de temperatura, no es posible asegurar que el PMV se encuentre dentro del rango aceptable de confort dependiendo fundamentalmente de la temperatura de set point que se fija en el controlador. La tarea de seleccionar la temperatura adecuada no es sencilla, debido a la interrelación que existe entre la t_a (temperatura del ambiente) y los otros parámetros involucrados en el cálculo del PMV. La incorporación de la RN (Red Neuronal) para computar el PMV dentro del sistema de control permite que el equipo se adapte a las necesidades reales de los usuarios.

1.4 Objetivos generales y específicos

Objetivo general:

Determinar que implicancias tienen las estrategias de arquitectura ecológica con bambú en el confort térmico, en el Parque Nacional Manu, Cusco.

Objetivos específicos:

1. Analizar si el medio físico utilizando materiales naturales locales: bambú, interviene en las estrategias de arquitectura ecológica y tiene implicancia en el confort térmico, en el Parque Nacional del Manu, Cusco.
2. Analizar si el diseño y construcción del modelo arquitectónico intervienen en las estrategias de arquitectura ecológica y tienen implicancia en el confort térmico, en el Parque Nacional del Manu, Cusco.

1.5. Limitaciones del estudio

En el Perú, los estudios relacionados al bambú aún son pocos. La identificación de especies de bambú aún no está científicamente reconocida y certificada, falta investigación, sistematización y publicación científica sobre la taxonomía, donde implique estudiar la anatómica (tejido de bambú) y estudio de ADN que permita definir las diferencias fenotípicas o tal vez genéticas del bambú. Las especies identificadas se basan en estudios de Tovar (1993), Londoño (1996, 2001, 2010, 2013).

Los datos de cantidad, distribución de géneros y especies de bambú en la Amazonia Peruana se basan en estudios de: Calderón y Soderstrom (1976 citados por Oliver 2008) Nelson (1994 citado por Oliver 2008), Judziewicz, et al. (1999), Nelson et al (2001 citado por Griscom y Ashton 2006), Griscom y Ashton (2006) Tovar (1993), Londoño y Peterson (1991 citado por Londoño 2010) Londoño (2001), Londoño y Núñez (2002), Gonzales (2005), FAO (2010, datos de INRENA), McMichael, et al. (2012, 2014).

Los datos de identificación taxonómica de las especies utilizados, se basan en el estudio de identificación por comparación del autor, tomando como guía de recolección los protocolos sugeridos por Londoño, y mediante fotografías se les envió a especialistas extranjeros para la identificación, debido que el Perú, carece de taxónomos especialistas en bambú. Aun así estos estudios son referenciales, se deben profundizar.

Los datos relacionados a las propiedades estructurales se basan en el estudio del autor, tomando como guía los protocolos de la Norma ISO 22157-2004 (E), se recolectaron el número mínimo de muestras (5) de cada especie para los ensayos de contenido de humedad, corte y compresión paralelo a la fibra. Se prepararon las probetas y ejecutaron los ensayos en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Ingeniería – UNI, Lima, Perú, a cargo de la Ing. Moromi y el técnico del laboratorio. Estudios referenciales deben profundizarse y concluirse con todas las propiedades físicas y mecánicas.

Si bien es cierto el confort térmico es un tema en investigación y difícil de evaluar, por las razones que se exponen en la presente tesis y no explorado en edificaciones con bambú, el presente estudio establece una alternativa de línea base para una futura investigación específicamente en esta temática por un tiempo más prolongado y con equipos de mayor rango de precisión en la medición.

Los equipos utilizados para la medición del confort térmico fueron profesionales de uso práctico, tamaño ligero, pero con menor alcance, rango de medición y precisión, debido a los costos menores, el fácil transporte y uso.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Marco normativo, histórico y geográfico

2.1.1 Normas generales sobre Áreas Naturales Protegidas - ANP

- Decreto Supremo N° 010-90-AG. Conforman el Sistema Nacional de Áreas Naturales protegidas por el Estado. Marzo 24, 1990.
- Artículo 68° El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las Áreas Naturales Protegidas. Constitución Política del Perú, 1993.
- Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas. Julio 4, 1997.
- Decreto Supremo N° 001-2000-AG. Inscripción de Áreas Naturales Protegidas como Patrimonio de la Nación ante los Registros Públicos. Enero 11, 2000.
- Decreto Supremo N° 038-2001-AG. Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas. Junio 26, 2001.
- Resolución Jefatural N° 125-2003-INRENA. Precisan establecimiento provisional de zonas de amortiguamiento de las áreas naturales protegidas. Octubre 6, 2003.
- Ley N° 28611 Ley General del Ambiente, Conservación de la diversidad biológica. Octubre 15, 2005.

- Ley N° 28611 Ley General del Ambiente, inclusión de las ANP en el SINIA. Octubre 15, 2005.
- Decreto Legislativo N° 1079 Decreto Legislativo que establece medidas que garanticen el patrimonio de las ANPs. Junio 28, 2008.
- Decreto Supremo N° 008-2009-MINAM, Disposiciones para la elaboración de los Planes Maestros de las ANP. Mayo 24, 2009

2.1.2 El Parque Nacional del Manu

El Parque Nacional del Manu fue establecido el 29 de mayo de 1973, mediante Decreto Supremo N° 644-73-AG. La categorización finalmente se efectuó en el 2002, con la promulgación del Decreto Supremo N°045-2002-AG.

El Área Natural Protegida del Parque Nacional del Manu (PNM), forma parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE) de administración nacional, en la categoría de Parque Nacional. Se ubica al sur este del Perú, en el sector oriental de la Cordillera de los Andes y borde occidental de la cuenca amazónica, en los departamentos de Cusco (Paucartambo, Kosñipata) y Madre de Dios (Manu, Fitzcarrald y Manu).

El Parque Nacional del Manu es una de las pocas áreas naturales protegidas del mundo que alberga una gran diversidad de ecosistemas. Dentro de sus características más relevantes está: posiblemente es el ANP biológicamente más diversa del Perú; se encuentra dentro de un hotspot de biodiversidad designado por Conservación Internacional (CI), el de Andes Tropicales, la región más rica y diversa del mundo; se sitúa dentro de dos centros de diversidad vegetal de WWF/IUCN: la puna peruana y tierras bajas del Manu, pudiendo contener más especies vegetales que cualquier otra ANP, al ubicarse en un centro mundial de endemismo; en 1977, y junto con áreas contiguas, fue declarado por el programa el Hombre y la Biosfera de la Unesco como Reserva de la Biosfera del Manu, con una extensión de 1'881,200 ha.; en 1987 la Unesco lo incorporó en la lista del Patrimonio Natural de la Humanidad, en su interior habitan poblaciones indígenas en situación de aislamiento, además de una notable diversidad de etnias amazónicas.

Uno de los 21 ecosistemas terrestres de mayor superficie e importancia que tiene el PNM es el de Bosques con bambú de la Amazonia suroccidental, representando al 16.58 %

del área total de los 21 ecosistemas, albergando especies de bambú endémicas. Poblaciones naturales que también se presentan en su Zona de Amortiguamiento.

Así como otras más notables características que se incrementan a medida que se vienen desarrollando las investigaciones sobre diferentes aspectos de su diversidad biológica y cultural, lo que ha aumentado el interés sobre el PNM, por parte del Estado y de la comunidad científica internacional.

La Estación Biológica de Villa Carmen está ubicada en la Reserva de Biosfera del Manu, (declarado por el programa “el Hombre y la Biosfera” de la UNESCO), con parte del Sector 1 de la Zona de Amortiguamiento del PNM (12°53'01 Sur, 71°23' Oeste), en la confluencia del Río Piñipiñi con el Río Pilcopata, a 1.5 km por carretera del pueblo de Pilcopata, distrito de Kohsñipata, provincia de Paucartambo, Cusco. Al pie de la Cordillera de Los Andes, comprende altitudes desde 550 a 1200 msnm.

En sus alrededores se encuentra el bosque nublado Andino y la selva baja amazónica, así como culturas indígenas amazónicas y andinas. Dentro de su territorio existen una gran cantidad de cuerpos de agua, así como grandes superficies terrestres de bosques de bambúes nativos denominados pacaes.

La población del distrito de Pilcopata es de 4,700 habitantes, 97% de los cuales son colonos de los andes; 2% Matsigenka y Wachiperi y 1% de la costa y norte del Perú.

2.2. Bases teóricas relacionadas con el tema

2.2.1 Arquitectura ecológica

El término de desarrollo sostenible bajo la aceptación de las Naciones Unidas, se define como satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. (Informe titulado: Nuestro futuro común, 1987, Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo).

Desde la visión de la arquitectura, entre las tendencias que responden a postulados ambientales se destacan: la arquitectura bioclimática, arquitectura ecológica, arquitectura bioambiental, arquitectura solar, eco-arquitectura, arquitectura natural, arquitectura verde, edificios de alta eficiencia energética, edificios inteligentes, edificios de alta calidad ambiental, construcciones con materiales reciclados o reciclables, bio-construcción, eco-construcción, eco-villas, eco barrios, entre otras (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2012, p12).

Todas estas tendencias se enmarcan bajo el concepto de sostenibilidad de la arquitectura, las cuales manejan componentes ambientales similares pero a su vez existe diferenciación en sus procesos conceptuales, destacan las que se sustentan en el ejercicio y experiencia práctica y/o en la investigación científica y/o ambos.

Si bien es cierto que la arquitectura ecológica se sienta sobre las bases ambientales y de sostenibilidad, no hay una definición internacionalmente aceptada. The European Commission, Directorate General for Energy, et al. (2007) reflexiona, arquitectura inocua medioambientalmente, respetuosa con el medio ambiente y por la energía, sostenible, más ecológica, o simplemente ecológica? No fue nada fácil definir el tema, pues no existe una definición internacionalmente aceptada para la arquitectura ecológica. Aun no haya una definición establecida, los conceptos y ejercicios prácticos que la envuelven la relacionan de manera estrecha con la sostenibilidad, partiendo de comunión entre la naturaleza, el hombre, y su hábitat. Es por ello que antes de entender la terminología de arquitectura o diseño ecológico, partimos reflexionado sobre los siguientes conceptos:

La naturaleza, el hombre y su hábitat.

La naturaleza es equilibrio y belleza. En ella encontramos una variedad infinita de formas colores y especies conviviendo con el universo de una manera perfecta, lógica e incuestionable. El único imperativo para vivir en armonía con ella es respetarla (Senosiain, 1996).

El hombre a lo largo de la historia se ha integrado a la naturaleza de distintas maneras. Al principio, cuando el hombre apareció en la tierra solo se adaptaba a su reino natural, con una estrecha relación. El primer espacio que podía sentir como suyo fue la caverna, es aquí

donde arranca y se desarrolla la arquitectura. Por muchos años la humanidad mantuvo una buena relación con la naturaleza, ocupó y/o construyó hábitats en el interior de las montañas o del suelo, aprovechando los recursos naturales del entorno y orientación del lugar elegido para vivir.

En esta evolución de descubrimiento del ser humano por edificar su propia morada, llegó la etapa en que contó con la herramienta, la experiencia, la organización social, el conocimiento de que querían hacer antes de ejecutarlo. Es así que dejó los refugios naturales y en medio de un área natural trata de crearse un espacio cerrado, limitado, con una estructura práctica y portátil: La tienda. Esta morada móvil ha sido utilizada en todas partes del mundo, con diferentes métodos y materiales dependiendo del lugar pero con un mismo principio constructivo que se trata básicamente de la utilización de una membrana fuertemente estirada y sujeta a una armazón ligera.

En todas las regiones del mundo en las que el hombre ha construido acondicionándose a las características físicas del lugar, como el clima, altitud, se observa el ingenioso empleo de las materias primas que el medio le ha brindado por miles de años. Tales como el hielo, pieles, barro, madera, bambú, hojas, piedra, tierra amasada. Vinculado con la creatividad e inteligencia con la que el constructor ha obtenido buenos resultados que han trascendido a lo largo de la historia.

Sin embargo con el pasar del tiempo, el ser humano fue transformando su entorno. Soberbio, cegado por su sentimiento de superioridad y dominio, se convirtió en enemigo declarado de la Naturaleza, pues con las armas en la mano se alejó cada vez más de su origen, al construir espacios ajenos a su identidad (Senosiain, 1996). Nos encontramos así en el presente.

Principios de un diseño ecológico y sostenible

Hoy sabemos que los ecosistemas están sujetos siempre a perturbaciones más o menos importantes que generan cambios. Muchas de estas perturbaciones, originadas por actividades del hombre, impactan al ambiente negativamente, sumado a ello la explosión de la población humana, vienen generando la crisis económica y ambiental que atraviesa el planeta, como son los efectos del Cambio Climático. Problema global, que lo hace cada vez menos sostenible.

La mejor gestión de como intervenir en la Naturaleza, es paradójicamente, la no intervención, dada la capacidad auto organizativa de los ecosistemas: un ecosistema no sujeto a perturbaciones está perfectamente ensamblado. O en su defecto, las actividades humanas deberían ser evaluadas con respecto a su impacto ambiental, así como en el aspecto social, económico y técnico, con la finalidad que no comprometan a las necesidades de las futuras generaciones, lo cual nos lleva a tener una visión ecológica y sostenible.

Desde el origen de las especies, hace 168 millones de años, estas se ensamblaron para lograr una convivencia en equilibrio usando los recursos disponibles y el espacio o hábitat adecuado, pero el ser humano apareció hace 5 millones de años llegando tarde al ensamblaje de espacios y al equilibrio. Sin embargo tenía que integrarse a la naturaleza y como es una especie “altamente “ capacitada desarrolló la arquitectura para sobrevivir en los ecosistemas, llevándolo utilizar materiales del mismo ecosistema poniendo a la arquitectura con un compromiso trascendental en esta situación que enfrenta el mundo, debido que es una práctica social y un proceso cultural, una expresión que concreta el significado social de lo que el hombre entiende y desea que sea un espacio, un hábitat, un barrio, una ciudad. Desarrollándose en un lugar específico, con una tecnología que materializa la expresión. En tal sentido, si la posición de la arquitectura es de velar por la naturaleza, la sociedad y economía, su participación tendría que estar directamente relacionada con la sostenibilidad del ambiente y de los asentamientos humanos con el objetivo de mejorar las condiciones de vida.

Si definimos arquitectura sostenible de acuerdo al significado de sostenible que le da la Real Academia Española, sería aquella cuyos fundamentos y características se pueden mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente. El término sostenible implica equilibrio con el entorno. Este equilibrio con el entorno, se trata de un equilibrio ecológico, que implica la voluntad de los intervinientes de economizar afecciones y realizar acciones que restituyan el sistema ambiental (Hernández, 2012).

Van der Ryn y Cowan (1996), señalan que el diseño ecológico ofrece tres estrategias fundamentales para hacer frente el deterioro del ambiente: la conservación, la regeneración y la gestión responsable; otros autores reflexionan que el diseño ecológico puede ayudar a reducir costos, mediante el ahorro logrado con diseños energéticamente eficientes, así como con el uso apropiado de materiales naturales locales. Por lo que es fundamental la búsqueda

de un emplazamiento que genere el menor impacto, permitiendo la coexistencia armónica entre el lugar, el edificio y el hombre que lo habita (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2012).

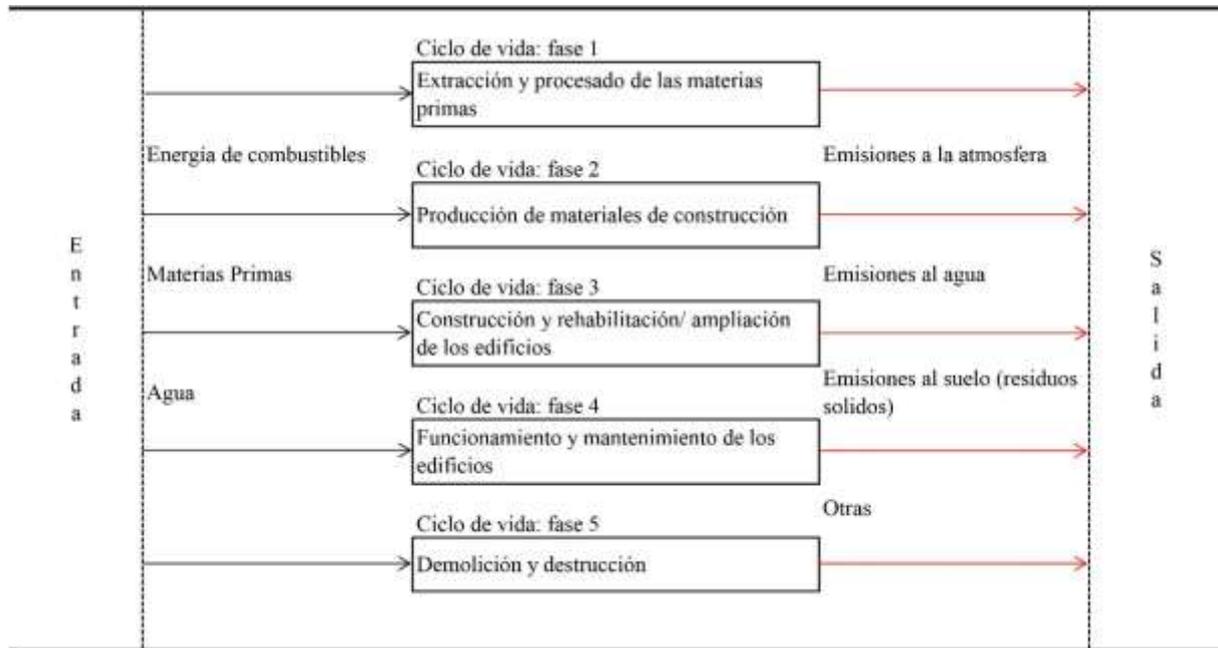
Entonces el diseño ecológico busca calidad de la arquitectura. Los edificios con más elementos naturales y menos artificiales son mejores, más saludables. En general, los espacios con iluminación y ventilación natural y un entorno exterior sin ruidos, son más recomendables.

Los impactos que pueden producir los edificios al ambiente son muy variados. Es importante reflexionar sobre sus implicancias conociendo todos los procesos que se realizan antes de construir el edificio, en el desarrollo de la construcción, durante la vida útil del edificio y en su posible demolición.

Un edificio es una estructura física compuesta por distintos elementos. Para The European Commission Directorate General for Energy, et al. (2007) es también una máquina viva que cumple un ciclo de vida (Tabla 2.1): un lugar donde la gente desarrolla su actividad diaria. El impacto ambiental del edificio debe analizarse desde dos puntos de vista principales:

1. Como estructura física, el edificio es un cuerpo inerte, una simple suma de partes. Estas partes se fabrican, se montan, se mantienen, se derriban y finalmente se destruyen una a una. Cada parte conlleva un conjunto de efectos relacionadas con esos procesos, y el impacto ambiental total del edificio es la suma de todos ellos.
2. Como máquina viva, el coste que supone para el ambiente es hacerlo funcionar durante su ciclo de vida: los productos que requiere, como energía, e instalaciones eléctricas, y los de expulsa, como CO₂ y residuos.

Tabla 2.1 Diagrama de flujo del ciclo de vida de los edificios (The European Commission Directorate General for Energy, et al. 2007)



De acuerdo a la literatura revisada se elabora una síntesis de los aspectos más importantes, con sus principales consideraciones, a tener en cuenta para el diseño de un edificio ecológico, como se muestra en la siguiente Tabla 2.2

Tabla 2.2 Aspectos y consideraciones principales para el diseño de una edificación ecológica

Aspecto	Consideraciones
Control del consumo de energía	<p>Utilizar pasivos que reduzcan el consumo de energía del edificio. Emplazamiento y diseño adecuado para aprovechar la iluminación y ventilación natural, proteger del asoleamiento y corrientes de viento.</p> <p>Complementar las fuentes de energía convencionales con fuentes renovables, como la energía solar, la eólica o la derivada de la biomasa.</p> <p>Cuando sea necesario utilizar, especificar los sistemas convencionales más eficientes y menos contaminantes.</p>
Consumo de materiales (ver numeral Materiales locales)	<p>Seleccionar materiales y componentes considerando los siguientes criterios: costo, estética, rendimiento, disponibilidad. Con responsabilidad, previendo el mínimo impacto al ambiente</p> <p>Seleccionar el sistema constructivo más apropiado, eficiente y menos contaminante</p> <p>Sumar energía incorporada (que incluya los materiales, componentes del edificio, la forma como se montan), que permita especificar la forma respetuosa con el medio ambiente con la que se está interviniendo.</p> <p>El uso de materiales inapropiados para el interior del edificio trae consecuencias que afectan a la salud así como impactan negativamente al ambiente.</p>
Consumo de agua	<p>Tomar medidas de precaución sobre el consumo del agua de la edificación, así como en el tratamiento posterior de las aguas.</p> <p>Reciclaje de aguas grises</p> <p>Tratamiento de aguas residuales</p> <p>Aprovechamiento del agua pluvial si fuese factible.</p>
Gestión de residuos	<p>Considerar que los desperdicios domésticos y comerciales, la basura de las calles, los escombros de la construcción, los residuos procedentes de procesos industriales y de otros tipos, y los fangos fecales, causan problemas medioambientales.</p> <p>La estrategia de gestión de residuos de la Unión Europea describe un sistema de gestión basado en cuatro pilares:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducir la producción de residuos en origen • Clasificar los residuos • Reutilizar o reciclar • Eliminar los residuos de forma segura
Conservación de la vegetación	<p>La conservación de la vegetación autóctona y de la capa superficial del suelo puede promover la diversidad medioambiental y proporcionar abrigo externo.</p> <p>El emplazamiento puede planificarse de manera que conserve la vegetación preexistente, y los setos y bosquecillos pueden reforzarse con plantaciones nuevas de plantas de la zona.</p>
Compromiso social y cultural	<p>Respetar, retroalimentarse, revalorar los patrones culturales del lugar, los conocimientos tradicionales, los materiales y tecnologías locales.</p> <p>No imponer una arquitectura, generar el dialogo social, promover la inclusión.</p>

Criterio de sostenibilidad en la elección de materiales

Los materiales cumplen un papel protagonista en la estructura física del cuerpo inerte del edificio, por lo que es fundamental considerar la sostenibilidad como criterio en la selección de los materiales para el desarrollo proyectual de todo tipo de diseño, construcción y/o fabricación, desde el aspecto ambiental y socio económico. Son varios los aspectos que se deben considerar, para el estudio se ha tomado en cuenta la siguiente lista

Tabla 2.3. Criterios de sostenibilidad en la elección de los materiales (The European Commission Directorate General for Energy, et al. 2007)

En el caso de materiales utilizados en cantidades de 250 kg o menos, tener en cuenta:

El impacto de la producción del material: distribución del hábitat, emisiones tóxicas. Cualquier riesgo para la salud o el entorno local durante el proceso de construcción o el posterior uso.

La vida útil del material.

El destino final del material después de la vida útil del edificio : la reutilización es mejor que el reciclaje, que a su vez es mejor que la incineración o que acabe en el vertedero.

La reducción o separación de los residuos de construcción y la eliminación cuidadosa de los residuos tóxicos.

El caso de materiales utilizados en grandes cantidades, tener en cuenta los aspectos anteriores y también:

La naturaleza de los recursos implicados: renovables o no renovables, escasos o abundantes.

Las emisiones de CO₂ (en kg/kg) durante su producción o, si esa información no está disponible, a energía incorporada (en kWh/kg),

A que distancia o por que medio (s) se transportará el material, y emisiones y el consumo de energía debido a ese transporte.

Esta relación conlleva a pensar en la utilización de materiales naturales, renovables, abundantes, locales y que generen el mínimo impacto al ambiente desde su extracción, en los procesos de producción, transporte, procesos de su aplicación durante la construcción, mantenimiento durante su vida útil, hasta su destino final después de la vida útil del edificio.

Acompañado de la búsqueda de tecnologías innovadoras ecológicas apropiadas, que contribuyan al desarrollo sostenible y que reviertan el daño causado por el sector de la construcción.

Es así que la elección de los materiales influye profundamente en el diseño y en el rendimiento del edificio. Sus efectos ambientales pueden evaluarse desde dos aspectos:

1. Los impactos generados por los propios materiales (producción, procesos, transporte, construcción, mantenimiento, fin del edificio).
2. La influencia de los materiales sobre el rendimiento ambiental del edificio en su conjunto. Su contribución en la huella ecológica.

El primer aspecto, sobre los impactos, puede ser evaluado y/o calculado teniendo toda la información o basándose en estudios ya realizados que den referencias. Se habla del Análisis del Ciclo de Vida de los materiales, sin embargo para The European Commission Directorate General for Energy, et al. (2007), afirman que todavía no existe un método estándar ampliamente aceptado para realizarlo.

El segundo, es un tema complejo de evaluar, sin embargo la elección de un material idóneo, con las consideraciones antes descritas repercuten positivamente al segundo punto.

2.2.2 Confort Térmico

El confort térmico es uno de los aspectos fundamentales de la calidad ambiental interior y está fuertemente relacionado con la satisfacción de los ocupantes y el uso de energía en los edificios (Schiavon, Hoyt, Piccioli, 2014). El confort térmico puede definirse como la manifestación subjetiva de conformidad o satisfacción con el ambiente térmico existente (UPC, 2016).

Los estándares relacionados al confort térmico que más influencia han tenido y se vienen utilizando lo definen como:

La norma ISO 7730 (2005) lo define como aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico. Esta definición puede satisfacer a la mayoría de las personas, pero también es una definición que no es fácil de convertir en parámetros físicos.

El Standard 55 (2010) de la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Acondicionamiento del aire (ASHRAE), lo define como es aquella sensación

la cual expresa satisfacción con el ambiente y es evaluada de manera subjetiva. Sin embargo debido a que hay grandes variaciones tanto psicológicas como fisiológicas de una persona a otra, es difícil satisfacer a todo el mundo en un espacio. Las condiciones ambientales necesarias para la comodidad no son las mismas para todos.

Ambas definiciones son similares e indican la dificultad de su evaluación por su complejidad debido a que involucran factores ambientales y personales al mismo tiempo.

El uso de estos enfoques requiere una comprensión clara de cómo el ser humano responde a cada una de las variables ambientales y cómo interactúan sus límites, con sus variables personales. Así mismo se debe tener en cuenta la no estandarización de un mismo tipo de persona, espacio y medio ambiente externo.

Para evaluar la calidad de un ambiente, el confort térmico debe ser considerado conjuntamente también con otros factores, como la calidad del aire, niveles de luz y ruido, relacionado estrechamente con sus ocupantes.

2.2.2.1 Balance Térmico del cuerpo humano y el confort

La temperatura corporal normal del ser humano, de acuerdo a la Asociación Médica Americana (American Medical Association) puede oscilar entre 36,5°C y 37,2° C. El calor se produce en el cuerpo como resultado de la actividad metabólica, por lo que su producción puede ser controlada, en cierta medida, mediante el control de su metabolismo (Torres, 2010). El cuerpo, dentro de ciertos límites (no bruscos), puede aclimatarse a los cambios de temperatura en el ambiente (adaptación), donde la vestimenta ayuda a esta aclimatación.

En la lucha por conseguir el equilibrio biológico, se producen diversas reacciones físicas y psicológicas. El hombre se esfuerza por llegar al punto en el que adaptarse a su entorno y mantener el equilibrio térmico le requiera solamente un mínimo de energía. Las condiciones bajo las cuales consigue este objetivo, Olgyay (2006) la define como zona de confort, donde la mayor parte de la energía humana se liberan para dedicarse a la productividad.

El hombre considera confortable el ambiente si no existe ningún tipo de incomodidad térmica. La primera condición de confort es la neutralidad térmica, que significa que una persona no siente ni demasiado calor ni demasiado frío.

Balance térmico

Los elementos principales que afectan el confort humano son: la temperatura del aire, radiación solar, movimiento del aire y humedad. Dichos factores actúan sobre el ser humano según una compleja interrelación que puede ser expresada en una escala calorimétrica denominada temperatura operativa (T_o), desarrollada por Winslow, Herrington y Gagge (Olgyay, 2006). Sus ecuaciones combinan los factores mencionados con el metabolismo y la resistencia del vestido para explicar cómo recibe el cuerpo humano los efectos de ciertos elementos climáticos y como mantienen su estabilidad térmica.

Los medios a través de los cuales el cuerpo humano intercambia calor con su entorno pueden clasificarse en cuatro procesos principales: radiación, conducción, convección y evaporación.

Cuando el cuerpo no gana ni pierde calor su balance térmico arroja un valor 0, y según este enfoque es cuando las personas experimentan objetivamente una sensación térmica de confort. Fanger define tres condiciones para que una persona se encuentre en confort térmico (UPC, 2016):

1. que se cumpla el equilibrio térmico
2. que la tasa de sudoración esté dentro de los límites de confort
3. que la temperatura media de la piel esté dentro de los límites de confort.

Es así que la ecuación general del balance térmico se expresa de la siguiente manera:

$$M - W - R - C - E - C_{res} - E_{res} - E_d - C_{cond} = A \quad (2.1)$$

donde M es la energía metabólica producida por el organismo, W es el trabajo mecánico desarrollado, R es la pérdida de calor por radiación, C es la pérdida de calor por convección, E es la pérdida de calor por evaporación de sudor, C_{res} es la pérdida de calor por convección respiratoria, E_{res} es la pérdida de calor por evaporación respiratoria E_d es la pérdida de calor por difusión de agua por la piel, C_{cond} es la pérdida de calor por conducción, y A es la ganancia de calor en el cuerpo.

2.2.2.2 Ecuación de Confort Térmico

Fanger por los años setenta desarrolla una hipótesis, en que el valor de la temperatura de confort térmico puede definirse en términos del estado físico de las personas, y no en términos de las condiciones del ambiente térmico. En consecuencia ese valor puede derivarse de una ecuación de balance térmico humano para una persona dada, a un nivel de actividad dado, donde la condición es que su temperatura media de la piel y su secreción de sudor conserven valores dentro de límites estrechos (Gomes, et al., 2007). Así, registro las temperaturas de la piel y la pérdida de calor por evaporación, experimentadas por varios sujetos en pruebas en una cámara climática, llevando ropa estandarizada y en cuatro niveles de actividad (sedentario, bajo, medio y alto), y luego las trato mediante análisis de regresión estadística, como funciones de la tasa metabólica. Estas regresiones estadísticas se insertaron en una ecuación general de balance térmico humano que se conoce como *Ecuación de Confort de Fanger* (Gomes, et al., 2007).

$$Lo = H - Ed - Esw - Ere - L - R - C \quad (2.2)$$

donde Lo es la acumulación de calor en el cuerpo, H es la producción interna de calor, Ed es la pérdida de calor por la difusión de vapor de agua por la piel, Esw es la pérdida de calor debida a la sudoración, Ere es la pérdida de calor latente debida a la respiración, L es la pérdida de calor por respiración seca, R es la pérdida de calor por radiación de la superficie del cuerpo vestido, C es la pérdida de calor por convección de la superficie del cuerpo vestido.

Ecuación que más adelante configuró uno de los índices más usados para determinación del confort térmico, el Voto Medio Previsto (Predicted Mean Vote – PMV) (Ver Anexo II.4). La misma que involucra procesos de transferencia de calor relativamente complicados, por lo que resolverla es bastante complejo, laborioso y requiere de procesos iterativos. Por esta razón existen diagramas que facilitan su aplicación práctica, y actualmente tecnologías digitales.

El conocimiento de esta ecuación base y los conceptos que iremos describiendo serán de utilidad para la elección del simulador que evalúe el confort térmico de los ocupantes en el interior del Modelo - cabaña de bambú.

2.2.2.3 Estándares internacionales

Los estándares más utilizados y difundidos relacionados al confort térmico, son la norma internacional ISO y la de ASHRAE y se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Estándares dirigidos directamente al confort térmico:

ASHRAE 55: Thermal environmental conditions for human occupancy

ISO 7730: Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, (ISO 7730)

ISO 7993: Hot environments - Analytical determination and interpretation of stress using calculation of required sweat rate.

- Estándares que cubren las mediciones de los parámetros térmicos ambientales:

ASHRAE 55: Thermal environmental conditions for human occupancy

ASHRAE 113: Method of testing for room air diffusion

ISO 7726: Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities.

- Estándares para la determinación de los parámetros personales:

ASHRAE 55: Thermal environmental conditions for human occupancy

ISO 8996: Ergonomics - Determination of metabolic heat production

ISO 9920: Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble

De las mencionadas las más pertinentes para el confort térmico, son la ISO 7730 (2005) y la ASHRAE 55 (2010). El presente trabajo aplica principalmente el estándar ASHRAE Estándar 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy

ASHRAE Standar 55

El estándar ASHRAE 55, especifica las combinaciones de los factores ambientales térmicos del interior y los factores personales que producen condiciones ambientales térmicas aceptables para la mayoría de los ocupantes dentro de un espacio.

Alcances:

- Los factores ambientales abordados en esta norma son la temperatura, la radiación térmica, la humedad y la velocidad del aire; los factores personales son los de la actividad y de la ropa.
- Se pretende que todos los criterios establecidos en la presente norma se aplicarán juntos desde el confort en el ambiente interior es complejo y responde a la interacción de todos los factores que se abordan.
- Esta norma especifica las condiciones ambientales térmicas aceptables para los adultos sanos en equivalente de la presión atmosférica a altitudes de hasta 3.000 m (10.000 pies) en espacios interiores diseñados para la ocupación humana por períodos de no menos de 15 minutos.
- Esta norma no aborda los factores ambientales no térmicos tales como la calidad del aire, la acústica y la iluminación u otros físicos, químicos o contaminantes espacio biológicos que pueden afectar a la comodidad o la salud.

El estándar provee definiciones, hace una clasificación de los parámetros y provee información sobre las condiciones para un aceptable ambiente térmico. Además utiliza la temperatura operativa y la temperatura efectiva para especificar las condiciones aceptables del ambiente térmico. Está destinado principalmente a condiciones de actividades físicas sedentarias o similares, típicas de trabajo de oficina. Sin embargo, también se puede utilizar para la actividad moderadamente elevada. No se aplica a actividades de dormir o reposo en cama. Los datos disponibles no contienen información significativa con respecto a los requerimientos de confort de los niños, los discapacitados, o la de enfermos.

Para el estándar ASHRAE 55, el confort térmico se basa principalmente en los modelos de confort del índice de PMV y PPD. Con posibilidad de manejar niveles altos de velocidad de aire ($> 0,15$ m / s). Así como da la opción del modelo adaptativo.

2.2.2.4 Condiciones que proveen el Confort Térmico

Son dos condiciones que deben cumplirse para que una persona se encuentre en situación de confort térmico dentro de un ambiente determinado:

- La combinación instantánea de la temperatura de la piel y la temperatura del centro del cuerpo debe proporcionar una sensación de neutralidad térmica.

- Debe cumplirse el balance térmico (el calor producido por el metabolismo debe ser igual a la cantidad de calor perdida por el cuerpo).

La satisfacción con el ambiente térmico es un proceso complejo, que depende de la interacción de muchas variables. La percepción del confort en las personas está influenciada por estas variables que incluyen parámetros personales y físicos - ambientales. Los seis factores principales que deben abordarse para definir las condiciones de confort térmico son (ASHRAE 55, 2004):

1. Tasa metabólica
2. Aislamiento de la ropa
3. La temperatura del aire
4. Temperatura radiante
5. Velocidad del aire
6. Humedad

Los seis de estos factores pueden variar con el tiempo. Los dos primeros son parámetros personales y en la mayoría de los casos sólo se pueden estimar. Los otros cuatro representan los parámetros físicos del ambiente y se pueden obtener a través de mediciones. Los factores del dos al seis pueden ser no uniformes sobre el cuerpo de un ocupante, y esta falta de uniformidad puede ser una importante consideración para determinar el confort térmico.

Para el caso de la evaluación, utilizando el estándar ASHRAE 55, las personas que ingresan al ambiente en evaluación, no pueden experimentar diferentes condiciones ambientales justo antes de entrar, debe pasar aproximadamente una hora.

El estudio considera los seis factores que a continuación se describen:

a. Parámetros personales

Taza metabólica (M): es la tasa de transformación de energía química en calor y trabajo mecánico por actividades metabólicas dentro de un organismo, generalmente expresada en términos de unidad de área de la superficie corporal total. Se expresa en

unidades met, $1 \text{ met} = 58,15 \text{ W/m}^2 = 50 \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2$, es la relación entre la potencia térmica (W ó kcal/h) y la superficie corporal. El estándar proporciona una tabla de valores de tasa metabólica para tareas típicas, ver Tabla A 2.2 en el Anexo II.2

Aislamiento de la ropa (I_{clo}): es la resistencia a la transferencia de calor sensible proporcionada por un conjunto de ropa, expresado en unidades clo.

clo: unidad utilizada para expresar la resistencia del vestido, donde $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \times \text{°K/W}$ (metro cuadrado y kelvin por watio).

El estándar ASHRAE 55, provee tres métodos para estimar el aislamiento de la vestimenta. Sin embargo no podrá ser utilizado para aislación mayor a 1.5 [clo] o con vestimentas altamente impermeables al transporte de humedad. Los métodos se enumeran en orden de precisión y deben ser utilizados en este orden de preferencia:

- Método 1: la Tabla A 2.3a (Anexo II.3) lista el aislamiento proporcionado por una variedad de conjuntos de ropas típicas. Si el conjunto en cuestión coincide con uno de los conjuntos de esta tabla, a continuación, se utiliza ese valor de I_{cl} (resistencia térmica de la vestimenta) para el cálculo.
- Método 2: la Tabla A 2.3b (Anexo II.3) presenta el aislamiento térmico de una variedad de prendas de vestir. Estas prendas se podrán añadir o restar de los conjuntos de la tabla AIV.2B para estimar el aislamiento de los conjuntos que difieren en su composición.
- Método 3: Un conjunto completo de ropa puede ser definido mediante una combinación de las prendas que figuran en la Tabla A 2.3b (Anexo II.3). El aislamiento del conjunto se estima como la suma de los valores enumerados en dicha tabla.

Para el estudio se aplicó el método 1 y 3.

b. Parámetros físicos del ambiente

Temperatura del aire (t_a): A la temperatura del aire se le llama en términos técnicos temperatura de bulbo seco (TBS) puesto que se mide con un termómetro de mercurio seco

(Rosales, 2008), denominada también temperatura seca del aire. El estándar ASHRAE 55, la considera como la temperatura promedio del aire alrededor de los ocupantes. El promedio es con respecto al tiempo y al espacio. El período de tiempo usual para el promedio es de 15 minutos.

Temperatura radiante media (*TRM*): es la temperatura superficial uniforme de un cuerpo negro imaginario en el que un ocupante intercambiaría la misma cantidad de calor por radiación, que en el ambiente real. Se halla a partir de la temperatura de globo, temperatura de bulbo seco y la velocidad de aire. La temperatura de globo se obtiene mediante un termómetro cuyo bulbo se encuentra dentro de una esfera de cobre de espesor fino, pintada de color negro humo para maximizar la absorción de radiación infrarroja. Para temperaturas de globo y de bulbo seco parecidas se utiliza la siguiente fórmula:

$$TRM = Tg + 1.9\sqrt{V_a}(Tg - Ts) \quad (2.3)$$

donde *TRM* es temperatura radiante media (°C), V_a es velocidad del viento (m/s), *Tg* es la temperatura del globo, (°C) y *Ts* es la temperatura del bulbo seco (°C).

Para el estudio se consideró $Tg = Ts$, por no tener los aparatos de medición precisos para *Tg*.

Algunos otros parámetros integrados se han introducido para caracterizar el ambiente térmico interior con el mínimo de parámetros y evitar la medida de la temperatura radiante media, los tres más importantes son la Temperatura Operativa (t_o), la Temperatura Equivalente (teq) y la Temperatura Efectiva (*ET*). Los valores de *ET* y teq son dependientes del nivel metabólico y ropa de las personas, mientras que el valor t_o es independiente de estos parámetros.

La Temperatura Operativa (t_o) tiene en cuenta la temperatura seca y la temperatura radiante media.

Velocidad del aire (V_a): es la tasa de movimiento de aire en un punto, sin tener en cuenta la dirección. El movimiento del aire resulta de la convección natural y forzada, así como también debido al movimiento de las personas y afecta significativamente la transferencia de calor por convección y evaporación del cuerpo humano. Cuanto más rápido es el movimiento, mayor es la tasa de flujo de calor (Torres, 2010).

Velocidad alta del aire: no se han establecido relaciones precisas entre el aumento de la velocidad del aire y una mayor comodidad. Sin embargo, el estándar ASHARE 55 permite utilizar la velocidad alta de aire para incrementar la temperatura máxima para la aceptabilidad, si los ocupantes afectados son capaces de controlar la velocidad del aire.

Humedad: es la cantidad de vapor de agua en un espacio dado. La cantidad de vapor de agua que el aire puede poseer es función de la temperatura. Si el aire es caliente puede poseer mayor humedad, si en cambio es frío su capacidad es pequeña. La cantidad de agua presente en el aire en relación con la cantidad máxima que puede poseer a una determinada temperatura, sin causar la condensación, se conoce como el grado de saturación. Este coeficiente multiplicado por 100 es el porcentaje de humedad (Torres, 2010).

Humedad relativa (rh): es la relación de la presión parcial (o densidad) del vapor de agua en el aire a la presión de saturación (o densidad) de vapor de agua a la misma temperatura y la misma presión total, para el porcentaje se multiplica por 100. El porcentaje de humedad y la humedad relativa son numéricamente muy similares, pero no son idénticos.

c. Disconformidad térmica local

La disconformidad térmica local causada por una diferencia de temperatura vertical entre los pies y la cabeza debido a un campo radiante asimétrico, por enfriamiento convectivo local (Draft) o por contacto con un piso muy caliente o muy frío deben ser considerados en determinadas condiciones para un nivel de confort aceptable (ASHRAE 55, 2004).

Los requisitos especificados en el estándar ASHRAE 55, se aplican principalmente a una persona con ropas ligeras (con aislamiento de la ropa entre 0,5 y 0,7 clo) que participa en actividades físicas sedentarias (con tasas metabólicas entre 1,0 y 1,3 met). Las personas son más sensibles a las molestias locales cuando todo el cuerpo está más fresco que neutral y menos sensibles a las molestias locales cuando todo el cuerpo está más caliente que neutral. Los requisitos se basan en las temperaturas ambientales, cerca del centro de la zona de confort. Se aplican para las condiciones cerca de los límites de temperatura superiores de la zona de confort pero pueden subestimar la aceptabilidad en los límites de temperatura más bajas de la zona de confort. Para mayor desarrollo ver el numeral 5.2.4 del estándar ASHRAE 55.

2.2.2.5 Modelos de confort térmico

A continuación se presentan los modelos que se han tomado en cuenta para la elección del simulador y evaluación del confort térmico en el interior de la cabaña experimental.

PMV (Predicted mean vote) – **PPD** (Predicted percentage dissatisfied)

Los modelos PMV / PPD desde el enfoque cuantitativo, se aplican a partir de la información obtenida de los seis factores principales que condicionan el confort térmico, mencionados en el numeral anterior. Se han denominado de predicción, pues supuestamente son capaces de predecir lo que las personas sentirían ante tal o cual ambiente térmico (Gómez, et al., 2007). Son modelos de aproximación racional, para ambientes con condiciones ambientales, vestimenta y actividades pre establecidas, donde se requiere de un conocimiento detallado de la ropa y su coeficiente de aislamiento, así como la tasa metabólica de los sujetos. Se cumplen con personas acostumbradas a estar en edificio equipados con sistemas de clima artificial, no para valorar la sensación térmica de las personas que habitan en edificios naturalmente ventilados. No considera procesos de adaptación de la persona.

El índice PMV predice la respuesta media de un grupo de personas (la estimación media de las valoraciones emitidas por cada persona expuesta a ese ambiente), en estado estacionario, basado en el equilibrio térmico del cuerpo humano, de acuerdo a la siguiente escala de sensación térmica:

Tabla 2. 4 Escala de sensación térmica (ASHRAE 55, 2004, traducción de Gómez, et al. 2007)

Valor	Apreciación o "voto" Sensación térmica	
3	Hot	Sofocante
2	Warm	Caluroso
1	Slightly warm	Ligeramente caluroso
0	Neutral	Neutral
-1	Slightly cool	Ligeramente fresco
-2	Cool	Fresco
-3	Cold	Frio

El PMV es un índice desarrollado por Fanger y publicado en su libro Thermal Comfort (1973) (UPC 2016), representado en la siguiente ecuación:

$$PMV = [0.303e^{(-0.036M)} + 0.028] Lo \quad (2.4)$$

donde PMV es el Voto medio previsto o índice de valoración medio, Lo es la acumulación de calor del cuerpo y M es la tasa metabólica.

La acumulación de calor del cuerpo (Lo), depende de las variables ambientales y personales y es calculada por medio de una ecuación que deriva de la ecuación de confort térmico. Ver detalle de la ecuación de ISO 7733, en el Anexo II.4

El PMV se puede utilizar para estimar la temperatura neutra con un margen de error de 1.4°C.

Para conocer qué porcentaje de personas que no se sienten satisfechas con el ambiente térmico se utiliza el índice PPD. Fanger relacionó el PMV con el PPD a través de la siguiente ecuación:

$$PPD = 100 - 95 e^{[-(0.03353PMV^4 + 0.2179PMV^2)]} \quad (2.5)$$

donde PPD es el porcentaje previsto de personas insatisfechas y PMV es el Voto medio directo.

Se definen a las personas insatisfechas como aquellas que otorgan una valoración de [-2, -3] y [+2, +3] a unas condiciones microclimáticas dadas (UPC, 2016).

Se demuestra que el grado de personas insatisfechas es 5%, incluso cuando la situación del PMV es cero, es decir para condiciones térmicas óptimas.

Los estándares recomiendan que para satisfacer los requerimientos de confort térmico, el 90% de los individuos debe sentirse térmicamente confortable. Esto significa que el PMV debe estar entre -0.5 y +0.5, y que el PPD debe ser menor al 10% (ASHRAE 55, 2004).

Para el estudio se aplicó el PMV, a manera de prueba, considerando que el ambiente a evaluar contaría con ventilación natural, que la temperatura del aire podría ser mayor de 30°C

(parámetro que sobrepasa el intervalo recomendado) y que los ocupantes no estarían acostumbrados al ambiente ni con vestimentas pre establecidas.

Modelo Adaptativo

Los modelos de adaptación, como enfoque cualitativo, se utilizan cuando existe la posibilidad de que la ventilación se realice de manera natural. El modelo se fundamenta en resultados de numeroso estudios de confort térmico realizados en campo, y bajo una amplia gama de condiciones climáticas. Estudios que establecieron una relación entre la temperatura de confort y las variables climáticas externas.

Humphreys (1978 citado por Gómez, et al. 2007), establece varios conceptos importantes como la dependencia entre la temperatura de neutralidad y la temperatura media del exterior. Humphreys y Nicol (1998 citado por Gómez, et al. 2007) puntualizan que los estudios hechos en laboratorio revelan el efecto que ejercen las condiciones ambientales sobre la fisiología humana y la comodidad, pero si se desea entender el comportamiento humano, (como la gente se adapta a su ambiente y como lo modifica para permanecer confortable), lo que se debe de estudiar es a la gente en su hábitat natural. De esta manera se han desarrollado modelos de adaptación que determinan la temperatura de neutralidad en función de la temperatura media exterior de cada sitio en particular. Gómez et al. (2007), describen que por lo regular, los modelos se obtienen a partir de procesos de regresión lineal, con la forma de ecuación de las rectas:

$$T_n = b + m (T_{em}) \quad (2.6)$$

donde T_n es la temperatura de confort o de neutralidad, b es el punto donde la recta de regresión corta el eje de las ordenadas, m es la pendiente de la recta de regresión, T_{em} es la temperatura exterior promedio.

Los valores de b y m han variado por diferentes autores para la construcción de modelos de confort térmico.

Los proyectos de investigación con el modelo de adaptación resultan más económicos, ya que no implica la construcción, el equipamiento y la operación de cámaras de clima controlando, usualmente costosas. De esta manera las investigaciones pueden extenderse a lo

largo del tiempo y así obtener mayor cantidad de datos en un contexto de diversidad de climas, logrando las evidencias se multipliquen.

Trabajos de Auliciems y Szokolay (1997) y De Dear Brager (1998, citado por Gómez 2007) demuestran que el modelo es útil para la toma de decisiones en los procesos de diseño en función del ahorro de energía en los edificios, cuya particularidad es su enfoque claro hacia el diseño arquitectónico. Postulado que se aplica en el presente estudio, tomado en cuenta en el diseño de las estrategias de arquitectura ecológica.

El estándar ASHRAE 55 (2004) incluye un método opcional para determinar las condiciones de confort en ambientes naturalmente ventilados, donde se aplica el modelo adaptativo de confort. El estándar especifica que la temperatura media del exterior debe ser superior a 10 ° C y menor de 33,5 ° C, y los ocupantes deben tener niveles de actividad entre 1,0 y 1,3 met y tener la libertad de adaptar su nivel de prendas de vestir.

La Figura 2.2, extraída del estándar ASHRAE 55, incluye dos conjuntos de límites de temperatura operativa, uno para el 80% de aceptabilidad y otro para el 90%. La figura está basada en un modelo adaptativo de confort térmico que es derivado de una base de datos global de 21000 mediciones tomadas principalmente en oficinas. No se requieren límites de humedad o la velocidad del aire cuando se utiliza esta opción.

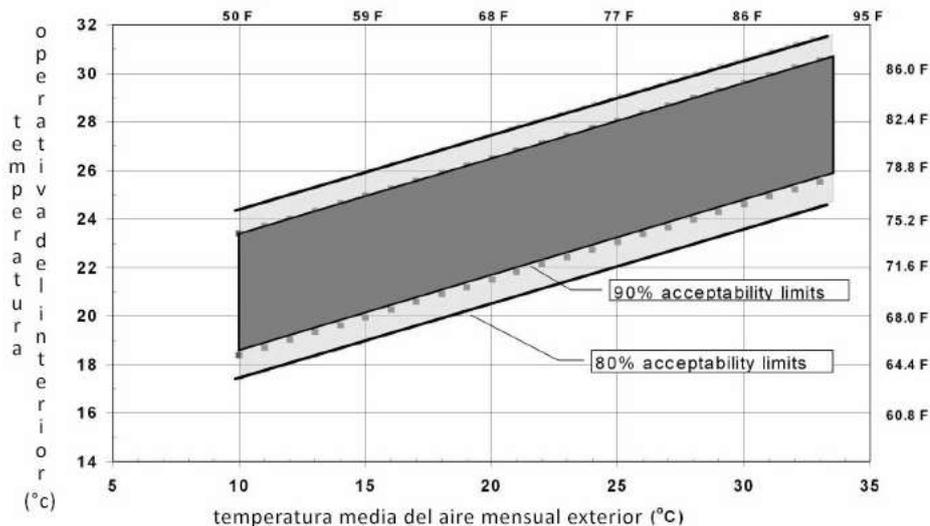


Figura 2.1. Rangos de temperaturas operativas para espacios naturalmente ventilados - Estándar ASHRAE 55. ASHRAE (2004)

Representación visual y zona de confort térmico

La visualización grafica ayuda a entender y actuar sobre los datos de forma rápida y eficaz. Actualmente con las computadoras y el uso de tecnología de navegadores permite aplicaciones accesibles, científicas en tiempo real.

El estándar ASHRAE 55 especifica las zonas de confort en un diagrama psicrométrico como el de la Figura 2.3. En estas zonas el 80% de las personas se sentirán térmicamente confortable. Este porcentaje está basado en un 10% de insatisfacción térmica utilizando el criterio del índice PMV-PPD y el otro 10% debido a una posible disconformidad térmica local. Estas zonas de confort se pueden representar en el diagrama psicrométrico de dos maneras:

- El método gráfico, para tasas metabólicas entre 1.0 met y 1.3 met y aislamiento de la ropa entre 0.5 clo y 1.00 clo, asumiendo que son condiciones de verano y de invierno, con velocidades del aire no mayor que 0.2 m/s. El enfoque de este método solo es razonable para los espacios en los que el bulbo seco y la temperatura radiante media pueden ser considerados iguales o parecidos. Si difieren, entonces se reduce la exactitud del método gráfico (Figura 2.2)
- El método por modelo de computadora, que permite una mayor flexibilidad, para tasas metabólicas entre 1.0 met y 2.0 met y aislamiento de la ropa de 1.5 clo o menos (se puede cambiar la actividad metabólica o aislamiento de la ropa), permite la liberación de la restricción de humedad máxima.

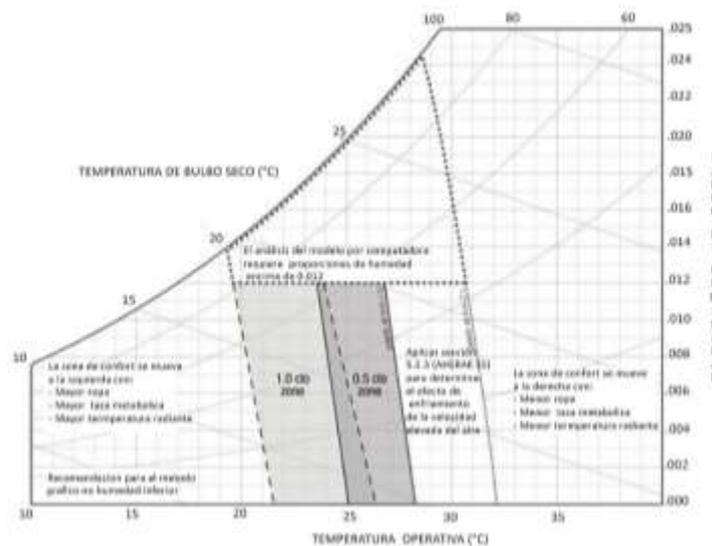


Figura 2.2. Diagrama psicrométrico - ASHRAE 55. Adaptado de ASHRAE (2004)

El Diagrama psicrométrico muestra la superposición de dos zonas de confort para 0.5 y 1.0 clo (condiciones de verano e invierno), tasa metabólica de 1.1 met., sin límite mínimo de humedad y un máximo de 0.012 kgw / kgda., velocidad de aire por debajo que 0.2m/s. (ASHRAE 55, 2004)

Las representaciones de zona de confort mencionadas tienen la limitación de ser estáticas, no proporciona ninguna interacción y la zona de confort se basa en valores fijos, como aislamiento de la ropa y de la actividad metabólica. Una visualización interactiva permitiría a los usuarios cambiar dinámicamente las variables de entrada, viendo los resultados directamente en la tabla.

2.2.2.6 CBE Thermal Comfort Tool - ASHRAE Estándar 55

(Schiavon, Hoyt y Piccioli, 2014).

Objetivo y descripción del simulador

Desarrollar una aplicación web gráfica para la predicción del confort térmico de acuerdo con la norma ASHRAE 55. Incluye los modelos: PMV- PPD con incremento de velocidad de aire y el modelo de confort adaptativo

Es una multiplataforma, gratuita, y proporciona una representación visual precisa y altamente, interactiva de la zona de confort. Sus principales características son: visualización dinámica de la zona de confort en el diagrama psicrométrico, temperatura - humedad relativa y diagramas de adaptación; nueva implementación del modelo de velocidad elevada del aire (Elevated Air Speed Model); PPD - evaluación de la desconformidad térmica local; automatización de documentos de cumplimiento para créditos de confort térmico LEED; tablas y modelos dinámicos de actividad metabólica y de aislamiento de ropa, y el cumplimiento del estándar. La herramienta puede ser utilizada por arquitectos, ingenieros, operadores de construcción, educadores y estudiantes.

El simulador proporciona opciones para dos alternativas de evaluación del confort térmico, con la verificación del cumplimiento de la norma ASHRAE 55-2013: para el caso de una edificación con equipos adicionales para el movimiento del aire (como ventiladores de

techo o ventiladores de mesa) se puede utilizar el modelo del índice PMV, con velocidad alta. Y para una edificación con ventilación natural, con baja energía, se puede utilizar el modelo de confort adaptativo, como lo es el caso del Modelo Arquitectónico - Cabaña de bambú.

Tabla 2.5. Descripción del simulador CBE Thermal Comfort Tool (Schiavon, et al., 2014).

Descripción del simulador : CBE Thermal Comfort Tool	
Título del Simulador:	CBE Thermal Comfort Tool. Herramienta online para evaluar el confort de acuerdo a la norma ASHRAE-55.
Título de la investigación:	Web application for thermal comfort visualization and calculation according to ASHRAE Standard 55
Status (actualizado 01/05/2014):	En curso
Tipo de herramienta:	Herramienta de simulación
Países en donde se ha desarrollado:	América del Norte
Pais donde está en uso:	América del Norte
Cobertura geográfica:	Internacional
Tema:	El confort térmico, calidad del aire interior
Grupo Objetivo:	Profesionales de la construcción
Información del autor (s)	
Nombre:	Hoyt Tyler, Schiavon Stefano, Piccioli Alberto, Luna Dustin y Steinfeld Kyle (Center for the Built Environment, University of California, Wurster Hall, Berkeley, CA)
Editorial:	Center for the Built Environment, University of California Berkeley
URL Editorial:	http://cbe.berkeley.edu/comforttool
Descripción Financiación:	Center for Built Environment (CBE) Industry Consortium.

Aplicación de Web: Software de arquitectura y algoritmo de velocidad elevada del aire

El objetivo de este proyecto ha sido el desarrollo de una aplicación web para el cálculo integral de conformidad térmica, la visualización, el diseño, y el cumplimiento de acuerdo a la última norma ASHRAE 55, apto para todas las plataformas de sistemas operativos y frecuentemente actualizado según la nueva adición y principales revisiones del Standard.

La aplicación web está disponible gratuitamente en <http://cbe.berkeley.edu/comforttool> (2015). Plantea también una estructura de la herramienta y el algoritmo para el modelo de velocidad elevada del aire que fusiona los modelos de SET y

PMV para la evaluación del confort térmico cuando la velocidad del aire es superior a 0,15 m / s., aun no publicado. Mayor información ver el documento de los autores.

La grafica siguiente (Figura 2.3) muestra la interfaz de la aplicación web de CBE Thermal Comfort Tool.

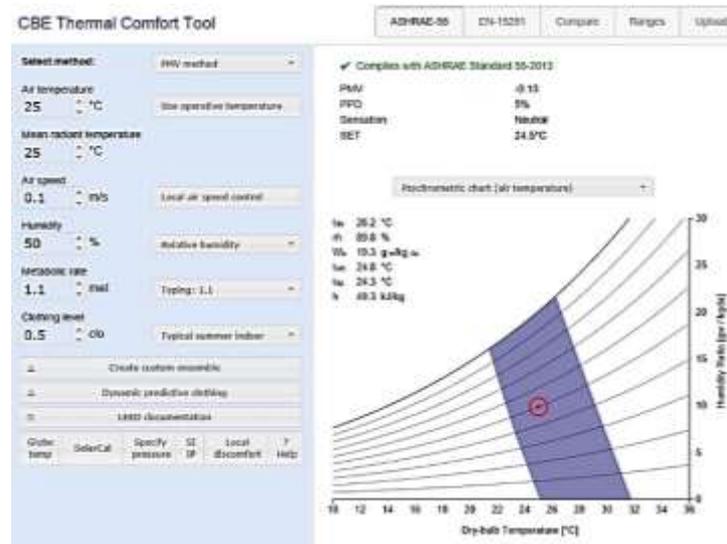


Figura 2.3. CBE Thermal Comfort Tool (Schiavon et al., 2014).

En el lado izquierdo, el usuario puede seleccionar el modelo que va utilizar (PMV y/o Modelo de Confort Adaptativo) y especificar las entradas para los seis parámetros que afectan el confort térmico, así como hay otras opciones y características. En el lado derecho superior, se muestran mensajes de cumplimiento y los resultados de los cálculos. Por debajo, se proporciona una representación de la zona de confort térmico en gráficos interactivos (psicrométrica, humedad relativa, temperatura, gráficos de adaptación), dependiendo del método seleccionado.

La aplicación web es una aplicación creada con JavaScript, HTML y CSS. Ver estructura de la aplicación web y algoritmo de velocidad elevada del aire en el Anexo II.5.

Visualizaciones en la aplicación de la web

Hay tres tablas principales en la aplicación de la web, dos para los métodos PMV y la velocidad elevada del aire y otro para el método de confort adaptativo. Todas las visualizaciones son para los sistemas de métricas e imperiales, y las unidades se pueden activar fácilmente.

a. Diagrama psicrométrico

Para el método de PMV, la visualización principal de las condiciones de confort es el diagrama psicrométrico (Figura 2.4a). Las entradas son los seis factores primarios que afectan el confort térmico. La zona de confort que se muestra en azul representa la combinación aceptable de los valores de humedad y de temperatura de bulbo seco de acuerdo a la norma, dado que los otros cuatro parámetros se mantienen constantes. En particular, el límite de confort contiene las condiciones para que el PMV esté entre -0,5 y 0,5, lo que representa 90% de los ocupantes satisfechos en el espacio. El punto rojo representa los valores de temperatura y humedad de bulbo seco en las entradas. Ambos, la zona de confort y el punto rojo son interactivos y su posición puede ser modificada por el cambio de las variables de entrada. En este diagrama, cada punto tiene diferente temperatura y humedad, mientras que el TRM es constante, diferente al de la norma ASHRAE 55-2010. En la aplicación web, el usuario puede seleccionar el uso de la temperatura operativa en lugar de bulbo seco y la TRM por separado; al hacerlo, estas dos variables se establecen iguales.

Para el modelo de confort adaptativo los autores desarrollaron un diagrama separado.

b. Temperatura – diagrama de humedad relativa

Versión simplificada del diagrama psicrométrico, donde los resultados son similares. Se presenta la humedad en el eje “y” en términos de humedad relativa (Figura 2.4b). Los factores ambientales y personales son los mismos para ambas representaciones y las regiones de confort son similares (Figura 2.4a y 2.4b).

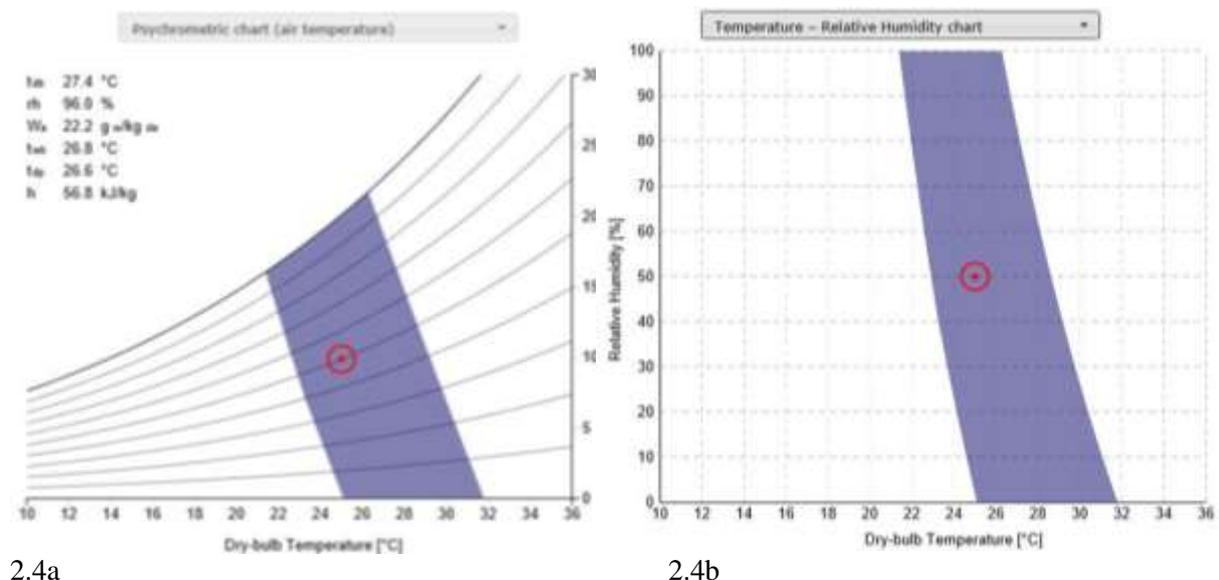


Figura 2.4. Visualizaciones de zona de confort térmica para las mismas condiciones de entrada Diagrama Psicrométrico (a) Temperatura-Diagrama Humedad Relativa (b) (Schiavon et al., 2014).

c. Comparación de confort térmico

Es una alternativa para la comparación visual de las implicancias del confort térmico en alternativas de diseño o de estrategias operativas. Se puede comparar la evaluación de dos ambientes al mismo tiempo. Las zonas de confort se representan utilizando los mismos modelos de confort (PMV y velocidad elevada del aire), pero con diferentes variables ambientales o personales. La segunda zona se superpondrá a la primera uno en un color diferente (Figura 2.5).

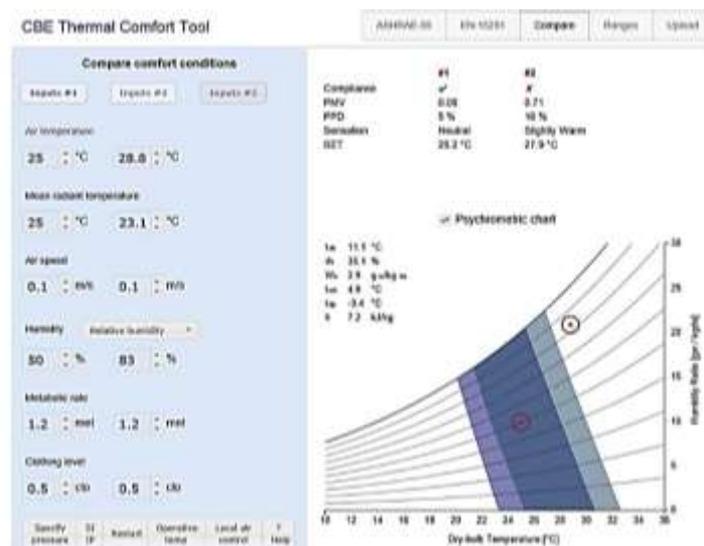


Figura 2.5. Comparación de condiciones de confort (Schiavon, et al., 2014).

La Figura 2.5 es la gráfica de comparación de las condiciones de confort térmico donde se muestran dos escenarios. Los parámetros de entrada se pueden ver en el lado izquierdo, mientras que a la derecha en la parte superior están los resultados de las ecuaciones PMV, y la visualización de las dos condiciones en diagrama psicrométrico en la parte inferior, las salidas de velocidad elevada del aire en el caso de la velocidad del aire $> 0,15 \text{ m / s}$.

c. Visualización del Confort Adaptativo

Para el modelo de Confort Adaptativo del estándar ASHRAE 55-2010 (De Dear y Brager, 1998 citado por Schiavon, et al., 2014), la zona de confort se representa en un gráfico con la temperatura operativa interior en la coordenada ordenada (“y”) y con la temperatura media del exterior en la abscisa (“x”). Las zonas de confort que se muestran en la Figura 2.7

representan el 80% y 90% de los niveles de aceptabilidad de los ocupantes satisfechos. El punto rojo es la condición de entrada, que cumple con el estándar si se encuentra dentro de los límites de aceptabilidad del 80%. En esta visualización, la zona de confort cambia solo en respuesta a la entrada de velocidad de aire, que compensa el límite superior de confort por una cantidad fija, dependiendo de la intensidad de aire.



Figura 2.6. Visualización de la entrada, rangos de confort térmico y cumplimiento de acuerdo con el modelo Adaptativo de Confort cuando la velocidad del aire es 0,9 m / s (Schiavon, et al., 2014).

Razón de uso del simulador en el Estudio

El simulador ha desarrollado una serie de características importantes expuestas anteriormente que le permite ofrecer un amplio espectro de aplicabilidad. Al entender de los autores, la aplicación web es la herramienta interactiva más actualizada a la fecha para la norma ASHRAE 55-2010 y 2013.

El estudio evaluó la aplicabilidad del simulador y lo aplico en la fase final para estimar las condiciones térmicas en la habitación experimental = población muestral, en base al procesamiento de datos obtenidos de los parámetros ambientales y personales, utilizando los modelos de PMV con velocidad alta y el de confort adaptativo.

Tanto los datos que se ingresan como los resultados quedan registrados momentáneamente en la web, el simulador no tiene opción para descargar la información

obtenida luego de la evaluación. En tal sentido todos los resultados parciales fueron capturados como imagen y guardados.

2.2. Hipótesis

Las estrategias de arquitectura ecológica con bambú tendrían implicancia favorable en el confort térmico en el Parque Nacional Manu, Cusco.

Hipótesis específicas:

1. El medio físico utilizando materiales naturales locales como el bambú, interviene en las estrategias de arquitectura ecológica y tendría implicancia favorable en el confort térmico, en el Parque Nacional del Manu, Cusco.
2. El diseño y construcción del modelo arquitectónico intervienen en las estrategias de arquitectura ecológica con bambú y tendrían implicancia favorable en el confort térmico, en el Parque Nacional del Manu, Cusco.

2.3. Variables

Para el diseño muestral se utilizaron las siguientes variables

Variable independiente

X: Estrategias de arquitectura ecológica con bambú

Dimensiones:

X1: Medio físico natural y Uso del bambú local

X2: Diseño y Construcción

Los indicadores se describen en el numeral 3.2.2 Diseño Muestral del Capítulo III.

Variable Dependiente

Y: Confort térmico

Dimensiones:

Y1: Parámetros personales

Y2: Parámetros ambientales

Los indicadores se describen en el numeral 3.2.2 Diseño Muestral del Capítulo III.

Capítulo III

Metodología de Investigación

3.1 Diseño de la investigación

La investigación presente es de tipo adaptativa y el método aplicado es experimental. En donde la variable independiente (X) Estrategias de arquitectura ecológica con bambú, fue diseñada y manejada para lograr un mayor control de la evidencia de la causa – efecto que tendría la variable dependiente (Y) Confort térmico. Este manejo se controlaría con la eficiencia y aplicación de las estrategias en un Modelo Arquitectónico para el Parque Nacional del Manu, donde se mediría el efecto de las condiciones térmicas.

Para lo cual la investigación tuvo dos etapas: en la primera se evaluaron y desarrollaron las estrategias de arquitectura ecológica con bambú, considerando dos dimensiones denominados ejes principales: Medio físico natural y Uso del bambú local (dimensión X1), y diseño y construcción (dimensión X2) del Modelo Arquitectónico. Cada uno con sus respectivas fases y componentes que fueron materia de análisis y evaluación para definir los lineamientos de las estrategias y al mismo tiempo fueron aplicados en el desarrollo

del Modelo – Cabaña de bambú, consolidando dos productos en dos fases: el Proyecto Arquitectónico del Modelo y la construcción del Modelo.

Previo al desarrollo del estudio y del Modelo Arquitectónico, se establecieron algunos criterios y requisitos fundamentales que debían cumplirse para la sostenibilidad del Modelo propuesto, en el Sector I de la Zona de Amortiguamiento del Parque nacional del Manu. (Tabla 3.1)

Tabla 3.1. Criterios y requisitos para el desarrollo del estudio y del Modelo Arquitectónico en la ZA del PNM.

Criterio		Requisitos
1	Lugar- Condicionantes	1a Existencia del recurso bambú, especies nativas.
		1b Riqueza cultural, existencia de pueblos nativos amazónicos en la periferia para su valoración.
		1c Antecedentes del uso del recurso en la zona.
		1d Accesibilidad
2	Sostenibilidad - Compromiso ambiental, social, cultural	2a Estudio del medio físico ambiental
		2b Estudio de los materiales naturales y locales.
		2c Estudio del uso racional del recurso renovable natural: el bambú, en la Amazonia peruana, para darle valor agregado como material de construcción, como sustituto a la madera.
		2d Estudio formal y geométrico del diseño en armonía con la naturaleza.
		2e Estudio referencial de los pueblos amazónicos de la zona, identificación de los pobladores del entorno (nativos, colonos y/o no permanente).
		2f Estudio de las condicionantes del Parque Nacional del Manu y la Zona de Amortiguamiento, Plan Maestro 2015 -2018.
3	Investigación – Fundamento	3a Estudio de las características de las especies de bambú a utilizar, identificación taxonómica, morfología, propiedades estructurales. (1)
		3b Estudio de los procesos para la obtención del bambú como material, previendo el mínimo impacto.
		3c Estudio de la geometría y su relación con la naturaleza.
		3d Estudio de las principales características socio culturales, y económicos, patrones arquitectónicos y sistemas constructivos.
		3e Estudio del sistema constructivo con bambú apropiado con mínimo impacto, que permita la autoconstrucción, sistema de fácil de asimilación y aprendizaje.
		3f Estudio de las condiciones para lograr confort térmico

(1) Los estudios de identificación y de propiedades estructurales (físico y mecánicas), se realizaron de manera referencial paralelamente a la tesis, sin embargo son necesarios profundizarlos.

En una segunda etapa, luego de un año de vida del Modelo – Cabaña de bambú, se procedió con el desarrollo de la evaluación de sus condiciones de confort térmico, tomando como muestra representativa la evaluación de una habitación de la edificación: ambiente con ventilación natural.

Para tener un diagnóstico más amplio se planteó la comparación con las condiciones de confort térmico de una habitación de una edificación local, contemplando tenga las mismas características en cuanto a la ventilación y uso de materiales naturales, así como ser considerada para el poblador local, térmicamente comfortable.

Tomando como base el estándar ASHRAE 55, la revisión de literatura especializada relacionada al confort térmico, la casuística del estudio con sus limitantes en cuanto a la disposición de equipos y tiempo de evaluación, se planteó y desarrollo un sistema de recolección y procesamiento de datos para la evaluación del confort térmico de la edificación experimental y de la edificación local, utilizando para el procesamiento de datos el simulador virtual CBE Thermal Comfort Tool - estándar ASHRAE 55 con sus aplicaciones: modelo PMV y modelo Adaptativo de Confort. Los resultados obtenidos se analizaron primero de manera individual para cada edificación y luego se compararon de acuerdo a los modelos aplicados. Para el caso del modelo PMV, se utilizó otra aplicación del simulador: comparación de confort térmico.

Estos resultados verificaron el grado de implicancia que tuvieron las estrategias de arquitectura ecológica con bambú en el confort térmico, en el Parque Nacional del Manu, Cusco.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población de estudio:

La población de estudio comprendió una habitación experimental, relacionada con todas las variables.

3.2.2 Diseño Muestral

Para el diseño muestral se analizaron las siguientes variables:

Variable independiente X: Estrategias de arquitectura ecológica con bambú

Para alcanzar la relación con la dimensión del Medio físico natural y el Uso del bambú local (X1) se dividió en dos sub dimensiones: Medio físico natural (X1.1) y Uso del bambú local (X1.2) y se analizaron los siguientes indicadores para cada una:

X1.1 Medio físico natural

1. Clima (temperatura, vientos, precipitación, humedad).
2. Elementos geológicos (zona sísmica).
3. Suelos (fértil).
4. Agua (cuerpos de agua superficiales, aguas superficiales de escurrimiento).
5. Relieve (pendientes, topoclima, accidentes).
6. Vegetación del entorno (árboles, arbustos, gramíneas).
7. Fauna (insectos, mamíferos, aves).
8. Materiales naturales y locales

X1.2 Uso del bambú local

1. Calidad y cantidad de especies seleccionadas.
2. Propiedades estructurales de especies seleccionadas e identificadas.
3. Sostenibilidad del bambú como material.

Para alcanzar la relación con la dimensión diseño y construcción (X2), se dividió en dos sub dimensiones y a su vez dos fases: diseño arquitectónico (X2.1) y construcción (X2.2) y se analizaron los siguientes indicadores:

X2.1 Diseño arquitectónico - Fase 1

1. Emplazamiento
2. Geometría y naturaleza
3. Acondicionamiento ambiental
4. Contexto socio cultural
5. Criterios de diseño– bambú

Como resultado de esta primera fase se obtuvo el Proyecto del Modelo Arquitectónico, sobre el cual se identificó la población de estudio: habitación experimental

X2.2 Construcción – Fase 2

1. Recurso humano
2. Cantidad de bambú
3. Prácticas Ambientales - Energía y Residuos

Esta segunda fase se evaluó durante el desarrollo de la construcción.

Variable dependiente Y: Confort Térmico

Para estimar las condiciones de confort térmico en el Modelo – cabaña de bambú, se tomó como muestra representativa la evaluación del confort térmico de su habitación interior: área social o privada.

La evaluación consta de la comparación del confort térmico de la habitación del Modelo, denominada habitación experimental (ambiente 2) frente al confort térmico de una habitación de una edificación local (ambiente 1) con características similares, en cuanto a los materiales y ventilación natural.

Se consideraron dos dimensiones con los siguientes indicadores de acuerdo al estándar ASHRAE 55:

Y1 Parámetros personales:

1. Aislamiento de la ropa
2. Tasa metabólica

Y2 Parámetros ambientales:

1. Temperatura del aire
2. Temperatura radiante
3. Humedad relativa
4. Velocidad relativa del aire

3.3 Técnicas e instrumentos

Sobre la base de una primera visita de diagnóstico al ámbito de estudio en la estación biológica de Villa Carmen, guiada por el personal de ACCA, de información reportada en la literatura, información proporcionada por investigadores nacionales e internacionales que han realizado estudios sobre taxonomía y distribución de bambúes en la zona, estudios estructurales, normatividad y experiencias de uso de bambúes en construcción, se determinó los tres géneros a utilizar en la tesis para que al mismo tiempo sean estudiados en dos aspectos: identificación taxonómica de las especies y evaluación de sus propiedades estructurales- características físico mecánicas.

Ambos estudios se realizaron paralelamente a la tesis por el autor entre finales del 2012 y principios del 2013, de manera básica, basados en protocolos convenientes para cada investigación sugeridos por especialistas (taxonomía) y estándares internacionales - ISO 22157-2004 Bamboo - Determination of physical and mechanical, con el fin de tener un conocimiento base de la identificación de las tres especies y sus propiedades estructurales para determinar su uso en las estrategias y en el Modelo. Para la presente tesis se utilizan los resultados de los informes de la identificación taxonómica y de las propiedades mecánicas (compresión y corte paralelo a la fibra)

Así mismo, mediante la observación, entrevistas, recolección de documentos y materiales y mediciones se determinaron y consolidaron los lineamientos para el desarrollo de las estrategias de arquitectura ecológica con bambú.

Para el caso del confort térmico de la recolección de datos de parámetros objetivos del confort térmico (parámetros ambientales y personales), el equipo básico estuvo compuesto por:

- Hygrometer digital (temperatura del aire y humedad relativa, temperatura radiante media)
- Termómetro de mercurio seco (temperatura del aire)
- Anemómetro (velocidad del viento)
- Wind Gauge – RadioShack (velocidad del viento)
- Solar Power Meter – TENMARS (radiación solar)

- Brújula
- Fichas impresas
- Libreta de campo
- Útiles de oficina
- Cámara fotográfica

Para el procesamiento de datos se aplicó el simulador web CBE Thermal Comfort Tool, de acuerdo a al estándar ASHRAE 55.

3.4 Recolección de datos

Eje estratégico 1: Medio físico natural y Uso del bambú local

3.4.1 Medio físico natural

El presente trabajo considera como ámbito de intervención el área periférica de la casa hacienda del campus de la Estación Biológica de Villa Carmen (coordenadas: 12°53'41.14" S, 71°23'13.34"O, altitud: 550 msnm), Sector I de la Zona de Amortiguamiento del PNM, tomándola como centro con un radio de influencia de aproximadamente 6.5 km. Esta determinación se debió para el aprovechamiento de las poblaciones de bambú más cercanas a la estación, para su utilización en la construcción, por la fácil accesibilidad y factibilidad del recurso.

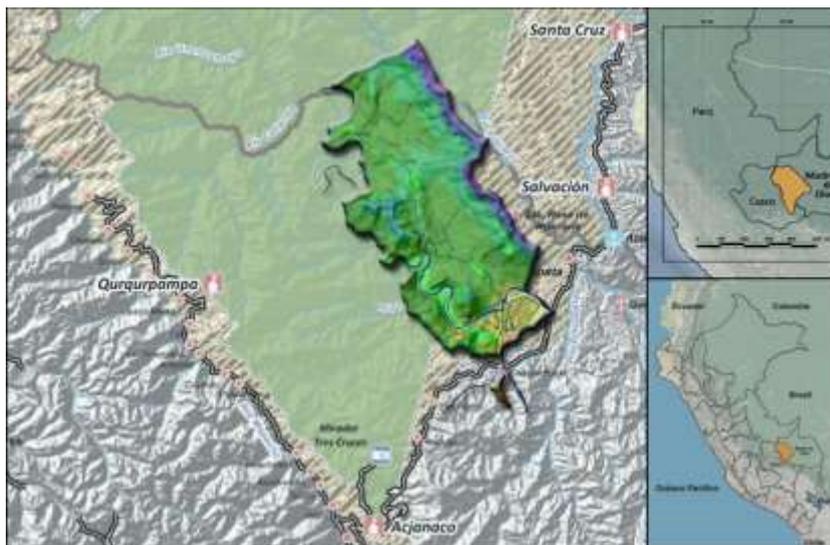


Figura 3.1. Mapa de localización de la Estación Biológica de Villa Carmen con respecto al Perú, Región y Parque Nacional del Manu

Los componentes y o indicadores del Medio físico natural se tomaron en cuenta de acuerdo a su influencia e importancia en la zona de estudio, los mismos que definirán los parámetros para el diseño y el emplazamiento adecuado del Modelo en armonía con el medio natural, respondiendo a criterios bioclimáticos, ecológicos, de adaptación y prevención ante fenómenos naturales. La recolección de datos se empezó a finales del año 2012, mediante la observación y percepción así como de literatura. A continuación se describen:

1. **Clima:** la temperatura promedio anual es de 23°C, temperatura máxima 32°C (durante días soleados de agosto a noviembre), temperatura mínima 10°C (durante frentes fríos o “friales” de mayo a agosto). La precipitación promedio anual es de 3000-4000mm, la estación lluviosa es de noviembre a marzo, siendo el mes más lluvioso en febrero y el más seco agosto. El viento prevalente de NNE. Por estas características físicas se ubica en la Eco región de Selva Alta (Brack Egg, 1996) y en la Zona Climática 8: Sub Tropical Húmedo, según la Zonificación Climática del Perú, la cual tiene las siguientes características climáticas generales:

Tabla 3.2. Características Climáticas Generales – Zona 8 Subtropical (MVCS, 2014)

Características Climáticas Generales - Zona 8	
1	Clima Subtropical muy húmedo
2	Horas de sol Promedio diario entre 3,5 y 6.5
3	Humedad Relativa Media Mayor al 75%
4	Luminancia exterior 7500 lúmenes aproximadamente
5	Precipitaciones Rango anual aproximado de 600 mm a 1000 mm hacia el norte. Hacia el centro sur un aproximado del 2000 mm.
6	Radiación solar Promedio aproximado de 5 kW.h/m ² a 6kW.h/m ²
7	Temperatura Promedio aproximado de 25 C.
8	Equivalente clasificación de Koppen AW



Figura 3.2. Zona Climática 8: Sub Tropical – Ubicación de la Zona Climática según Mapa del Perú.
(MVCS, 2014)

Para esta Zona Climática 8: Sub Tropical, el MVCS – Dirección Nacional de Construcción elaboró recomendaciones de diseño y construcción para edificaciones bioclimáticas con eficiencia energética (Tabla 3.3).

2. **Elementos geológicos:** según el mapa de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente, Región Cusco se encuentra en la zona sísmica = 2, amenaza sísmica = intermedia, aceleración = 0.20g, factor $C_b = 0.16$ a considerarse en el diseño estructural.
3. **Suelos:** fértiles.
4. **Componente agua:** diversos cuerpos de agua rodean la zona, encontrándose en la confluencia del Río Piñipiñi con el Río Pilcopata. Uno de los bordes donde se emplazara el “modelo arquitectónico” es delimitado por un afluente pequeño del río Pilcopata en un nivel más bajo.
5. **Relieve:** la pendiente del terreno es de 1° , sin embargo unos metros hacia el nor oeste el terreno se vuelve accidentado, desciende con una pendiente pronunciada de 45° aproximadamente generando una hondonada por donde pasa el canal del río, originando un topoclíma fresco que trasciende hasta el terreno.

Tabla 3.3. Recomendaciones de diseño y construcción para edificaciones bioclimáticas con eficiencia energética para la Zona Climática 8 (MVCS, 2014).

Construcción de Edificaciones Bioclimáticas y con Eficiencia Energética	
Zona Climática 8: Sub Tropical Húmedo	
Recomendaciones generales de diseño y construcción.	
MVCS– DNC	
Partido Arquitectónico	Planta lineal y abierta. Planta elevada del suelo Altura mínima del ambiente 2.50 m
Orientación	Orientación este-oeste del eje del edificio. Espacios orientados al norte y protegidos del sol. Ventanas orientadas preferentemente al norte y sur
Material de Construcción	Masa térmica baja en muros Aislamiento térmico en cobertura.
Techos	Pendiente pronunciada según material a utilizar Sistema de control de drenaje del agua proveniente de las precipitaciones (por ejemplo, canaletas). Aleros para protección de muros, zócalos y elementos externos frente a la humedad y/o radiación solar.
Pisos y Muros	Pisos antideslizantes exteriores en caso de precipitaciones. Zócalo de protección de sobre cimientos ante la humedad. Evitar calentamiento de paredes y losas circundantes por efecto de radiación solar.
Vanos	Área de vanos / Área de piso > 30% (para iluminación). Área de aberturas /Área de Piso > 15% (para ventilación).
Iluminación y parasoles	Uso de parasoles en vanos.
Ventilación	Considerar dirección de vientos locales para su máximo aprovechamiento. Orientación que permita la ventilación cruzada Generar efecto Venturi.
Vegetación	Crear sombras y espacios verdes para impedir la radiación.

6. **Vegetación del entorno:** es variada, desde árboles, arbustos, matas de bambú, pastos y jardines.
7. **Fauna:** diversa, para el estudio se consideran los insectos, murciélagos y serpientes, de los cuales tienen que ser protegidos mediante la propuesta arquitectónica.

8. **Materiales naturales y locales:** considerando los criterios de sostenibilidad para la elección de materiales y el sistema construido a emplear se seleccionó como material principal el bambú, acompañado de otros materiales naturales renovables y no renovables locales, que luego se evaluaron ambientalmente para definir y sustentar su uso en la estructura del Modelo Arquitectónico.

3.4.1.1 Diagnóstico general de las plantaciones y poblaciones naturales de bambú

En un primer diagnóstico que el autor hizo en el 2012, se registraron 3 géneros: *Guadua*, *Bambusa* y *Dendrocalamus*. 8 especies de bambúes, dos nativas y seis introducidas. Predominado las especies endémicas (*G. weberbaueri* y *G. sacocarpa*) ocupando grandes superficies de poblaciones naturales. Particularmente dos cercanas a la radio de influencia de intervención, con dificultad en el acceso, en mal estado, sin manejo técnico, con maleza, crecimiento descontrolado, culmos inclinados en diferentes ángulos, aproximadamente solo el 20 % de culmos rectos (tomando como referencia 100 m²), además de encontrar culmos mal cortados e inutilizados. Las plantaciones de las especies exóticas reconocidas, se encontraron en mejor estado que las poblaciones de pacas, pero de igual manera sin manejo técnico. Sin embargo, la accesibilidad, cercanía, cantidad de matas y morfología de estas especies, ofrecen consideraciones relevantes para su utilización así como la posibilidad para el inicio de su manejo y aprovechamiento (Cerrón, 2012).



3.3



3.4

Figura 3.3. Estado de las poblaciones de “paca”, genero *Guadua*.

Figura 3.4. Estado de una mata del género *Bambusa*



Figura 3.5. Estado de una mata del género *Dendrocalamus*

Tabla 3.4. Lista de bambúes registrados

Genero y especie	Especie nativa / introducida - exótica	Plantación/ Población natural	Superficie y/o cantidad de matas en plantación	Distancia desde la estación	Accesibilidad	Estado de la plantación y/o población
Guadua						
1 <i>G. weberbaueri</i>	nativa	Población	2 zonas con mas de 6 ha	4km-12km	dificil	sin manejo tecnico
2 <i>G. sacocarpa</i>	nativa	Población		4km-12km	dificil	sin manejo tecnico
3 <i>Guadua angustifolia</i>	introducida	Plantación	1 mata	800m	facil	sin manejo tecnico
Bambusa						
4 <i>Bambu Asiatico 1</i>	exótico	Plantación	3 matas	300m	facil	sin manejo tecnico
5 <i>Bambu Asiatico 2</i>	exótico	Plantación	2 matas	350m	facil	sin manejo tecnico
Dendrocalamus						
6 <i>Dendrocalamus 1</i>	exótico	Plantación	3 matas	150-400m	facil	sin manejo tecnico
7 <i>Dendrocalamus 2</i>	exótico	Plantación	20 matas	300m	facil	sin manejo tecnico
8 Especie desconocida	exótico	Plantación	3 matas	350m	facil	sin manejo tecnico

El cuadro nos muestra un primer alcance de la situación del recurso bambú potencialmente para ser aprovechados sosteniblemente.

3.4.2 Especies de bambúes a utilizar y propiedades - Uso del bambú local

Elección de especies locales

Se determinó las especies a utilizar tomando como base la evaluación del primer diagnóstico general de las plantaciones y poblaciones naturales de bambú existentes en el ámbito de estudio de Villa Carmen, así como la revisión de literatura especializada, considerando los siguientes criterios:

1. Utilización de una especie nativa representativa de la zona que ocupe un área extensa, para revalorarla y poder estudiar su comportamiento.
2. Utilización de especies introducidas de la zona, que se encuentren accesibles y disponibles, elegidas según sus características morfológicas (culmos parejos, dimensión de los diámetros), estado de los culmos, cantidades de culmos aprovechables, referencias internacionales de su utilización en construcción así como características estructurales documentadas.

Se seleccionaron tres (3) especies de los siguientes géneros: *Guadua*, *Bambusa* y *Dentrocalamus*.

Hasta la fecha estas tres especies no habían sido investigadas ni inventariadas, por lo que no se contaba con sustento científico referentes al taxón, propiedades físico mecánicas ni conocimiento de la cantidad de culmos maduros aprovechables por especie, que podrían ser utilizados en el diseño y construcción de la edificación experimental.

Simultáneamente al desarrollo de esta tesis, se realizaron los estudios básicos de identificación de las tres especies seleccionadas y de sus propiedades físicas mecánicas (contenido de humedad, corte y compresión a la fibra). Investigaciones realizadas por el autor conjuntamente con especialistas en taxonomía de los bambúes, Ing. X. Londoño y E. Ruiz, y para el caso de las propiedades estructurales con el laboratorio de Ingeniería de la Universidad Nacional de Ingeniería. Para el presente trabajo se tomaron datos de los resultados de los informes finales.

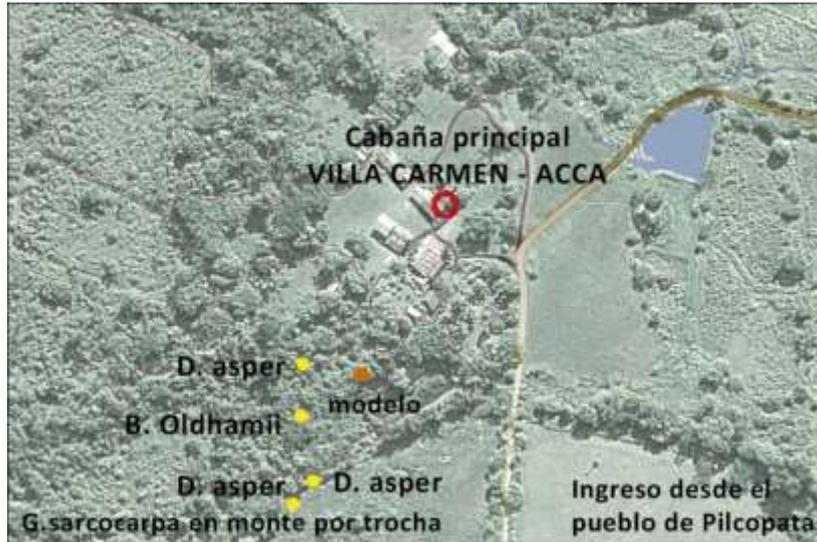


Figura 3.6. Mapa de ubicación de las especies de bambú seleccionadas en el ámbito de estudio.

Las tres (3) especies de bambúes leñosos (Bambusodae), pertenecientes a tres (3) género, uno (1) nativo del género *Guadua*, dos (2) exóticos de los géneros *Bambusa* y *Dendrocalamus* fueron identificadas como:

Guadua sarcocarpa subsp. *purpuracea* Londoño & Peterson.

Bambusa oldhamii Munro

Dendrocalamus asper (Schulf. & Schulf. f.) Backer ex K. Heyne.

Nombre científico:	<i>Guadua sarcocarpa</i> subsp. <i>purpuracea</i> Londoño & Peterson. Londoño X., 12 de enero del 2013
Nombre común:	“paca”, “paca gruesa”, “paca negra”.
Descripción del culmo:	Altura (m) x diámetro (cm): 14-16 (m) x 5-8 (cm) Entrenudos (cm): 30-98 (cm) Espesor pared (cm): 1.2 (cm) Color: culmo joven verde oscuro brillante.
Localización:	Estación Biológica de Villa Carmen, distrito de Kosñipata, Cusco, Perú, a 12°53'9.05"Sur, 71°25'21.99"Oeste y 654 msnm. 4 km de la casa hacienda de la Estación, en el monte con acceso desde la trocha 2.
Descripción en el lugar:	Denominado, por la estación biológica Villa Carmen, como

	<p>“parche de bambú”, ubicado en el monte, terreno accidentado. Rodeado de bosque secundario y selva baja y transición de bosque montano. Temperatura promedio anual de 23°C y precipitación promedio anual de 5300 mm.</p>
Distribución en el Perú:	<p>Se han encontrado ejemplares en la cuenca del río Ucayali, Cusco, Madre de Dios y Pasco. Presente en las colinas de los altos de los ríos los Amigos y Amiguillos.</p>
Usos en la zona:	<p>Se ha encontrado que los frutos son alimento de un roedor llamado parcana. Utilizado por los Machiguengas en actos ceremoniales, flechas, fabricación de instrumentos musicales, sancochadores de pescado y en algunos elementos de su vivienda temporal, pero desconocen sus posibilidades de uso para construcciones permanentes.</p> <p>En el pueblo de Pilcopata se observó su uso en el cerramiento de algunas viviendas, en otros pueblos de Paucartambo se observó su uso en forma de esterilla en los techos de las viviendas.</p>
Nombre científico:	<p><i>Bambusa oldhamii</i> Munro</p> <p>Ruiz E., Saporito R., 20 de febrero de 2014.</p>
Nombre común:	<p>“Bambú verde”</p>
Descripción del culmo:	<p>Altura (m) x diámetro (cm): 14-16 (m) x 7-8 (cm)</p> <p>Entrenudos (cm): 30-40 (cm)</p> <p>Espesor pared (cm): 1 (cm)</p> <p>Color: verde oscuro opaco.</p>
Localización:	<p>Estación Biológica de Villa Carmen, distrito de Kosñipata, Cusco, Perú, a 12°53'44.88" Sur, 71°24'15.69" Oeste y 522 msnm. 100 m de la casa hacienda de la Estación.</p>
Descripción en el lugar:	<p>Vegetación circundante entre bosque seco secundario y pastos, huertos y jardines de la Estación. Temperatura promedio anual es de 23°C y precipitación promedio anual de 5300 mm.</p>

Distribución en el Perú:	Se han encontrado ejemplares en las regiones San Martín y Amazonas, es importante mencionar que quizás todas estas especies son procedentes de la Estación Experimental de Tingo María, en Huánuco, en donde el F. A. Mc Clure realizó en el año 1943 una de las colecciones de bambúes más grandes de Sur América (Londoño, 2010).
Usos en el sitio:	No se reportan usos en la zona
Nombre científico:	<i>Dendrocalamus asper</i> (Schulf. & Schulf. f.) Backer ex K. Heyne. Ruiz E., Saporito R., 20 de febrero de 2014.
Nombre común:	“bambú gigante”
Descripción del culmo:	Altura (m) x diámetro (cm): 25-30 (m) x 16-18 (cm) Entrenudos (cm): 30-45 (cm) Espesor pared (cm): 3-4 (cm) Color: verde oscuro opaco
Localización:	Estación Biológica de Villa Carmen, distrito de Kosñipata, Cusco, Perú, a 12°53'46.00" Sur, 71°24'15.49" Oeste y 521 msnm. 150 m de la casa hacienda de la Estación, en la trocha 2
Descripción en el lugar:	Vegetación circundante entre bosque seco secundario y pastos, huertos y jardines de la Estación. Terreno semi plano, junto a trocha. Temperatura promedio anual es de 23°C y precipitación promedio anual de 5300 mm.
Distribución en el Perú:	Se han encontrado ejemplares en las regiones San Martín y Amazonas, es importante mencionar que quizás todas estas especies son procedentes de la Estación Experimental de Tingo María, en Huánuco, en donde F. A. Mc Clure realizó en el año 1943 una de las colecciones de bambúes más grandes de Sur América (Londoño, 2010).
Usos en el sitio:	No se reportaron usos en la zona.



3.7



3.8

Figura 3.7. *G. sarcocarpa* – Culmo en habito

Figura 3.8. *D. asper* - Habito de crecimiento- mata



Figura 3.9 *B oldhamii* - Habito Erecto curvado en la punta

La *Guadua sarcocarpa* siendo una especie del género *Guadua*, potencialmente estructural, puede ser utilizada, por sus diámetros, paredes y morfología del culmo para estructuras ligeras y curvadas en diferentes formas, rolliza, como esterilla o en latillas. Su tallo es muy brillante por lo que presenta una buena estética. La *Bambusa oldhamii*, en otros

países como México, se utiliza en construcción y muebles principalmente. Tiene buena calidad de fibra por lo que también se utiliza en fabricar papel, tejido y esteras, especie con potencial para construcciones ligeras en diversas formas, rollizo, como esterilla o en latillas. En el caso del *Dendrocalamus asper*, se utiliza también en construcción (Thailandia, Filipinas, Indonesia) así como sus brotes para alimento. En Perú, en la zona de Chanchamayo se ha encontrado que se usa para construcción, muebles y tolderas de camión.

Propiedades estructurales – Características físico mecánicas.

Cerrón en el 2013 realizó los estudios de las propiedades estructurales de las tres especies identificadas, para lo cual se realizaron 3 tipos de ensayos: contenido de humedad para sus propiedades físicas, corte y compresión paralelo a la fibra para sus propiedades mecánicas, se realizaron 5 muestras por cada ensayo para cada especie. Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3.5. Resultados de los ensayos: Contenido de Humedad - Corte/Cizallamiento – Compresión (UNI, 2013 Anexo III.2)

Especie	Humedad promedio %	Corte / Cizallamiento promedio (kg/cm ²)	Compresión promedio (kg/cm ²)
<i>G. sarcocarpa sub subsp. purpurea</i> Londoño & Peterson	14.96	114.52	416.94
<i>Bambusa oldhamii</i> Munro	15.52	113.04	459.70
<i>Dendrocalamus asper</i> (Schulf. & Schulf. f.) Backer ex K. Heyne.	11.36	100.82	460.64

Al analizar estos resultados asumiendo que el promedio (de 5 muestras y no de 30 muestras, número de probetas sugeridas para validación de ensayos normativos) y la variabilidad fueran similares a dichos ensayos, el 5 percentil sería como lo indica la siguiente tabla:

Tabla 3.6. Resultados del 5to percentil supuesto en los ensayos de corte y compresión (UNI, 2013 – Anexo III.2)

Especie	Humedad promedio %	Corte / Cizallamiento promedio (kg/cm ²)	Compresión promedio (kg/cm ²)
<i>G. sarcocarpa sub subsp. purpurea</i> Londoño & Peterson	14.96	68.71	266.84
<i>Bambusa oldhamii</i> Munro	15.52	67.82	294.21
<i>Dendrocalamus asper</i> (Schulf. & Schulf. f.) Backer ex K. Heyne.	11.36	60.49	294.81

Y los valores admisibles, tomando como referencia los factores de reducción utilizados para madera y los estudios realizados sobre bambú, serían:

Tabla 3.7 Valores admisibles tomando como referencia los factores de reducción de la madera y el bambú (UNI, 2013 – Anexo III.2)

Especie	Humedad promedio %	Corte / Cizallamiento promedio (kg/cm ²)	Compresión promedio (kg/cm ²)
<i>G. sarcocarpa sub subsp. purpuracea</i> Londoño & Peterson	14.96	17.18	133.42
<i>Bambusa oldhamii</i> Munro	15.52	16.95	147.11
<i>Dendrocalamus asper</i> (Schulf. & Schulf. f.) Backer ex K. Heyne.	11.36	15.12	147.81

Si comparamos estos resultados con los valores admisibles indicados en la NTE E.100 bambú del RNE para el corte o cizallamiento y para la compresión que son de 10 kg/cm² y de 130 kg/cm², se podría concluir que los valores de la Norma podrían ser utilizados para estas tres especies. Lo que significa que pueden ser utilizados para la construcción.

Sin embargo se recomienda, realizar un mayor número de ensayos (La Norma de madera indica 30 muestras) para que los resultados que se consideren en la determinación de los valores admisibles sean representativos estadísticamente.

3.4.3 Sostenibilidad ambiental del bambú

Como material principal se eligió el bambú, tres especies locales (una endémica del género *Guadua* y dos exóticas de los géneros *Bambusa* y *Dendrocalamus*, para ser utilizadas en forma natural y/o esterilla o chancado, dependiendo de la especie. Para este componente, solo se toman datos de la especie del Género *Guadua*, por ser endémica y representativa en la zona. Para su evaluar la sostenibilidad ambiental de la especie como material nos remitimos a un primer aspecto citado anteriormente y añadimos uno nuevo, con las siguientes características:

1. Impactos negativos generados por el bambú como material, que se evaluarán mediante las fases y sus procedimientos aplicados para la obtención del material para la construcción del “modelo arquitectónico”, ubicada en la Zona de Amortiguamiento del PNM, sin llegar al cálculo.
2. En base a la disminución de los problemas ambientales, mediante la evaluación referencial de la potencia regenerativa del bambú a través de la producción anual por hectárea de un guadua natural manejado en la Amazonia. La oferta de Huella Ecológica del bambú (área x bioproductividad = biocapacidad).

La relación entre el impacto ambiental y la productividad anual, son un indicador de la sostenibilidad ambiental del bambú como material.

El primer aspecto se complementa con los resultados de dos estudios, uno con relación al potencial del bambú como material de construcción para los países occidentales basado en el ACV (Análisis del Ciclo de vida), y el segundo con respecto a la evaluación ambiental del uso de energía en una construcción con bambú en comparación con una de hormigón.

3.4.3.1 Evaluación ambiental del bambú por impactos generados –

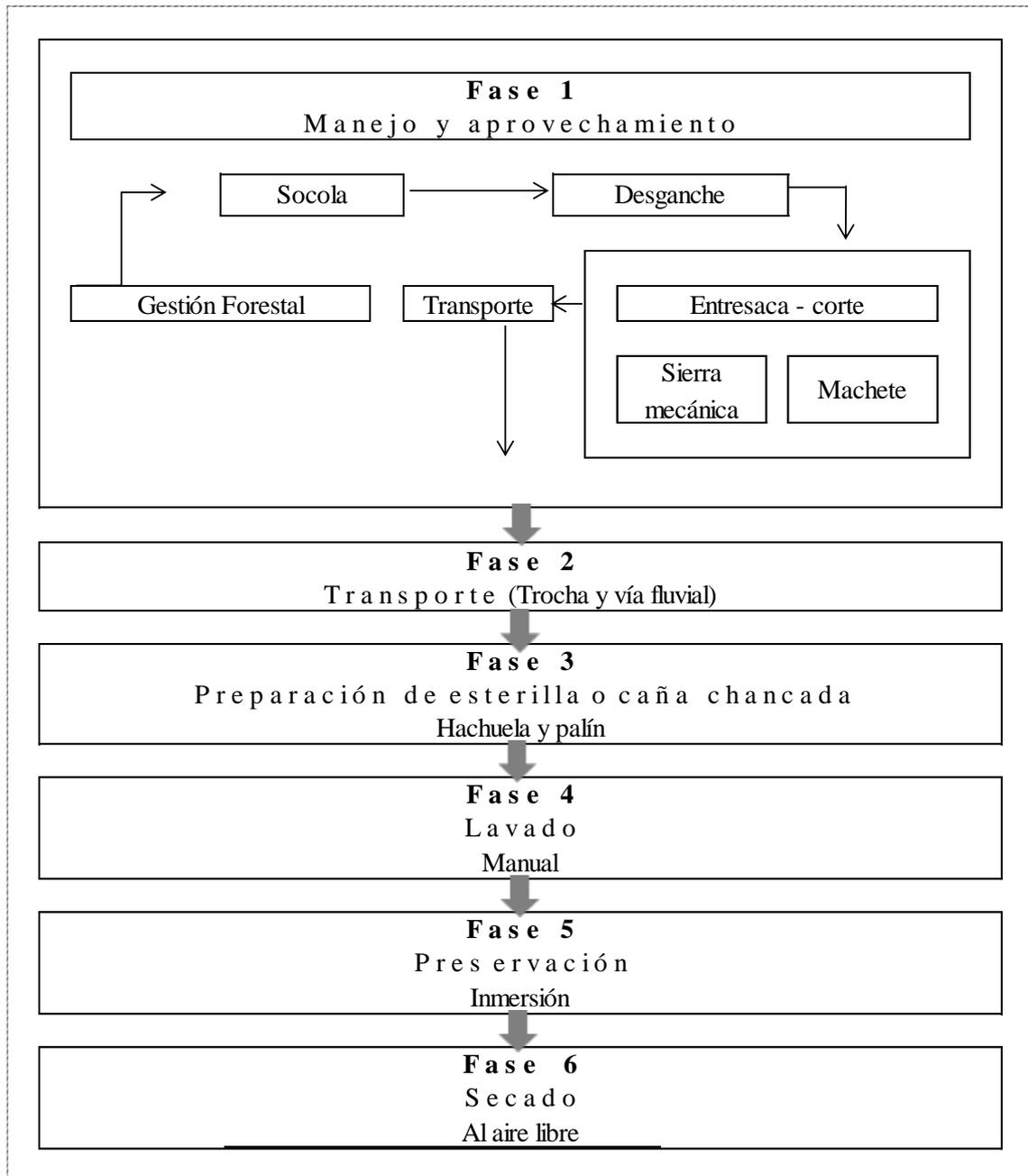
Caso: construcción del Modelo – Cabaña de bambú en el PNM

Para obtener el bambú como material para la construcción del Modelo Arquitectónico - Cabaña de bambú, localizada en la Estación biológica de Villa Carmen de la Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA), se desarrollaron una serie de actividades, entre los meses de mayo y setiembre del 2013, siguiendo los requerimientos necesarios de la calidad y durabilidad del material.

A continuación se presenta el sistema y cadena de procesos bajo evaluación utilizados en el estudio para la obtención del bambú como material de construcción (Tabla 3.7). Se ha tomado en cuenta solo los procesos para la productividad de las poblaciones naturales de guadua, no se han considerado las otras dos especies exóticas también utilizadas en la construcción debido a la mínima superficie que ocupan. Sin embargo las fases serían las

mismas, solo cambiarían algunas características en los procesos. Los datos se registran para cada fase y proceso.

Tabla 3.8. Límites del sistema y cadena de procesos bajo evaluación utilizados para la obtención del bambú como material, para la construcción del Modelo.



Descripción breve de las fases del sistema y cadena de procesos:

Fase 1. Manejo y aprovechamiento

El manejo y aprovechamiento de los guaduales es la fase inicial del proceso de producción, en la que se provee de la materia prima del proceso (guadua). Un manejo sostenible de las poblaciones naturales será un elemento clave a la hora de plantear su gestión, presentando la técnica silvicultural un régimen de aprovechamiento definido por la intensidad de corte y la periodicidad del corte con la que se interviene, como lo hemos visto anteriormente. El régimen óptimo de aprovechamiento es aquel que se realiza con intensidades de aclareo o entresaca hasta del 50% de los tallos, sobre la población de guaduas comerciales (maduras), en períodos de 18 meses en una misma población. Considerando que los guaduales amazónicos se encuentren bien manejados, su “estado ideal”, las densidades promedio que presentarían serían entre 3000 y 4000 tallos/ha (Castaño, 2002), con lo cual nos permitirá aprovechar aproximadamente 400 tallos por hectárea en un año (Tabla 3.9a y 3.9b).

Tabla 3.9a. Aprovechamiento de guaduales naturales manejados por 1ha - Estado ideal de guaduales en la Amazonia (adaptado de Castaño, 2002)

ha	N° de tallos	Renuevos (%)	Juveniles (%)	Adultos y Maduros (%)	Secas (%)
	(densidades promedias entre 3000 y 4000 tallos/hás)	0.10	0.50	0.40	0.10
1	3,000.00	300.00	1,500.00	1,200.00	300.00

Tabla 3.9b. Tallos comerciales aprovechables cada año y medio

Aprovechamiento - tallos comerciales adultos y maduros y secos (%)	Adultos y maduros	Secos	Año y medio (meses)	Año (meses)	Mes
0.50			18.00	12.00	1.00
750.00	600.00	150.00	600.00	400.00	33.33

Un subsistema gestión forestal determina la oferta del guadual, proporcionando información cualitativa y cuantitativa de la guadua en un área específica, para el presente estudio hemos analizado la oferta que podría ofrecer una hectárea de un guadual natural manejado en la Amazonia (Tabla 3.9a): densidad promedio de guaduas/ha; porcentaje de guaduas por estado de madurez; intensidad de corte. La actividad de “socola” o eliminación de la vegetación menor, se realiza en casos estrictamente necesarios, para mejorar las condiciones que faciliten las etapas de aprovechamiento y se realiza de forma manual, utilizando el machete como herramienta. El desganche o corte de ramas basales y las riendas laterales de guadua que se realiza manualmente con machete, con el objetivo de eliminar los obstáculos que puedan entorpecer las labores de extracción de los tallos maduros.

En el subsistema de entresaca o corte selectivo de los tallos, la actividad es llevada a cabo de forma manual mediante machete (en el sistema Fase 1A) o motosierra (en el sistema Fase 1B); en el caso del empleo de motosierra, se contempla el consumo de gasolina y aceite lubricante. Para el estudio se utilizó principalmente machete. El corte debe realizarse a ras del primer o segundo nudo, para evitar la acumulación de agua en el entrenudo y la pudrición posterior del rizoma. Se deben cortar solamente las guaduas maduras, sin exceder el número de tallos previstos. Posteriormente se deben someter a un tratamiento natural de curado en la misma mata (avinagrado), que tiene como fin reducir o descomponer el contenido de almidón.

En este subsistema se pueden trozar los tallos cortados cuya longitud dependerá de los usos comerciales que vayan a ser destinados (cepas, basas, esterilla). Para el caso de la esterilla se coloca el tallo en el suelo o con dos soportes y se van haciendo cortes longitudinales sucesivos alrededor de la cabeza de sus nudos con una hachuela para que pueda abrirse. Luego de ser abierta se aplana y con la ayuda de una pala o palín se quitan los sobrantes de los nudos y el tejido blando en el interior.

Finalmente, se realiza un transporte interno de los bambúes cortados al centro de acopio exterior al guadual. Para el presente estudio el centro de acopio se ubicó a 2km de los guaduales y se transportó caminando por trocha. Para el caso de considerar núcleos productivos de bambú en la Zona de amortiguamiento, se debe identificar la ubicación estratégica de centros de acopio al exterior de las poblaciones de bambú, desde donde se

trasladen posteriormente al lugar en el que recibirán el tratamiento adecuado. Este desplazamiento interno se podría realizar con transporte animal.

Fase 2. Transporte

La fase 2 comprende el transporte de los tallos desde los centros de acopio del guadua hasta el lugar de procesamiento-tratamiento. En el caso del estudio, el lugar donde se hizo el tratamiento fue en la estación biológica de Villa Carmen, a 2 km vía fluvial y 400 metros de trocha. El recorrido en río se realizó 3 veces con un bote de motor 85hp a petróleo. En caso se establezcan núcleos productivos en la Zona de amortiguamiento, se podría considerar una distancia media de 20 km, empleando como medio de transporte un camión de 12t

Fase 3. Preparación de esterilla o caña chancada

La fase de elaboración de esterillas o caña chancada, como se le denomina localmente en el Perú, usualmente se realiza antes de la fase de transporte ya que el tallo debe estar recién cortado, garantizando la humedad. Para el presente estudio se realizó posterior, debido a la corta distancia al lugar de construcción y trabajo.

Para este caso se seleccionaron bambúes entre 2 y 3 años de edad. Se obtiene de la parte basal e intermedia del tallo, que se abre formando una superficie plana. Se coloca en el suelo o con dos soportes y se van haciendo cortes longitudinales sucesivos alrededor de la cabeza de sus nudos con una hachuela para que pueda abrirse. Luego de ser abierta se aplana y con la ayuda de una pala o palín se quitan los sobrantes de los nudos y el tejido blando en el interior. (Cerrón, 2014)

Fase 4. Lavado

La limpieza de la guadua (liberación de líquenes) se realiza previa a la preservación. Las prácticas de lavado se realizan de dos formas: lavado manual y con hidrolavadora. Para el presente estudio se ha empleado el lavado manual, empleando un trapo y agua.

Fase 5. Preservación

En la fase de preservación la guadua recibe un tratamiento en donde se le aplica sustancias químicas, preferiblemente biodegradables y solubles en agua, con el objetivo de asegurar y prolongar la durabilidad del bambú, rechazando la acción de insectos, hongos y hasta ser más resistente al fuego. La solución que comúnmente se viene aplicando y la menos contaminante y que se utilizó en el estudio es el Pentaborato, que es la mezcla de Ácido Bórico + Bórax + agua, el porcentaje de concentración varía según el método. Hay diferentes métodos de preservación, los más utilizados son: preservación por inmersión, preservación por inyección, preservación por presión (Boucherie Modificado) – Desplazamiento de savia.

Para el presente estudio se utilizó el método de preservación por inmersión, el cual consiste en introducir los bambúes en una poza, o tanque que contenga las sales de bórax, donde se quedaran sumergidas por un periodo mínimo de 5 días. Previamente a ser sumergidas es necesario perforar los culmos, para el presente caso se hizo de manera longitudinal perforando el diafragma con una varilla de $\varnothing \frac{1}{2}$, que tenga punta en uno de sus extremos.

La Estación biología de Villa Carmen contaba con una poza de concreto de 10 m de largo por 1.8 m de ancho x 1m de profundidad. Se llenó la poza hasta 55 cm con una concentración al 4% de la solución, un equivalente a 200 kg de ácido bórico más 200 kg de bórax por 9,900 litros de agua ($9.9m^3$), en donde se sumergieron los bambúes por grupos, por un tiempo de 8 días.

Las sales de bórax (400kg) se adquirieron de una empresa nacional de la ciudad de Arequipa, el medio de transporte fue por carretera con un recorrido de 727.50 km aproximadamente.

Fase 6. Secado

En la fase de secado se reduce el contenido de humedad del bambú, hasta alcanzar una humedad del 10% o el 15%. Alcanzar un adecuado nivel de secado del bambú es muy para la construcción. Los métodos de secado más comunes son: secado al natural o al aire libre o secado con hornos. Se utilizó el secado al aire libre para el estudio, se colocaron los tallos de manera diagonal sobre un murete en un lugar con cubierta, para que no les dé el sol

directamente ni se mojen con la lluvia, de tal forma que el aire le entre por todos los lados al mismo tiempo. El contenido de humedad llego entre 12% y 14%. Todas las actividades se realizan de manera manual.

Para el caso se activasen los núcleos productivos de bambú, se añadiría una fase 6: transporte final, que sería el transporte de distribución a escala regional y/o nacional en camión de 12 t. Para el presente estudio no se considera esta fase pues la construcción se ubica en la misma Estación Biológica de Villa Carmen, a 100 metros del lugar donde se realizó el tratamiento y secado de los bambúes.

Luego de esta fase el material está listo para ser utilizado en obra, el material deberá estar almacenado bajo techo.

La Tabla 3.10 muestra el resumen esquemático de las fases y cadena de procesos con sus respectivos insumos, utilizados para el caso del Modelo – cabaña de bambú. Lo que nos permite dar una idea general del mínimo impacto que ocasiona al ambiente.

Tabla 3.10 Lista general de las fases y procesos para la obtención del bambú como material – Caso Modelo Arquitectónico – cabaña de bambú

Fase	Denominación	Proceso	Observaciones	Insumos utilizados
Fase 1	Manejo y Aprovechamiento	1A	Corte manual con machete	
		1B	Corte con motosierra	Gasolina y aceite lubricante.
Fase 2	Transporte	1	Lugar del procesamiento a 4km (2km trocha + 2km fluvial)	2km via fluvial - bote con motor 85 HP - petroleo
Fase 3	Prepararación de esterilla o caña chancada	1	Corte manual	Hachuela y palín
Fase 4	Lavado	3	Lavado Manual	Trapo y 100 lt. de agua
Fase 5	Preservación	4	Inmersión - preservación con pentaborato	200 kg de acido borico, 200 kg de borax 9,900 litros de agua
Fase 6	Secado	5	Al aire libre	

3.4.3.2 Evaluación ambiental de la potencia regenerativa del bambú a través de la producción anual – Caso: Guadua natural manejado en la Amazonía

Como analizamos en la Tablas 3.8 y 3.9, en 1 ha de bosque natural de guadua manejado se podría obtener 600 tallos maduros comerciales cada año y medio (18 meses), estimado la oferta productiva anual por hectárea de 400 tallos para material de construcción en su forma natural y como esterilla. Este rendimiento nos permite dar una idea de la potencia regenerativa que podría tener el recurso en la Amazonia frente a un bosque de árboles.

Así mismo, el rendimiento y la calidad de la productividad deben considerar el número de tallos aprovechados teniendo en cuenta las partes del tallo de bambú, según su uso al que serán destinados. Para el presente caso como material de construcción. Las partes comerciales de la guadua son: cepa, basa, sobre basa y varillón.

- Cepa: Es la sección basal del culmo, su longitud es de 3 a 4 m. Es la sección que tienen mejores diámetros y mayor resistencia, se utiliza para: columnas y elementos estructurales.
- Basa: Es la sección más comercial por su excelente relación peso resistencia, su longitud puede variar entre 4 y 8 m, se utiliza en vigas como elemento estructural, columnetas, elementos de arriostre y para hacer la esterilla.
- Sobrebasa: Su longitud es de 4m. Se utiliza para elementos no estructurales, andamios, estructuras livianas, también se puede hacer esterilla.
- Varillón: Su longitud puede variar entre 2.50 y 5m. Su diámetro no es uniforme. Se puede utilizar como correas de longitudes cortas o para decoración.

Las otras partes del tallo pueden ser utilizadas en artesanías y otras para aplicaciones como biocombustibles, escobas, apoyos de plátano.

En la siguiente tabla se muestra la posible productividad anual en una hectárea de un guadua natural amazónico manejado, según el número de tallos aprovechables enteros y según la utilización de sus partes para la construcción. Las longitudes de las partes consideradas son aproximadas según las características de las guaduas endémicas de la zona.

Tabla 3.11 Productividad anual por hectárea de tallos de bambú para construcción, entero y segmentado, en forma natural y esterilla

Tiempo		Tallos aprovechables como material de construcción en forma natural y como esterilla													
Año	Mes	N de tallos / 1ha	Longitud de tallo /ha (13m tallo) utilizado en construcción	Segmento del tallo											
				Cepa (3m)		Basa (3m)		Sobrebasa (3m)		Varillon (4m)		Copa (2m)			
				Columnas y elementos estructurales	Vigas como elemento estructural, columnetas, elementos de arriostre.	Esterilla			Elementos no estructurales, de soporte en la estructura, andamios, estructuras livianas.	Correas en estructuras de techos	Material Organico que retorna al suelo.				
			m	u	m	u	m	u	m	u	m	u	m	u	
1	1/2	18	600	8400	600	1800	300	900	300	900	600	1800	600	2400	600
1	1	12	400	5200	400	1200	200	600	200	600	400	1200	400	1600	400

Se tendría anualmente una productividad de 400 culmos por ha lo cual sería la oferta de Huella Ecológica del bambú (área x bioproductividad = biocapacidad) con una producción neta para construcción de 5,200 m, con una longitud de tallo aprovechable de 13 m. (Tabla 3.11), que corresponde aproximadamente a los siguientes segmentos:

Cepas: 400 unidades rollizas de 3m o 1200 m por año

Basa: 200 unidades rollizas de 3m o 600 m por año
200 esterillas de 3m o 600 m por año

Sobrebasa: 400 unidades rollizas de 3m o 1200 m por año

Varillón: 400 unidades rollizas de 4m o 1600 m por año

No obstante la medida comercial del tallo en Perú es de 6 m que podrían corresponder a segmentos de cepa y basa, basa y sobre basa y/o sobre basa y varillón.

Los segmentos de cepa tienen mayor valor comercial debido a sus diámetros, luego están la basa y sobrebasa, el varillón es el que tiene menor valor comercial.

3.4.4 Materiales naturales y no naturales empleados

Para esta evaluación solo se consideraron aquellos materiales a emplear en la construcción de la estructura arquitectónica del modelo (cimentación, muros y techos, incluyendo carpintería de puertas y ventanas), sin analizar material alguno de instalaciones eléctricas y sanitarias, como se ve en la siguiente lista:

Tabla 3.12. Lista de materiales de la estructura arquitectónica

Material genérico	Listado total de materiales		
Acero	Acero galvanizado	Varilla Tuercas Arandelas Malla de gallinero	
	Acero laminado	Alambre Clavo	
	Fierro corrugado	Varilla	
Agua	Agua	Agua	
Árido	Árido	Arena de río Tierra natural de la región	
	Piedra natural	Grava de río Piedra natural de la región	
Cemento	Cemento	Cemento gris Portland	
Especies vegetales / Plantas	Arbol	Madera	Madera aguano masha
	Graminea	Bambú	Bambú
	Fibra vegetal	Corteza de arbol Tamshi	Corteza de arbol Tamshi
	Palmera	Geonoma Pijuallo (chonta)	Geonoma Pijuallo (chonta)
Polietileno	Malla mosquitero	HD polietileno + estabilizantes	
Vidrio	Lana de vidrio	Vidrio reciclado	
		Arena	

Como se muestra en la lista, además del bambú se propone el uso de otros materiales naturales locales con el objetivo de minimizar las afectaciones al ambiente y revalorar materiales tradicionales de los pueblos amazónicos.

Como las hojas de palmera para las criznejas de dos especies de géneros diferentes que comúnmente vienen siendo empleadas por los matsiguengas de la comunidad Santa Rosa de Huacarias, denominados comúnmente: chonta o pijuayo (Kuirí en machiguenga), de rápido crecimiento y palmiche o crizneja (Tonoshiri en machiguenga), por su variedad de tamaños según las especies y subespecies. Así mismo la corteza de árbol o el tamshi que sirve para los amarres de la crizneja, el cual juega un rol importante en la vida del poblador rural de la Amazonía Peruana, es habitual su presencia en la construcción de casas, utensilios domésticos y artesanías. Son especies nativas de los bosques amazónicos clímax. Son productos no maderables del bosque y tienen múltiples usos y aplicaciones. Y un tipo de madera local llamada Aguano, actualmente comúnmente utilizada debido a su versatilidad de aplicación. Se verificó que ningún recurso propuesto se encuentre dentro de la lista The IUCN Red List of Threatened Species.

Sin embargo, para el caso de las hojas de palmera a pesar que no se encuentran en peligro de extinción, se tuvo un especial cuidado para su aplicación, se verificó sobre la gestión sostenible del recurso, medidas de control sobre las especies y su comercialización, así como si hay otras alternativas para la preservación, la cual la vienen realizando con humo.

En cuanto a los materiales no naturales a utilizar, necesarios para el sistema constructivo propuesto, se tuvo conocimiento sobre los impactos negativos al ambiente que podrían generar en diferente proporción, desde su extracción, procesos de producción, transporte, durante su vida útil y al término de la edificación. Por lo que se tomó en cuenta los siguientes criterios para su selección y utilización:

1. Materiales nacionales, teniendo en cuenta las emisiones y consumo de energía de los medios de transporte, como se aprecia en la Tabla 3.13
2. En lo posible no utilizar materiales pesados.
3. En lo posible adquirir productos que tengan certificados ambientales.
4. Utilizar la mínima cantidad de materiales no naturales.

Tabla 3.13 Emisiones totales y consumo de energía primaria de distintos medios de transporte de carga (Whitelegg, 1993, citado por The European Commission, Directorate General for Energy, et al. 2007)

Emisiones (g/t/km)	Agua	Ferrocarril	Carretera	Aire
C02	30	41	207	1.206
CH4	0,04	0,06	0,3	2
Nox	0,4	0,2	3,6	5,5
CO	0,12	0,05	2,4	1,4
VOCs	0,1	0,08	1,1	3
Energía (kj/t/km)	423	677	2.89	15.839

Varios impactos medioambientales importantes, como el ruido, la emisión de partículas o los vertidos, no se ha incluido. El impacto medioambiental del transporte de 100 t/km por carretera sería equivalente a desplazar aproximadamente 400 t/km por ferrocarril, 700 t/km por agua y 17 t/km por aire.

La siguiente Tabla 3.14 muestra la toma de datos de la procedencia, recorrido y medio de transporte de todos los materiales en estudio, en donde todo lo sombreado son materiales naturales locales que no generan ningún impacto a causa del medio de transporte. Se consideró además que los otros materiales cuentan con ficha técnica de sus productos.

Tabla 3.14 Materiales - procedencia, recorrido y medio de transporte

Nº	Concepto	Productos Nacionales /Marca referencial	Lugar de fabricación	Distancia entre lugar de fabricación hasta el de distribución (km)	Medio de transporte	Lugar de distribución	Distancia de lugar de distribución hasta Estación Villa Carmen (km)	Medio de transporte	Total de recorrido (km)	Observación
1. Concreto										
1.01	Cemento Portland (42.5 kg) Tipo HE	Yura S.A.	Carretera Yura Km 26. Arequipa	481.00	carretera	Av. República de Perú K-5 - Pque. Industrial - Cusco	246.50	carretera	727.50	Material pesado
1.02	Piedra grande	Nacional /local	Pilcopata-Cusco	1.50	terrestre-camión	Pilcopata-Cusco	0.00	terrestre-camión	1.50	Material pesado,
1.03	Hormigón	Nacional /local	Pilcopata-Cusco	1.50	terrestre-camión	Pilcopata-Cusco	0.00	terrestre-camión	1.50	pero local
1.04	Arena gruesa (de río)	Nacional /local	Pilcopata-Cusco	1.50	terrestre-camión	Pilcopata-Cusco	0.00	terrestre-camión	1.50	
1.05	Arena fina (de río)	Nacional /local	Pilcopata-Cusco	1.50	terrestre-camión	Pilcopata-Cusco	0.00	terrestre-camión	1.50	

2. Aceros									
2.01	Fierro corrugado 1/2" X 6m	Aceros Arequipa	Pque. Industrial - Arequipa	481.00	carretera	Cusco	246.50	terrestre-camión	727.50
2.02	Fierro corrugado 3/8" X 6m	Aceros Arequipa	Pque. Industrial - Arequipa	481.00	carretera	Cusco	246.50	terrestre-camión	727.50
2.03	Fierro corrugado 1/4" X 6m	Aceros Arequipa	Pque. Industrial - Arequipa	481.00	carretera	Cusco	246.50	terrestre-camión	727.50
2.04	Malla electrosoldada. 1mm cocada 55mm (rollo de 25mt) - Malla para tarrajeo	Aceros Arequipa	Pque. Industrial - Arequipa	481.00	carretera	Cusco	246.50	terrestre-camión	727.50
2.05	Alambre negro #8 (amarre de hierro)	Aceros Arequipa	Pque. Industrial - Arequipa	481.00	carretera	Cusco	246.50	terrestre-camión	727.50
2.06	Alambre negro #16 (amarre de hierro)	Aceros Arequipa	Pque. Industrial - Arequipa	481.00	carretera	Cusco	246.50	terrestre-camión	727.50
3. Especies vegetales									
3.01	Guadua Ø08 cm (elementos horizontales, de arriostre,)	Bosque local	Villa Carmen	4.50	terrestre-caminando /agua-bote	Villa Carmen	0.00	terrestre-caminando /agua-bote	4.50
3.02	Guadua Ø07 - 06 cm (correas, elementos de tabiques)	Bosque local	Villa Carmen	4.50	terrestre-caminando /agua-bote local	Villa Carmen	0.00	terrestre-caminando /agua-bote local	4.50
3.03	Guadua cana chancada (cerramiento y cubierta)	Bosque local	Villa Carmen	4.50	terrestre-caminando /agua-bote local	Villa Carmen	0.00	terrestre-caminando /agua-bote local	4.50
3.04	Bambusa Ø08 cm (elementos verticales)	Bosque local	Villa Carmen	0.10	terrestre-caminando	Villa Carmen	0.00	terrestre-caminando	0.10
3.05	Dendrocalamus Ø16 cm (elementos estructurales)	Bosque local	Villa Carmen	0.10	terrestre-caminando	Villa Carmen	0.00	terrestre-caminando	0.10
3.06	Hojas de palmera / Geonoma, Pijuallo (cubierta) (1)	local	Pilcopata	1.00	terrestre-caminando	Villa Carmen	1.00	terrestre-caminando	2.00
3.07	Corteza de arbol o Tamshi (amarres cubierta) (1)	local	Pilcopata	1.00	terrestre-caminando	Villa Carmen	1.00	terrestre-caminando	2.00

4. Herrajes										
4.01	Varilla roscada galvanizada Ø3/8" (1.80 ml) - 180ml	Multindustrias Metálicas	Los Olivos - Lima	1,650.00	carretera	Cusco	246.50	terrestre-camión	1,896.50	Material semi pesado
4.02	Tuercas galvanizadas Ø 3/8"	Altamira Ventas y Servicios	Lince - Lima	1,650.00	carretera	Cusco	246.50	terrestre-camión	1,896.50	
4.03	Arandela galvanizadas Ø 3/8"	Acrimsa S.R.L.	Los Olivos - Lima	1,650.00	carretera	Cusco	246.50	terrestre-camión	1,896.50	Material semi pesado y pequeño
4.04	Tuercas galvanizadas Ø 1/4"	Sevinsa S.A	Cercado de Lima -Lima	1,650.00	carretera	Cusco	246.50	terrestre-camión	1,896.50	pequeño
4.05	Arandela galvanizadas Ø 1/4"	Acrimsa S.R.L.	Los Olivos - Lima	1,650.00	carretera	Cusco	246.50	terrestre-camión	1,896.50	
4.06	clavos de 2"	Aceros Arequipa	Pque. Industrial - Arequipa	481.00	carretera	Cusco	246.50	terrestre-camión	727.50	Material ligero y pequeño
4.07	clavos de 1/2"	Aceros Arequipa	Pque. Industrial - Arequipa	481.00	carretera	Cusco	247.50	terrestre-camión	728.50	
5. Madera										
5.01	Bastidor madera aguano masha 4x4 ordinaria	local	Pilcopata	1.00	terrestre-camión	Villa Carmen	1.00	terrestre-camión	2.00	Material ligero, natural y local
5.02	Madera aguano masha para carpintería	local	Pilcopata	1.00	terrestre-camión	Villa Carmen	1.00	terrestre-camión	2.00	
6 Otros elementos										
6.01	Lana de vidrio (cerramiento)	Industrias de Fibra de Vidrio S.A. - FIBREX S.A.	San Martín de Porras, Lima	1,650.00	carretera	Cusco	246.50	terrestre-camión	1,896.50	Material ligero
6.02	Malla mosquitero	Mallas Perú	San Isidro - Lima	1,650.00	carretera	Cusco	246.50	terrestre-camión	1,896.50	

1. Materiales en evaluación

Los materiales señalados, en diferentes cantidades, conforman los componentes del sistema constructivo del Modelo arquitectónico. Se distinguen seis componentes: 1. Bases y losa, 2. Estructura y muros, 3. Cerramiento, 4. Cubierta, 5. Herrajes para estructura (estructura, muros, cerramiento, cubierta), 6. Carpintería para vanos y puertas. Siendo el 1, 2, 3, 4 y 6 los principales y el 5 está compuesto por materiales que complementan los otros componentes.

De acuerdo al metrado para la construcción se elaboró una tabla con la relación de materiales y cantidades por componente, indicando un porcentaje de participación aproximado, que nos permita dar una referencia porcentual de la utilización de bambú principalmente en relación a los otros materiales.

Tabla 3.15 Participación de los materiales por componentes en el Modelo

Ítem	Componente de la edificación	Cantidad	Unidad de medida	Volumen y/o superficie	Participación de los materiales por componente
1. Bases y losa				79.23m3	cemento < 50 % , áridos >50% y acero < 50%
1.1	Concreto			79.23	
	Cemento Portland (42.5 kg) Tipo HE			34.58	
1.1.1	Concreto (Podios)	22.55	m3		
	Cemento Portland (42.5 kg) Tipo HE	19.83	m3		
	Piedra grande	1.29	m3		
	Hormigón				
	Arena gruesa (de río)	1.43	m3		
	Arena fina (de río)				
1.1.2	Concreto (Cimiento)	21.27	m3		
	Cemento Portland (42.5 kg) Tipo HE	1.68	m3		
	Piedra grande	2.82	m3		
	Hormigón	16.77	m3		
	Arena gruesa (de río)				
	Arena fina (de río)				
1.1.3	Concreto (Sobrecimiento)	21.84	m3		
	Cemento Portland (42.5 kg) Tipo HE	1.99	m3		
	Piedra grande				
	Hormigón	19.85	m3		
	Arena gruesa (de río)				
1.1.4	Concreto (Losa)	12.77	m3		
	Cemento Portland (42.5 kg) Tipo HE	10.58	m3		
	Piedra grande	0.92	m3		
	Arena gruesa (de río)	1.27	m3		
1.1.5	Concreto (elementos estructurales de bambú)	0.80	m3		
	Cemento Portland (42.5 kg) Tipo HE	0.50	m3		
	Arena fina (de río)	0.30	m3		
1.2	Acero (Sobrecimiento)				
	Fierro corrugado 1/2" X 6m	10.00	var		
	Fierro corrugado 3/8" X 6m	60.00	var		
	Fierro corrugado 1/4" X 6m	10.00	var		
	Alambre negro #8 (amarre de hierro)	25.00	Kg		
	Alambre negro #16 (amarre de hierro)	25.00	Kg		
2. Estructura y muros				70m2	bambú > 98%
Bambú (1) (2)					
	Guadua Ø 08 cm x 6 ml. (elementos horizontales, arriostre)	41.04	und		
	Guadua Ø 06cm -07cm x 6 ml. (arriostre cercha, tabiques)	19.33	und		
	Bambusa Ø 08 cm x 6 ml. (elementos verticales)	32.05	und		
	Bambusa Ø 06cm -07cm x 6 ml. (correas)	41.40	und		
	Bambusa Ø 06cm x 6 ml. (barandas)	4.17	und		
	Dendrocalamus Ø16 cm x 6 ml. (elementos estructurales)	30.50	und		

3. Cerramiento (ambas caras del muro)			140m2	bambú > 50%, bambu =70%
Bambú / madera y otros no naturales (2)				
Malla electrosoldada. 1mm cocada 55mm (rollo de 25mt) 7rollo	40.00	m2		
Guadua chancada (cerramientos)	140.00	m2		
Bastidores madera aguano masha 4x4 ordinaria	146.00	ml		
Mortero para tarrajeo muro de baño	40.00	m2		
Lana de vidrio (cerramiento)	100.00	m2		
4. Cubierta			130m2	bambú y palmeras > 90 % , bambu = 60%
Bambú/ palmeras / madera / fibra vegetal (2)				
Guadua chancada (cubierta)	130.00	m2		
Bastidores madera aguano masha 4x4 ordinaria	135.00	ml		
Geonoma / Pijuallo (cubierta) (3)	130.00	m2	15,600.00	pijuallo
Corteza de arbol y Tamshi (amarres cubierta) (4)	1,950.00	ml		mayor cantidad de corteza de arbol
5. Herrajes para estructura (estructura, muros, cerramiento, cubierta)				acero < 3 % de toda la estructura
Varilla roscada galvanizada Ø3/8" (1.80 ml) - 180ml	112.00	und		
Tuercas galvanizadas Ø 3/8"	2,000.00	und		
Arandela galvanizadas Ø 3/8"	2,000.00	und		
Tuercas galvanizadas Ø 1/4"	500.00	und		
Arandela galvanizadas Ø 1/4"	500.00	und		
clavos de 2"	9.00	und		
clavos de 2 1/2"	9.00	und		
6. Carpintería			23m2	madera > 50%
Madera local y malla mosquitero				
Marcos de madera aguano masha	75.00	ml		
Puerta de madera aguano masha	2.00	und		
Malla mosquitero	21.00	m2		

Empleo de materiales naturales con mas del 50%, bambu (2,3,4) □

- La longitud de 6m de los bambúes para la unidad es según medida comercial. En el anexo se muestra el detalle del metrado de bambúes según especie y diámetro en número de tallos por medida comercial y por aprovechamiento integral de las partes del tallo y sus longitudes.
- Para el caso de del bambú, las cantidades de la tabla son netas, no está considerado el 10 % de holgura para el cortes.
- Se considera aproximadamente 120 hojas pequeñas de palmera - pijuallo por 1 m² de cubierta, con desperdicio. Un total de 15,600 hojas de palmera pijuallo. Fuente: poblador de Pilcopata Carlos Manrique, 2015
- Se considera aproximadamente 15 m de sogas de corteza de árbol por 1 m² de cubierta. Un total de 1,950 m. Fuente: poblador de Pilcopata Carlos Manrique, 2015

Los componentes 2. Estructuras y muros, 3. Cerramiento, 4. Cubierta, y 6. Carpintería son aquellos en donde se emplean materiales naturales en más del 50%, que representan a más de la mitad de los componentes del Modelo. Con participación del bambú en tres de ellos (2, 3 y 4), con porcentajes de más del 98%, igual al 70%, e igual al 60%, respectivamente.

De esta tabla se deduce que si los componentes principales del sistema constructivo son cinco y en tres de ellos se utiliza bambú con más del 60%, entonces la participación del bambú en todo el modelo representa a más del 50%.

Eje estratégico 2: Diseño y Construcción – Modelo

3.4.5 Diseño arquitectónico

Se tomaron los datos obtenidos del medio físico natural, del contexto cultural, de conceptos teóricos de geometría, con una segunda observación más detallada, para procesarlos en cada componente:

3.4.5.1 Emplazamiento

Se emplaza en un terreno casi plano (Figura 3.13), en la periferia de la Casa Hacienda del Campus de la Estación Biológica de Villa Carmen, entre la trocha 8 y 2, a unos 120 m, con acceso por el camino empedrado hacia las cabañas (Figura 3.11, 3.12). Sector I de la Zona de Amortiguamiento del PNM, Pilcopata, Cusco.

El terreno se encuentra entre las coordenadas 12°53'44.12" Sur, 71°24'15.28" Oeste, a una altura de 522 msnm, en la Zona Climática 8: Sub Tropical Húmedo, según la Zonificación Climática del Perú (Tabla 3.2 y Figura 3.2)

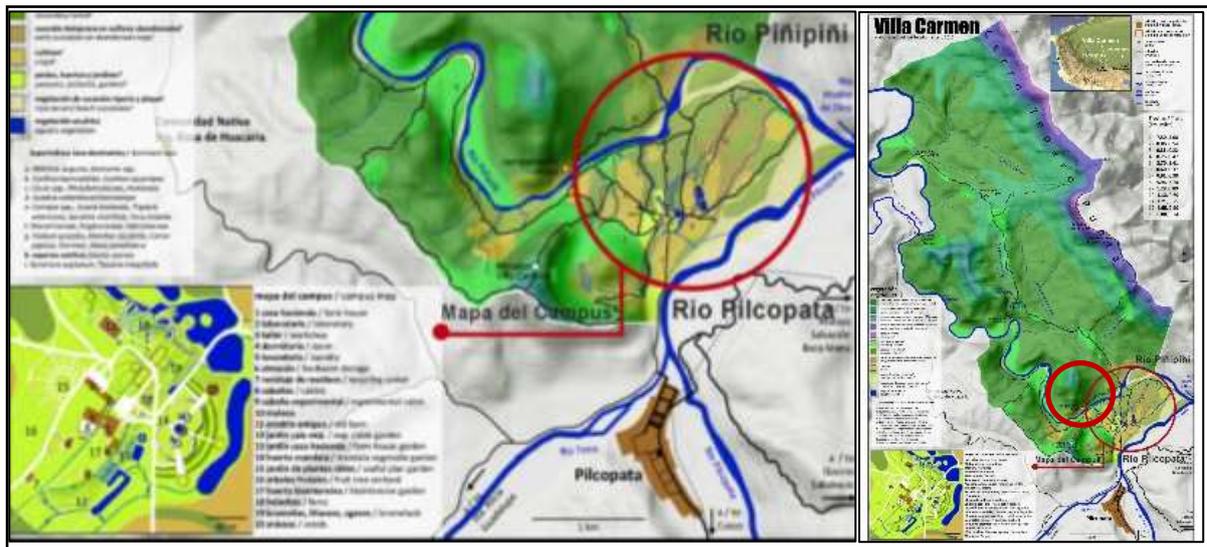


Figura 3.10. Mapa de ubicación de la Estación Biológica de Villar Carmen (mapa elaborado por Tejedor, 2012)



Figura 3.11. Mapa de ubicación del terreno del Modelo en el campus de la Estación Biológica de Villar Carmen (del mapa elaborado por Tejedor, 2012)



Figura 3.12. Vista del terreno (antes de la construcción)



Figura 3.13. Vista frontal desde el terreno

Los criterios para el emplazamiento fueron:

1. **Recurso bambú local**, ubicación del Modelo cerca a las matas de dos de las especies de bambú seleccionadas de fácil disponibilidad: especies introducidas: *Dendrocalamus Asper* y *Bambusa Oldhamii*. (componente 6 -vegetación del entorno y 8 - materiales naturales y locales).
2. **Orientación**, se consideró las recomendaciones para la Zona Climática 8 (Tabla 3.2), las visuales (vistas a cuerpos de agua y que a su vez generan frescura) y el respeto e

integración con la naturaleza, por lo que se planteó sureste – noroeste al eje del “Modelo”. Ingreso por el sureste, perpendicular a un pequeño canal del río Pilcopata, con el objetivo de direccionar la vista frontal al paisaje formado por el canal (Figura 3.13), así como por protección de los vientos y del sol. El espacio social (terraza) se orienta al sureste, el espacio privado continuo, orienta las ventanas más amplias al noreste y al suroeste, y las más pequeñas al sureste límite con la terraza. El tercer espacio de servicios se orienta hacia al noroeste. (componente 1- clima y 6 - vegetación del entorno).

3. **Vegetación**, la ubicación exacta del “Modelo” se determinó observando la vegetación existente en el entorno inmediato para no dañarla y respetarla, ubicándolo entre dos árboles que a su vez cumplirían también la función de protección solar por los lados laterales noreste y suroeste, dando sombra y frescura, sin interrumpir las vistas. (componente 6 - vegetación del entorno).
4. **Paisaje natural**, se considera transcendental la relación con la naturaleza y su integración con el paisaje, por lo que se sitúa en un punto en el cual se puedan aprovechar todas las vistas, así como formalmente se toma en cuenta las escalas, proporciones de la vegetación circundante y la penetración interior exterior y viceversa. (componente 6 - vegetación del entorno).
5. **Relieve y clima**, se tomó en cuenta la ligera pendiente del terreno de 1° (Figura 3.12) descendiente con dirección al sur este, para definir cuanto debía elevarse la estructura, con el fin de ganar vistas, protegerla de las lluvias y fauna. Se tomó como referencia el nivel posterior como 0.00 para definir los niveles, de esta manera el nivel frontal quedó más elevado con relación al terreno en ese punto, logrando tener mayor alcance visual al paisaje del canal del río. (componente 1- clima, 5 – relieve, 7 - fauna)

Criterios que corresponden a los componentes del primer eje estratégico del Medio Físico Natural y uso de bambú local.

3.4.5.2 Geometría y naturaleza

Desde tiempos antiguos el estudio de la naturaleza fue muy importante para la mayoría de artistas y estuvo estrechamente ligado con la geometría, el perfeccionamiento de la arquitectura dependía del establecimiento de interrelaciones armónicas dentro de un mismo edificio, las obras que consideramos maestras presentan una cadena de proporciones afines entre ellas. La proporción es lo que puede purificar la arquitectura con la armonía matemática del pasado y reconciliarla con la naturaleza (Holl, citado por Bonell, 1999). Vitrubio relacionó la arquitectura con las proporciones del cuerpo humano, basado en la geometría. Dentro de los sistemas de proporción el que más ha destacado es el de la Sección Aurea, divina proporción, que se encuentra en las formas de los seres vivos.

3.4.5.3 Forma y estructura

El diseño propone una estructura flexible, liviana, y resistente a la vez, conceptualizando la forma ligera, dinámica y armoniosa de la naturaleza, con la aplicación de formas geométricas regulares, tomando como polígono principal el triángulo, como fundamento estructural y composición de la propuesta arquitectónica. El triángulo es la única forma geométrica indeformable.

El diseño arquitectónico propuesto vincula el manejo dinámico y armónico de la geometría y proporción con la naturaleza como principio rector, por su belleza y perfección, expresado espacialmente y formalmente.

Se utilizan seis tipos de triángulos que conforman los elementos de la estructura principal, de tres cerchas o tijerales, una central y dos laterales del mismo tipo. Cada tijeral formado por tres de los triángulos está inscrito dentro de un rectángulo formado por la suma de un rectángulo áureo y un cuadrado como se muestra en las Figuras 3.15 Cercha 1, 3.16 Cercha 2, con líneas reguladoras que marcan direcciones y giro de los triángulos, que dan la forma a la volumetría y a los espacios interiores, modelando el conjunto de la edificación: base, cuerpo y cobertura.

La planta maneja una proporción de 2: 1. Entre la planta y la altura, se observa que no predomina lo vertical sobre lo horizontal.

Las proporciones matemáticas utilizadas en el diseño, se aplican tanto en las estructuras, como en planta y elevación: se establece una relación simple de longitud, altura y profundidad.

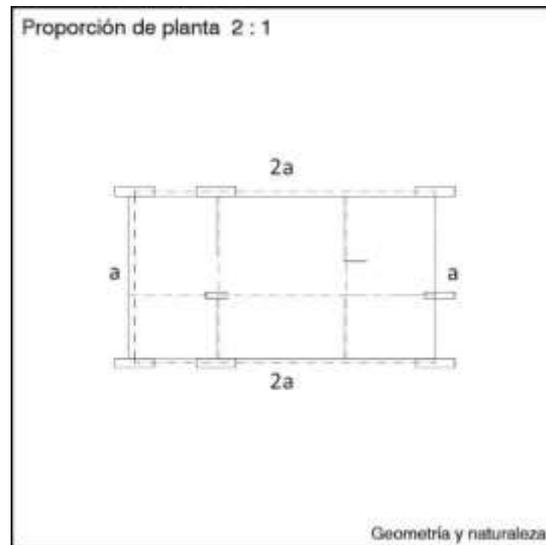
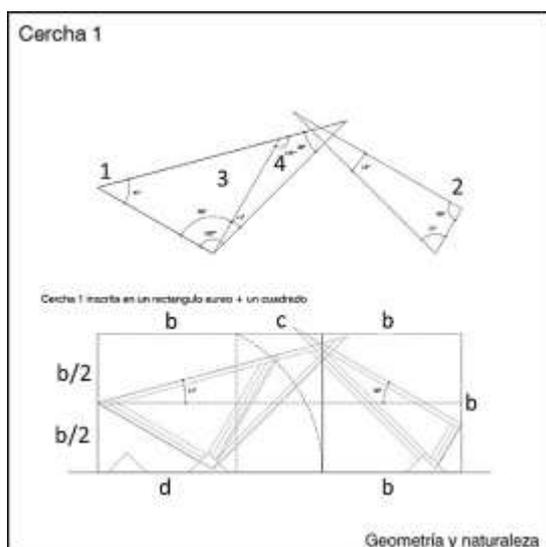


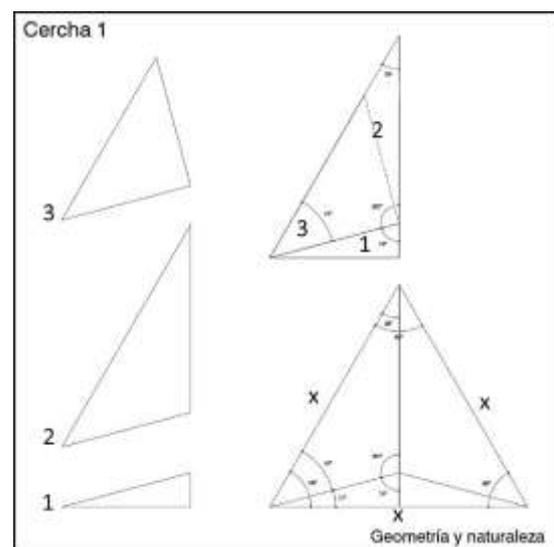
Figura 3.14. Proporción de la planta

Los triángulos utilizados en cada cercha son los siguientes:

Cercha 1: Un triángulo obtusángulo escaleno (1) de ángulos 105° , 45° y 30° que suscribe a un triángulo isósceles (3) de ángulos 90° , 45° , 45° y a un obtusángulo escaleno de ángulos 135° , 30° y 15° (4), y un triángulo rectángulo escaleno (2) de ángulos 90° , 75° , 15° . Los triángulos matrices 1 y 2 al pegarse por el lado menor del obtusángulo (1) y mayor del rectángulo (2) componen la mitad de un triángulo equilátero. Con lo cual los triángulos utilizados nacen de un triángulo equilátero único, que se descomponen en 4 triángulos.



3.15a



3.15b

Figura 3.15a. Cercha 1 inscrita en un rectángulo áureo + un cuadrado

3.15b. Cercha 1, triángulos utilizados

Cercha 2: Un triángulo rectángulo escaleno (5) de ángulos 90° , 60° y 30° que suscribe a un acutángulo escaleno de ángulos 75° , 60° y 45° (6), y a un obtusángulo escaleno de ángulos 135° , 30° y 15° (4), y un triángulo rectángulo, escaleno (2) de ángulos 90° , 75° , 15° (Figura 3.16).

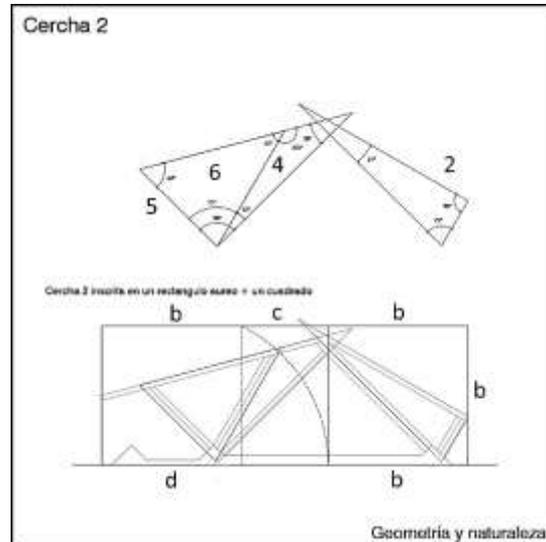


Figura 3.16. Cercha 2 inscrita en un rectángulo áureo + un cuadrado.

Por un lado el estudio de la geometría y proporciones para acercarnos a la naturaleza y por otro el dinamismo de la composición hacen se incorpore armónicamente al paisaje circundante. La naturaleza está en constante movimiento, es por ello que la propuesta trata de hacer sentir este dinamismo de formas que nos dan los refugios naturales.

3.4.5.4 Espacialidad y función

Los espacios se forman con la estructura principal de los triángulos y se dividen con una sub estructura ortogonal sin esfuerzos, dentro de las proporciones, formando la planta rectangular.

Se plantean espacios bajo la concepción de espacios multifuncionales de las comunidades nativas amazónicas y el vínculo con la naturaleza, en función al hábitat temporal del usuario poblador no permanente y/o colonos.

El Modelo – cabaña de bambú, está configurada por una unidad, compuesta por dos espacios principales (semi-abierto y cerrado), el espacio abierto constituido por el área social o terraza

y el cerrado, que su vez está dividido en dos sub espacios, originando el área privada o de reposo y los servicios.

El área social se encuentra elevado a 0.30 m del nivel más bajo del terreno por donde se ingresa, se delimita y define virtualmente con las cerchas triangulares en ambos lados y el volado de la cubierta. Es un espacio que tiene una relación estrecha con la naturaleza y permite la transparencia y el mimetismo del volumen con el paisaje, es el vínculo con los espacios interiores y desde el cual tiene vista directa al paisaje del canal del río. Es área privada se encuentra en el interior elevada 0.15 m más (0.45m del nivel más bajo y 0.30m del más alto del terreno), delimitado por la subestructura ortogonal en la periferia y la estructura triangular en la cubierta, de la misma manera los servicios en la parte posterior.

La función del Modelo- cabaña de bambú, es albergar a pobladores no permanentes y/o colonos transitorios, como alternativa de una vivienda temporal, donde realizaran principalmente las actividades de: dormir, descansar, asear, contemplar el paisaje, leer.

3.4.5.5 Acondicionamiento ambiental

Tomando en cuenta la relación componentes y las recomendaciones de diseño y construcción para edificaciones bioclimáticas con eficiencia energética para la Zona Climática 8 del MVCS (Tabla 3.1), la revisión de literatura especializada y experiencia propia, el Modelo – cabaña de bambú responde y propone los siguientes parámetros para cada uno de los componentes:

Partido Arquitectónico:

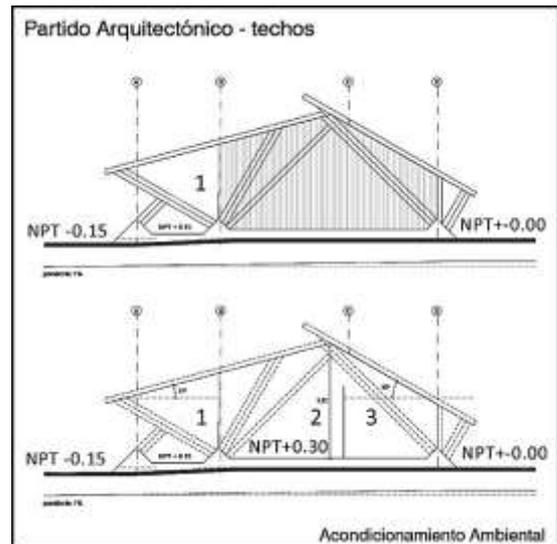
Planta lineal y con el frente abierto, elevando sus espacios entre 0.30 m y 0.45 m consecutivamente desde el punto más bajo del terreno, adaptándose a la topografía con pendiente 1%. Altura promedio de los ambientes privados interiores de 3.20 m (Figuras 3.17 y 3.18).

Orientación:

Sureste-noroeste al eje del Modelo. (Figura 3.17).



3.17



3.18

Figura 3.17. Partido Arquitectónico – Orientación

Figura 3.18. Partido Arquitectónico – Techos

Material de Construcción:

Consideración de materiales con masa térmica baja para los muros y para la cubierta con aislamiento térmico. Predominio del material bambú en la estructura, muros y techos (cielo raso) en forma natural (tallo) y como esterilla (chancado). Cubierta final con hojas de palmera u otro material aislante, cerramientos de los muros exteriores con lana de vidrio.

Al no haber registro de las propiedades térmicas del bambú en su estado natural (tallo) y en su forma chancada, ni de las hojas de palmera, se toman los valores correspondientes a los Vegetales: maderas naturales, paja y a los Paneles: fibra de madera. En cuanto a Aislantes si se registra la lana de vidrio, utilizada en el cerramiento (Tabla 3.16)

Tabla 3.16 Propiedades térmicas de algunos materiales -Valores referenciales para los materiales del Modelo (Organización Latinoamericana de energía, citado por MVCS, 2014)

Material	MVCS-DNC			Materiales representativos de la construcción experimental
	Densidad (Kg/m ³)	Conductividad térmica (kcal/m.h.°C)	Calor específico (kcal/kg°C)	
Vegetales				
Maderas naturales	550-650	0.14	0.34	Bambú, forma natural - tallo hueco (en toda la estructura)
Maderas naturales	750-850	0.17	0.34	
Paja	180-200	0.10	0.34	hojas de palmera (cubierta)
Paneles				
De fibra de madera	250-350	0.04	0.34	Bambú chancado (cerramiento , tabiques interiores, cubierta)
De fibra de madera	350-450	0.045	0.34	
De fibra de madera	550-650	0.06	0.34	
Aislante				
Corcho	150-250	0.040	0.450	
Corcho	350-450	0.060	0.450	
Lana de vidrio	150-250	0.04	0.16	Lana de vidrio (cerramiento)

Techos:

Pendiente pronunciada de 30° o más, dependiendo del material. Modelo propuesto de techos altos con pendiente de ángulo de 30° y 15% con volados por todos los frentes (Figura 3.18), cubiertos primero con bambú chancado y luego con hojas de palmera tejidas u otro material compuesto por elementos naturales impermeable, que no filtre el agua y a su vez pueda correr fácilmente. El drenaje corre por el exterior y cae alejado, debido a la inclinación y volados, sin afectar ningún elemento de bambú. Se considera sistema de control de drenaje del agua por canaletas de bambú, que deben ser cambiadas cada cierto periodo.

En caso, de la utilización de hojas de palmera bien tejidas aumenta la duración y eficiencia de los techos, evitando las filtraciones hacia el interior de la edificación. Del mismo modo, el tejido de las hojas favorece que los folíolos de algunas especies de palmeras permanezcan extendidos, proporcionando una superficie homogénea que favorece la refracción de los rayos solares, proporcionando un bajo registro calórico. Para una mejor conservación y prolongación de la vida útil de los techos con hojas de palmera se aplica un

método tradicional de las comunidades nativas amazónicas que es la práctica de humo, pudiendo durar hasta más de 8 años. Generalmente en las viviendas de los nativos mientras cocinan humean y así se va inmunizando y conservando, lo cual no es recomendable para la salud. Es un tema por evaluar para su aplicación y/o seguir investigando sobre un tratamiento saludable y natural para las hojas.

En el caso se escogiera otro material se debe considerar un óptimo coeficiente térmico, que cumpla la función de aislante, así como, tenga consideraciones ambientales.

Vanos:

Para iluminación: $\text{Área de vanos} / \text{Área de piso} = 62\%$

Para ventilación: $\text{Área de aberturas} / \text{Área de Piso} = 80\%$ (Figura 3.20)

Área de piso = 53.50 m², área de vanos = 32.90 m² y área de aberturas = 43.00 m².

Porcentajes mayores que lo recomendado por MVCS – DNC (Tabla 3.2).

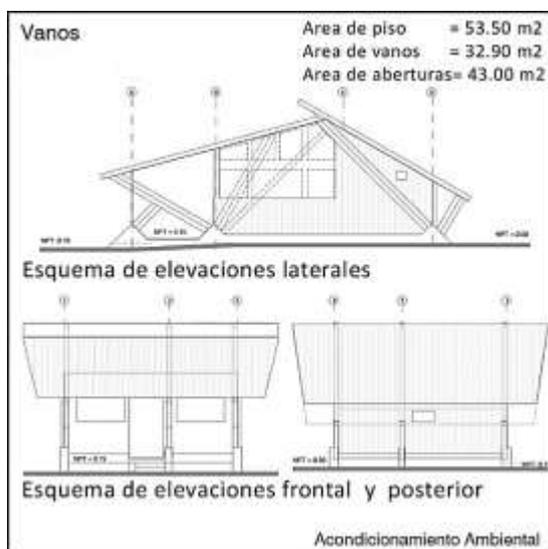


Figura 3.19. Vanos



Figura 3.20. Iluminación y Ventilación.

Iluminación:

Penetración de luz natural a través de los diferentes vanos del cerramiento por todos los lados, ventanas grandes laterales que acompañan la forma de la estructura, ventanas más pequeñas en el frente y ventanas altas en la parte posterior. Todas las ventanas y aberturas están protegidas con malla mosquitera fijada en el marco. Los aleros del techo en los cuatro lados funcionan como parasoles (Figura 3.20).

Ventilación:

Las vías de circulación de aire son las mismas por donde ingresa la iluminación. Se aprovechan los vientos locales direccionándolo con los árboles. Se considera ventilación cruzada por los 4 lados y efecto Venturi de sureste-noreste como se aprecia en la Figura 3.20.

Vegetación:

La edificación se inserta dentro de la vegetación y respeta a los arboles existentes. Se sitúa entre ellos, los mismos que crean sombras y protegen a la edificación de la radiación, así como protegen al material bambú (Figura 3.21).

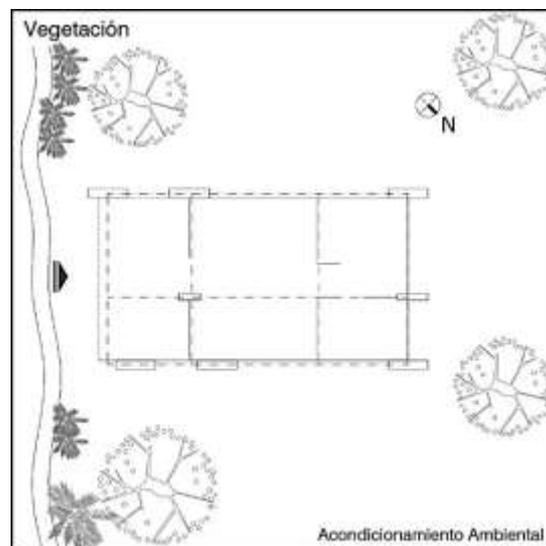


Figura 3.21 Vegetación

El diseño del "Modelo" propone ambientes interiores acondicionados al confort térmico para el usuario de la zona: usuario no permanente y colonos. El cual se evaluara en el siguiente capítulo.

A continuación se presenta la comparación entre las recomendaciones de diseño y construcción para edificaciones bioclimáticas con eficiencia energética del MVCS– DNC y la

propuesta de los parámetros contemplados para el diseño y construcción de una edificación ecológica, aplicado en el Modelo – Cabaña de Bambú en el PNM (Tabla 3.17).

Tabla 3.17 Resumen entre las recomendaciones de diseño y construcción del MVCS– DNC y la respuesta de los parámetros para el diseño y construcción de una edificación ecológica, aplicados en el Modelo.

	Construcción de Edificaciones Bioclimáticas y con Eficiencia Energética	Modelo - Cabaña de Bambú
Componente	Zona Climática 8: Sub Tropical Húmedo	Sector I- Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional del Manu
	Recomendaciones generales de diseño y construcción. MVCS– DNC	Parametros para el diseño y construcción de una edificación ecológica.
Partido Arquitectónico	Planta lineal y abierta. Planta elevada del suelo Altura mínima del ambiente 2.50 m	Planta lineal y abierta en el frente. Planta elevada del suelo a 0.45 m Altura promedio del ambiente 3.20 m
Orientación	Orientación este-oeste del eje del edificio. Espacios orientados al norte y protegidos del sol. Ventanas orientadas preferentemente al norte y sur	Orientación sureste-noroeste del eje del edificio. Espacios orientados al noroeste y protegidos del sol. Ventanas mas amplias orientadas al noreste y sureste.
Material de Construcción	Masa térmica baja en muros Aislamiento térmico en cobertura.	Masa térmica baja en muros - estructura con bambú y recubrimiento con bambú chancado, interior del muro una capa de lana de vidrio para protección de insectos y acústica. Cubierta con bambú chancado y hojsa de palmera u otro material compuesto por elementos naturales aislante
Techos	Pendiente pronunciada según material a utilizar Sistema de control de drenaje del agua proveniente de las precipitaciones (por ejemplo, canaletas). Aleros para protección de muros, zócalos y elementos externos frente a la humedad y/o radiación solar.	Pendiente pronunciada y semi pronunciada - material final crizneja. Sistema de control de drenaje del agua por canaletas de bambú. Aleros por los 4 lados, zócalos y podios donde se levanta la estructura.
Pisos y Muros	Pisos antideslizantes exteriores en caso de precipitaciones. Zócalo de protección de sobre cimientos ante la humedad. Evitar calentamiento de paredes y losas circundantes por efecto de radiación solar.	Piso cemento y algunas piedras. Zócalo de cemento pulido. Se evita el calentamiento de las paredes con los arboles circundantes.
Vanos	Área de vanos / Área de piso > 30% (para iluminación). Área de aberturas /Área de Piso > 15% (para ventilación).	Área de vanos / Área de piso > 50% Modelo = 62% (para iluminación). Área de aberturas /Área de Piso > 50% Modelo = 80% (para ventilación).
Iluminación y parasoles	Uso de parasoles en vanos.	Aleros laterales funcionan como parasoles.
Ventilación	Considerar dirección de vientos locales para su máximo aprovechamiento. Orientación que permita la ventilación cruzada Generar efecto Venturi.	Vientos locales del sur se aprovechan, arboles direccionan ventilación. Ventilación cruzada Efecto Venturi orientación sureste-noroeste.
Vegetación	Crear sombras y espacios verdes para impedir la radiación.	Arboles en los laterales que crean sombras y protegen de la radiación, edificación se sitúa rodeado de vegetación.

3.4.5.6 Contexto Socio - cultural

Las poblaciones que habitan en el Sector I de la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional del Manu son grupos amazónicos de la familia lingüística Arawak donde están los Matsiguengas y los Yine (Piro) y los de la familia Harakmbut donde están los Amarakaeri y Huachipaeri. Así como colonos (población mestiza) y población no permanente (exploradores, investigadores nacionales e internacionales).

El Modelo – Cabaña de Bambú se localiza cerca de la Comunidad Santa Rosa de Huacarias donde habitan los grupos étnicos Matsiguengas y Huachipaeri, y a 1 km del pueblo de Pilcopata, donde habitan colonos o población no permanente que pernoctan en el mismo poblado o en la Estación de Villa Carmen.



Figura 3.22 Vista panorámica de la comunidad de Santa Rosa de Huacarias

Como parte de la conceptualización del diseño previo al desarrollo proyectual, se estudia el contexto socio cultural de la zona, forma de vida del poblador, costumbres, parámetros arquitectónicos, entre otros.

Es así, que la propuesta arquitectónica considera dos aspectos de la vivienda Matsiguenga: el uso de la modulación y el empleo del triángulo en la estructura de los techos, el cual es la figura geométrica principal del “Modelo”. El diseño formal y funcional de la planta responde a la fusión de costumbres entre los matsiguengas, colonos y población no permanente.

3.4.5.7 Criterios de diseño - bambú

Para la aplicación de cada una de las especies de bambú seleccionadas e identificadas en el diseño arquitectónico y estructural, se consideraron los sus propiedades mecánicas (resistencia a la compresión y corte paralelo a la fibra), así como sus características morfológicas (diámetro, longitud, ancho de las paredes, forma lineal, brillo), y la disponibilidad cuantitativa y cualitativa de cada una.

Como se manifiesta en el estudio las especies más representativas en la zona por su extensa ocupación son las endémicas del género *Guadua*, lo que determino el mayor uso de la especie *Guadua sarcocarpa* en los elementos de la estructura, sin embargo por características en cuanto al diámetro y la falta de mayor estudio de sus propiedades mecánicas, no se le podía dar toda la responsabilidad estructural, se le destinaron elementos con carga mínima y los de recubrimiento en muros y cubierta. Como segunda especie en cuanto a cantidades y facilidad de obtención se consideró a la *Bambusa oldhamii*, a la cual se le destinaron los elementos con un poco más de carga que la *guadua* endémica, considerando las pruebas de propiedades mecánicas y estudios de referencia. Para los elementos estructurales principales de mayor responsabilidad: las cerchas triangulares, habría que considerar una especie que contemple mejores características estructurales, diámetros, ancho de las paredes y estudios referenciales, por lo que se determinó a la especie *Dendrocalamus asper*. De esta manera se determinaría según la especie su uso en los elementos de la estructura del Modelo (Tabla 3.18).

Para asegurar la buena calidad y durabilidad del bambú como material y del Modelo Arquitectónico – Cabaña de bambú, se consideraron los siguientes aspectos:

- Proceder de acuerdo al Sistema y Cadena de Procesos para la obtención del bambú como material, evaluados anteriormente (Tabla 3.8), para cada una de las especies y las respectivas poblaciones seleccionadas, que involucran las fases de: 1. Manejo y aprovechamiento, 2. Transporte, 3. Esterilla o cana chancada, 4. Lavado, 5. Preservación, 6. Secado, 7. Limpieza, 8. Almacenamiento.

- Protección por diseño, acabado y mantenimiento de la edificación. El correcto diseño arquitectónico, con criterios técnicos y conocimiento del material y su vulnerabilidad contribuye a prolongar la vida útil de la construcción.
- Planificación del proyecto, que comprende el desarrollo del diseño, técnica de las uniones, cálculos estructurales, metrado, presupuesto y programación de la obra por partidas, para luego pasar al desarrollo de la obra, también planificada.

Tabla 3.18 Uso de las especies de bambú según los elementos de la estructura del Modelo

Especies de bambú	Elementos de la estructura
<i>Guadua sarcocarpa</i>	
Ø7-6 cm	Elementos de arriostre en cercha
Ø8 cm	Muros / cerramiento - elementos horizontales (vigas)
Ø8 cm	Muros / cerramiento - elementos de arriostre
Ø8 cm	Muros / interiores - elementos horizontales
Ø 7-6 cm	Tabiques en servicios - elementos verticales
Ø8-7 cm	Cerramiento - Bambúes chancados
Ø8-7 cm	Cubierta - Bambúes chancados
<i>Bambusa oldhamii</i>	
Ø8 cm	Muros / cerramiento - elementos verticales (columnetas)
Ø 7-6 cm	Estructura cobertura - Correas
Ø 6 cm	Barandas
<i>Dendrocalamus Asper</i>	
Ø 16 cm	Cerchas triangulares - Elementos estructurales principales

El Modelo propuesto, parte de la premisa que el bambú es vulnerable al sol, humedad y lluvia, que son factores climáticos de acción externa y dependen del lugar donde se ubicara la edificación. Por lo que, por un lado, desde la etapa de diseño se estudió el mejor emplazamiento, orientación con respecto al sol, topografía, vegetación existente, variables ambientales, precipitaciones. Por otro lado se tomaron las consideraciones de no dejar elementos de bambú expuestos a la acción directa del sol, humedad del suelo y lluvia. En este sentido, si bien es cierto la estructura debiera haber tenido un recubrimiento final con mortero, solo se dejó con la primera capa de esterilla o caña chancada para ambos lados (interior y exterior), pero se contempló cubiertas con volados que den sombra y puedan

proteger la caña y los elementos expuestos, así como se aprovechó la vegetación existente del entorno, dejando árboles en los laterales cumpliendo también la función de protector. Entre las capas de esterillas, se relleno con fibra de vidrio como protector de insectos y aislamiento acústico.

Para la protección del agua de la lluvia y/o hagan limpieza la estructura propuesta esta elevada. En el caso de las cerchas triangulares se levanta sobre unos podios triangulares de concreto y el resto de la estructura se separa a unos 60 cm del punto más bajo.

El proyecto del Modelo Arquitectónico – Cabaña de bambú, se desarrolló en el marco de la experiencia personal, normatividad vigente para el país, NTE E-100 Bambú y normatividad Colombiana NSR-10 Titulo G y apoyo técnico de la Ing. Mercedes Odar para el cálculo estructural.

3.4.6 Construcción

Culminado con la fase de diseño y el desarrollo del proyecto Modelo Arquitectónico – Cabaña de bambú, se procedió con la fase de construcción, que se realizó entre los meses de setiembre y diciembre del 2013. El estudio analizan tres aspectos: 1. Recurso humano, 2. Prácticas ambientales y 3. Cantidad de bambúes.

Los componentes considerados en la construcción son: Bases y losa, estructuras, cerramiento, cubierta y carpintería

3.4.6.1 Recurso humano

Se analiza el recurso humano empleado y su rendimiento en cada uno de los componentes de la etapa de la construcción del Modelo, en especial en donde se emplea bambú.

Para cada componente de la construcción se fue distinguiendo el recurso humano, según tipo de personal, cantidad por componente, procedencia y sexo (Tabla 3.19).

Tabla 3.19 Recurso humano empleado en la construcción

Componente	Personal	Cantidad	Procedencia	Sexo	
				Masculino	Femenino
1. Base y losa					
	Maestro (1)	1	Cusco	x	
	Operario (1)	1	Paucartambo	x	
	Peón (1)	4	Centro Poblado de Pilcopata, Koshñipata.	x	
2. Estructura y muros					
3. Cerramiento					
4. Cubierta					
(solo bambu)	Maestro especialista en construcción con bambú	1	La Florida, Cajamarca	x	
(solo bambu)	Ayudantes capacitados durante construcción (2)	2	Centro Poblado de Pilcopata, Koshñipata	x	x
6. Carpintería					
	Maestro carpintero	1	Paucartambo	x	
	Peón -ayudante	1	Centro Poblado de Pilcopata, Koshñipata.	x	
Total de personal que trabajo en la construccion		11			
1. Obrero de construcción semi calificado					
2. Un trabajador de ACCA y un poblador de Pilcopata					

En total fueron once personas, la mayoría procedentes de la zona y/o región del Cusco. Solo tres realizaron el trabajo únicamente con bambú (componentes 2, 3 y 4), de los cuales solo uno fue un maestro especialista en construcción con bambú procedente de la Región Cajamarca, quien conjuntamente con el arquitecto a cargo (el autor), procedente de la Región Lima, capacitaron a 2 pobladores (denominados ayudantes), un trabajador masculino de ACCA (ayudante 1) y un poblador femenino (ayudante 2), ambos del centro poblado de Pilcopata.

Se tomó nota del horario de trabajo diario con la cantidad y tipo recurso humano destinado para los componentes donde interviene el bambú, realizando más horas de trabajo que un jornal común de 8 horas diarias, debido a la urgencia de terminar la construcción antes del inicio de las lluvias intensas. Con un total de horas a la semana de 54. (Tabla 3.20).

Tabla 3.20 Horario de trabajo y recurso humano empleado en los componentes 2, 3 y 4 (Bambú)

Días	Horario de trabajo		Horas de trabajo diarias por tipo de día	N° de días a la semana	Horas de trabajo semanales por tipo de día	Total de horas a la semana	Supervisión mensual (3)		
	Horario de trabajo según el día	Refrigerio/ descanso					Recurso Humano (2)	Maestro	Ayudante
H1 (Lunes - Viernes)	7:00am- 5:30pm	12:00 am - 1:00 pm	9.5	5	47.5				
H2 (Sábado)	7:00am- 1:00pm	11:00 am - 11:30 am	6.5	1	6.5	1	2	1	
						54			

H1= horario 1, H2 = horario 2

1. Componentes de la edificación donde se utiliza bambú: (2), (3), (4)

2. Recurso Humano ver detalle en tabla 3.19

3. La supervisión se realizó cada mes por 3 días. La primera supervisión fue por 5 días donde se capacitó a personal.

Con estos datos se trabaja en una segunda Tabla 3.21 que toma el tiempo de trabajo que se empleó en la construcción con los horarios de la tabla anterior, en los componentes donde se emplea bambú, en horas, días, semanas, y con la cantidad de recurso humano y su rendimiento según tipo. Se hace una comparación con el jornal de trabajo de 8 horas diarias para calcular el tiempo estimado total de la construcción con horario estándar, con la misma cantidad de personas y su rendimiento. Se resalta también solo las partidas donde se trabaja solo bambú y el porcentaje que representa del total de los tres componentes.

Tabla 3.21 Tiempo de trabajo empleado en la construcción del Modelo - Componentes 2, 3 y 4 (Bambú).

Componente	Elementos	Tiempo de trabajo empleado en la construcción						Rendimiento diario estimado según horario laboral estándar							
		Cantidad de días según tipo de horario		Cantidad de semanas	Cantidad de horas	Tiempo de trabajo según horas laborales estándar (8 horas diarias) (días)		Metrado	Rendimiento diario (8 horas) (m2 o ml)	Recurso humano					
		H1	H2			H1	H2			Maestro bambú (55%)	Ayudante 1 (30%)	Ayudante 2 (15%)			
	Todo guadua	9.50	6.50			1 = 6 días	#H1+#H2								
	Estructura principal-cerchas triangulares arriostró cercha, tabiques	6.00	1.00	57.00	6.50	1 + 1 día	63.50	7.94	23.60	12.98	7.08	3.54			
	Muros y tabiques elementos verticales de muros elementos horizontales, arriostró de muros tabiques inferiores	9.00	2.00	85.50	13.00	1 + 5 días	98.50	12.31	3.67	2.02	1.10	0.55			
	Estructura cubierta vigas y correas	5.00	1.00	47.50	6.50	1	54.00	6.75	36.80	20.24	11.04	5.52			
	Totales por componente					4 (24 días)	216.00	27.00							
	Guadua chancada (cerramientos) (corte y colocación)	5.00	0.00	47.50	0.00	5 días	47.50	5.94	23.58	12.97	7.07	3.54			
	Cerramiento - 3	1.00	0.00	9.50	0.00	1 día	9.50	1.19	33.68	20.21	13.47				
	Malla electrosoldada. 1mm cocada 55mm	1.00	0.00	9.50	0.00	1 día	9.50	1.19	122.95	73.77	49.18				
	Bastidores madera aguano masha 4x4 ordinaria	1.00	0.00	9.50	0.00	1 día	9.50	1.19	33.68	20.21	13.47				
	Mortero para tarrajeo muro de baño	1.00	1.00	9.50	6.50	2 días	16.00	2.00	50.00	30.00	20.00				
	Lana de vidrio (cerramiento)					1 + 4 días	92.00	11.50							
	Totales por componente					6.50	10 días	11.50							
	Guadua chancada (cubierta) (corte y colocación)	4.00	1.00	38.00	6.50	5 días	44.50	5.56	23.37	12.85	7.01	3.51			
	Cubierta - 4	1.00	0.00	9.50	0.00	1 día	9.50	1.19	113.68						
	Bastidores madera aguano masha 4x4 ordinaria														
	Geonoma / Pijuallo (cubierta) (1)														
	Correa de árbol - Tamshi (amarres) (1)														
	Onduline	4.00	0.00	38.00	0.00	5 días	38.00	4.75	27.37						
	Totales por componente					6.50	11 días	11.50							
Totales						7 + 3 días	400.00	50.00							
						(45 días)									
	Tiempo empleado en solo bambú. (2)					5 + 4 días	308.00	38.50							
						(34 días)									

(1) Se cambio de material en por Onduline.
(2) El tiempo empleado solo en bambú equivale al 78% del total de los 3 componentes
(3) Aquí sólo participaron los ayudantes con diferentes rendimientos

Los resultados de la Tabla 3.21 muestran que el tiempo de trabajo empleado en los componentes 2, 3, y 4, fueron de 45 días y estimado con el jornal de trabajo estándar sería de 50 días. El tiempo solo en los trabajos con bambú fue de 34 días que representa el 78% aproximadamente del trabajo total de los tres componentes. Considerando el recurso humano de un maestro especialista en bambú con rendimiento del 55% y dos ayudantes, uno con rendimiento del 30% y otro con rendimiento del 15%.

Estos datos junto con el tiempo empleado en los otros componentes (bases y losas y carpintería), proporcionan el tiempo total en el que se ejecutó el Modelo y la estimación con un jornal estándar, con el rendimiento de todo el recurso humano que participo, como se muestra en la siguiente tabla resumen.

Tabla 3.22 Tiempo y rendimiento diario estimado en toda la construcción

Ítem	Componente de la edificación o partida	Unidad	Rendimiento diario (Shoras)	Cuadrilla				Equipo y/o herramienta	Tiempo de ejecución real en días	Tiempo de ejecución en días - 8 horas diarias
				Capt.	Op.	Of.	Peón			
1. Bases y losa										
1.1 Movimiento de tierras										
1.1.1	Excavación cimientos y zapatas	m3	2.50	0.10	--	--	1.00	pico y lampa		
1.2 Concreto Simple										
1.2.1	Cimientos corridos	m3	12.5	1.00	1.00	--	4.00	1 mezcladora manual		
1.2.2	Sobrecimientos 0.15m de ancho	m3	5	1.00	1.00	--	4.00	(9-11 p3)		
1.2.3 Falso piso de 2"										
	Reglado	m2	100	0.10	1.00	--	3.00	--		
	Vaciado	m2	133	0.20	1.00	--	4.00	1 mezcladora manual		
1.3 Encofrados										
1.3.1 Encofrado de sobrecimientos hasta 0.30 m. de alto:										
	Habilitación	m2	40	0.10	1.00	--	1.00	--	20	20
	Encofrado de sobrecimientos	m2	14	0.10	1.00	--	1.00	--		
	Desencofrado	m2	28		1.00	--	2.00			
1.3.2 Encofrado de vigas de cimentación										
	Habilitación	m2	50	0.10	1.00	--	1.00	--		
	Encofrado	m2	10	0.10	1.00	--	1.00	--		
	Desencofrado	m2	35		1.00	--	2.00			
1.4 Concreto armado										
1.4.1	Zapatas	m3	12.3	1.00	1.00	--	4.00	1 mezcladora manual		
1.4.2	Viga de cimentación	m3	9.8	1.00	1.00	--	4.00	1 mezcladora manual		
	Curado	m3	80	0.10	--	--	1.00	1 vibrador		
1.4.3	Losas	m3	10.8	1.00	1.00	--	4.00	1 mezcladora manual		
	curado	m3	88	0.10	--	--	1.00	1 vibrador		
2. Estructura y muros (1)										
				Maestro bambú	Op.	Ayudante 1	Ayudante 2			
2.1	Estructura principal-cerchas triangulares (6 triángulos) arriostre cercha, tabiques	ml	24.00	1.00		1.00	1.00			
2.2	Muros y tabiques elementos verticales de muros elementos horizontales, arriostre de muros tabiques interiores barandas	ml	4.00	1.00		1.00	1.00	Ingleteadora, taladro, base sierra copa, sierra copa bimetálica, brocas, cinta métrica	24	27
2.3	Estructura cubierta vigas y correas	ml	40.00	1.00		1.00	1.00			

3. Cerramiento (ambas caras) (1)							
			Maestro bambú	Op.	Ayudante 1	Ayudante 2	
3.1	Guadua chancada (cerramientos)	m2	24.00	1.00	1.00	1.00	Hachuela para hacer esterilla, machete.
3.2	Malla electrosoldada. 1mm cocada 55mm	m2	34.00	1.00	1.00	--	
3.3	Bastidores madera aguano masha 4x4 ordinaria	ml	123.00	1.00	1.00	--	10 11.5
3.4	Mortero para tarrajeo muro de baño	m2	34.00	1.00	1.00	Paleta	
3.5	Lana de vidrio (cerramiento)	m2	44.00	1.00	1.00	--	
4. Cubierta (1)							
			Maestro bambú	Poblador Crizneja	Ayudante 1	Ayudante 2	
4.1	Guadua chancada (cubierta)	m2	24.00	1.00	1.00	1.00	Hachuela para hacer esterilla, machete.
4.2	Bastidores madera aguano masha 4x4 ordinaria	ml	114.00		1.00	--	11 11.5
4.3	Geonoma / Pijuallo (cubierta) (2)	m2	37.00	2.00		--	
4.4	Tamshi (amarres cubierta) (2)	ml	215.00	2.00		--	
4.5	Onduline	m2	37.00		1.00	1.00	taladro, broca
6. Carpintería							
			Maestro	Op.	Ayudante 1	Ayudante 2	
6.1	Marcos de madera aguano masha	m2	2.00	1.00		--	
6.2	Puerta de madera aguano masha	m2					5 5
6.3	Malla mosquitero	m2	100.00	1.00	1.00	--	
Tiempo total - ejecución de la construcción							70 75

(1) Para los componentes 2, 3 y 4 ver detalle

(2) Se cambio de material por 4,5

El rendimiento en la mayoría de partidas del componente 1. Bases y losas, fue menor al estándar para una construcción convencional, debido al reducido personal y semi calificado y no calificado. Para el caso de las partidas y/o elementos donde se emplea bambú en el país no hay un estándar de rendimiento, por lo que no se puede comparar, sin embargo puede demostrar de manera estimada un rendimiento alto a pesar del reducido personal y solo contar con un maestro especializado en bambú.

El tiempo construcción del Modelo fue de 70 días, no continuos, en jornales estándar el tiempo sería de 75 días.

3.4.6.2 Cantidad de bambúes

Antes de la construcción del Modelo, se elaboró un metrado detallado de los bambúes a emplear según especie (*Guadua sacocarpa*, *Bambusa oldhamii munro* y *Dendrocalamus asper*) para cada elemento de la estructura, en cuanto a cantidades por especie en unidad y metros lineales, superficie (caña chancada), diámetro y número de tallos según medida

comercial de 6m de longitud (Tabla A3.1, Anexo III.3)

Considerando un incremento del 10% a los totales parciales como margen de holgura en la selección y el despiece para los cortes, se tuvo como resultado la siguiente tabla resumen:

Tabla 3.23 Resumen - Cantidad de bambúes a utilizar por especie y diámetro

Especie / diametro	Cantidad			
	Longitud (m)	Superficie (m ²)	Numero de tallos (u) (medida comercial= 6m) por especie y diámetro	Numero de tallos (u) (medida comercial= 6m) redondeado por especie y diámetro
Forma natural-tallos				
<i>Guadua sarcocarpa</i> Ø 8 cm	270.82		45.14	46.00
<i>Guadua sarcocarpa</i> Ø 6-7 cm	127.6		21.27	22.00
Chancados - esterilla				
<i>Guadua sarcocarpa</i> chancada Ø 8 -7 cm		297.00	247.50	248.00
Forma natural-tallos				
<i>Bambusa oldhamii</i> Ø 8 cm	251.13		41.86	42.00
<i>Bambusa oldhamii</i> Ø 6-7 cm	273.24		45.54	42.00
<i>Bambusa oldhamii</i> Ø 6cm	27.50		4.58	5.00
<i>Dendrocalamus asper</i> Ø 16cm	201.30		33.55	34.00
Total de bambúes empleados (en metros lineales, metros cuadrados y en numero de tallos según medida comercial)	1,151.59	297.00	439.43	439.00

Gracias a la disponibilidad y facilidad de obtención del recurso desde la mata, se pudo aprovechar y optimizar los tallos de bambú por especie y diámetro según sus partes (cepa, basa, sobrebasa y varillon) para uso en construcción, utilizando al máximo y de manera integral el tallo, elaborando un cuadro detallado que nos permitió evaluar la optimización del recurso (Tabla A3.2 Anexo III.3). Dando como resultado que al término de la construcción, se utilizaron menos cantidades de culmos que los que se habían medrado, como se muestra en la Tabla 3.24 a manera de resumen. Los restos de las partes del tallo no empleados se utilizaron en la elaboración de artesanías.

Tabla 3.24 Resumen - Cantidad de bambúes utilizados, considerando el aprovechamiento del tallo según sus partes para uso en construcción.

Especie / diámetro	Cantidad		
	Longitud (m)	Superficie (m ²)	Numero de tallos (u) (Longitud promedio del tallo aprovechable para construcción = 13 m)
Forma natural-tallos			
<i>Guadua sarcocarpa</i> Ø 8 cm	270.82		46.00
<i>Guadua sarcocarpa</i> Ø 6-7 cm	127.6		
Chancados - esterilla			
<i>Guadua sarcocarpa</i> chancada Ø 8 -7 cm		297.00	55.00
Forma natural-tallos			
<i>Bambusa oldhamii</i> Ø 8 cm	251.13		42.00
<i>Bambusa oldhamii</i> Ø 6-7 cm	273.24		
<i>Bambusa oldhamii</i> Ø 6cm	27.50		3.00
<i>Dendrocalamus asper</i> Ø 16cm	201.30		23.00
Total de bambúes empleados	1,151.59	297.00	169.00

El resumen expuesto señala que se utilizó un total de 169 tallos de bambú, y según especie y diámetro:

- 46 tallos de guaduas de Ø 8 cm de 13m de longitud.
- 55 tallos de guaduas de Ø 8 o 7 cm de 13m de longitud.
- 42 tallos de bambusas de Ø 8 cm de 13m de longitud.
- 3 tallos de bambusas de Ø 6 cm de 13m de longitud.
- 23 tallos de dendrocalamus de Ø 16 cm de 13m de longitud.

Esta cantidad de bambúes se empleó para los componentes 2, 3 y 4 de la construcción del Modelo.

Si se coloca un valor referencial de lo que representa cada componente en la construcción del Modelo y se considera el puntaje de 20 a la construcción terminada, se tendrían los siguientes valores numéricos y porcentuales.

- | | | | |
|-----------------------|-------------|---------------|--------------|
| 1. Bases y Losa | 4 (20%) | | |
| 2. Estructura y Muros | 10 (50%) | - bambú > 98% | (Tabla 3.15) |
| 3. Cerramiento | 3.5 (17.5%) | - bambú = 70% | (Tabla 3.15) |
| 4. Cubierta | 2.5 (12.5%) | - bambú = 60% | (Tabla 3.15) |
| 5. Carpintería | 0.5 (2.5%) | | |

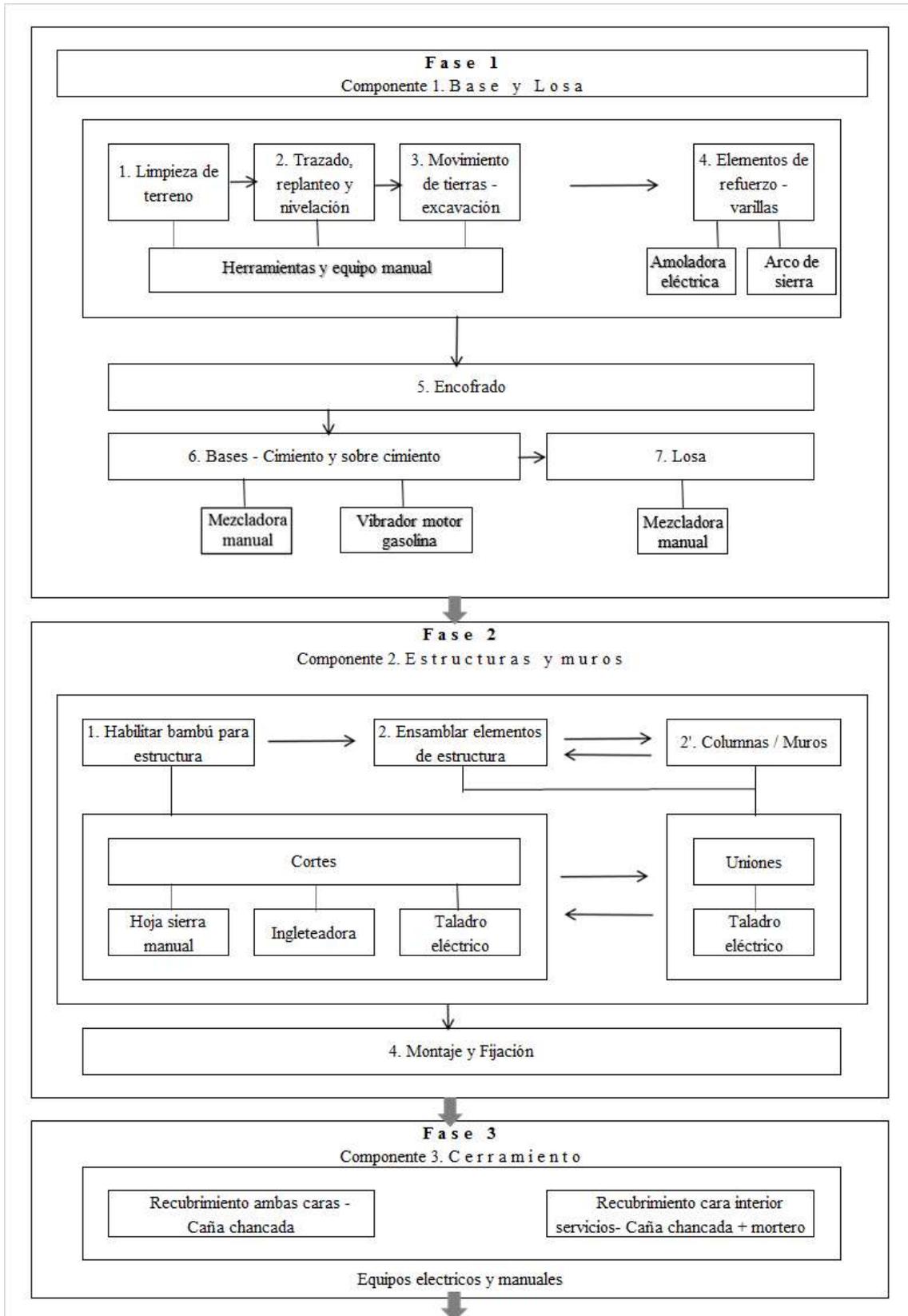
De acuerdo a esta valoración, los componentes donde se emplean bambú (2, 3 y 4) representan el 80% de la construcción total. Si observamos los porcentajes referenciales por cada componente de la participación de solo bambú (Tabla 3.15), se puede estimar que el promedio de utilización de solo bambú en estos tres componentes es del 76% (98%, 70% y 60%).

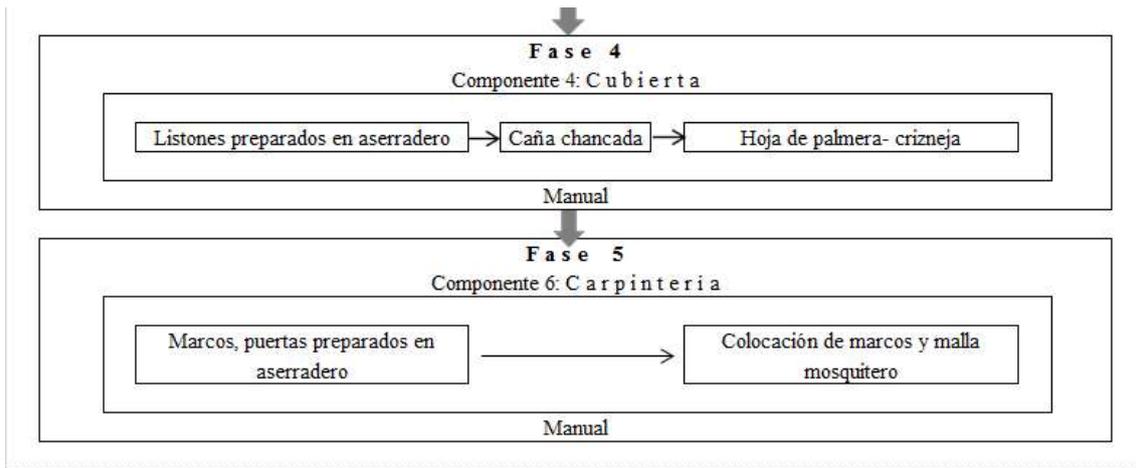
Entonces, si se relaciona este porcentaje de empleo de solo bambú (76%) con el porcentaje correspondiente al total de los componentes 2, 3 y 4 (80%), resulta que aproximadamente el 70% del total de la construcción está representado por trabajos solo de bambú.

3.4.6.3 Evaluación de las prácticas ambientales

Se establece un sistema y cadena de procesos (Tabla 3.25), para el desarrollo de la construcción, llamado comúnmente proceso constructivo, donde se toman datos y evalúan las prácticas ambientales relacionadas dos aspectos: consumo de energía y disposición de residuos. Las fases son los componentes de la construcción del Modelo.

Tabla 3.25 Límites del sistema y cadena de procesos bajo evaluación utilizados en la construcción del Modelo





Descripción breve de las fases del sistema y cadena de procesos utilizados en la construcción del Modelo:

Fase 1: Base y Losa

Esta primera fase se inició con la limpieza del terreno antes de empezar la construcción, se limpió de todo material vegetal, que para este caso, se desplazó a la periferia, cubierta también de especies vegetales. Posteriormente se hizo el trazo de ejes y niveles establecidos en los planos y la nivelación preliminar del terreno, con herramientas y equipos manuales, para luego realizar la excavación con pico y lampa para los cimientos, zapatas, de acuerdo a las profundidades mínimas indicadas en los planos. El desmonte generado de excavar se expandió en la periferia y en el acantilado frente al terreno. El siguiente proceso fue la habilitación y colocación de los elementos de refuerzo y varillas para el anclaje de los bambúes, se utilizaron fierros de $\text{Ø}3/8''$ que se cortaron con amoladora de 720 watts en un tiempo de 2 horas y para los estribos de $\text{Ø}1/4''$ con hoja de sierra manual. Los residuos de los fierros de tamaño mediano se almacenaron en un depósito, para luego poder ser reutilizados, los retazos muy pequeños se acopian en una caja para metales. A continuación se armó el encofrado con maderas corrientes provenientes de otra construcción y clavos, y el martillo como herramienta manual. Luego del vaceado, al desencofrar, las maderas se guardaron para ser reutilizadas y los clavos se separaron en la caja de metales. El proceso siguiente fueron las bases: cimiento, podios y sobrecimiento, y posteriormente la losa. Los materiales utilizados se describen la Tabla 3.1

Para la mezcla del cemento se empleó una mezcladora manual, al igual que para la losa, para el caso de los podios triangulares y sobrecimiento además de la mezcladora se utilizó un vibrador con motor a gasolina. Se empleó el vibrador por 4 horas con dos galones de gasolina. Se tuvo mucho cuidado durante la preparación de la mezcla, a fin que no afecte a naturaleza circundante, los residuos que quedaron en la mezcladora se fueron separando en un depósito. El punto más cercano de corriente eléctrica estuvo a 50 m, por lo que se utilizó una extensión. Para los días que no había corriente eléctrica se utilizó un generador de 2kw.



Figura 3.23. Bases – Encofrado

Fase 2: Estructuras y muros

La fase de estructuras y muros empezó con la habilitación del bambú, que incluyó la verificación y clasificación del material según calidad, y la selección y organización según características propias, usos y aplicaciones, medidas (diámetros), cantidades según el diseño indicado en los planos. Para luego preparar (medir y marcar) y cortar las piezas para elementos estructurales y uniones, según lista de corte, utilizando sierra ingleteadora de 1800 watts para los cortes rectos y taladro de 550 watts con sierra copas bimetálicas de diferentes medidas según diámetro del bambú, para los cortes especiales, acompañado en ambos casos con la hoja sierra manual para cortes rápidos y formones para los casos que fué necesario pulir y mejorar la forma del corte. Listas las piezas de la estructura principal (cerchas triangulares) y piezas para los muros, se procedió al ensamble. Para el ensamble de los elementos de la estructura, se utilizó taladro eléctrico con broca de $\text{Ø}3/8''$ para hacer las perforaciones y pasar la varilla roscada galvanizada de $\text{Ø}3/8''$, para la conexión con las bases

se perforó manualmente con un fierro de $\text{Ø}1/2''$ los diafragmas de los nudos de los elementos estructurales que serían anclados en los fierros de las bases. Finalmente, se realizó el proceso de montaje manual y fijación de la estructura. Para fijar los elementos estructurales previamente anclados, se perforó un orificio en cada tallo, arriba del segundo nudo, con taladro de 550 watts y copa bimetálica de $1.1/2''$, por donde se llenó con mortero de mezcla manual. El mismo proceso se realizó para las columnetas de los muros. Los residuos generados fueron de las varillas roscadas que se acopiaron en la caja de residuos metálicos y los restos de mortero en el depósito de mezcla. El uso de los equipos eléctricos fue aproximadamente de 3 a 4 horas diarias por 24 días, tiempo que demoró esta fase.



Figura 3.24. Estructuras y muros

Fase 3: Cerramiento

En la fase de cerramiento primero se colocaron los listones de madera (cortados con sierra manual) sobre los elementos de los muros de bambú, perforando los extremos con taladro de 350 watts y broca de $1/4$, para el pase del perno y su fijación. Luego se clavó manualmente la esterilla o caña chancada previamente cortada con la sierra ingleteadora y/o amoladora eléctrica, y antes cubrir la cara exterior se colocó la lana de vidrio cortada manualmente con chuchilla. Para el caso del recubrimiento de la cara interior del muro de los servicios, se utilizó la malla electrosoldada que se cortó con arco de sierra manual, al igual que la preparación del mortero final. Los restos de madera se utilizaron como topes para las puertas de la estación, los de caña chancada como fibra, los pernos, clavos y malla, que

sobraron o malograron se acopiaron en caja de residuos metálicos y los restos de mortero en el depósito de mezcla.



Figura 3.25. Cerramiento – construcción en proceso

Fase 4: Cubierta

En esta fase se tuvo que cambiar el material de hojas de palmera a causa de algunos aspectos que debían ser materia de estudio y el tiempo era un limitante, tales como preservación del material para una mayor durabilidad, manejo y aprovechamiento de las palmeras pijuillo y palmiche debido a la cantidad que se necesitaría y cuanto afectaría su extracción.

Se utilizó en su reemplazo para la cubierta: planchas de Onduline, material que había sobrado de otras construcciones en la Estación de Villa Carmen.

El Onduline es un material libre de amianto, compuesto por fibras recicladas y pigmentos naturales para su coloración. Ligero, transporte eficiente, técnica de colocación simple, son pocos los desechos y desperdicios que se generan en obra. Cumple efectivamente su función de aislante, conductividad térmica igual que el corcho $=0,04-0,301$ (W/(m·K)). Las características del material se encuentran en el Anexo III-2. El inconveniente ambiental que presenta este material es que no es nacional, es importado de Brasil y el transporte sería el factor negativo para futuros módulos, que tendría que ser evaluado. Para el caso del Modelo, no se consideró como impacto negativo puesto que era un material residual de otras construcciones.

El proceso fue similar al del cerramiento, los listones de madera se fijaron sobre las correas a manera de viguetas cada 60 cm., donde se clavó maullamente la caña chancada y posteriormente se fijaron las ondas con clavos con protector final de plástico, perforando con un taladro de 350 watts y broca de ¼, Los residuos generados en los procesos fueron clasificados y reutilizados igual que la fase anterior.



Figura 3.26. Cubierta, vista interior



Figura 3.27. Cerramiento y carpintería

Fase 6: Carpintería

En la fase de carpintería, se fijaron los marcos de madera (cortados a medida en acerrado) con pernos a los elementos de bambú que definen los vanos, se perforan con taladro de 350 watts y broca de ¼,. Finalmente se coloca la malla mosquitero, que se tensa y fija en los marcos. Los residuos de la malla mosquitero se acopiaron.



Figura 3.28. Modelo final: cabaña de bambú

3.4.7 Diagnóstico de la aceptabilidad de los pobladores sobre el Modelo Arquitectónico - cabaña de bambú

Para conocer la aceptabilidad de los pobladores sobre el diseño y sistema constructivo del Modelo - cabaña de bambú, se realizó una encuesta a doce habitantes de centro poblado de Pilcopta, refiriéndose a la cabaña como vivienda. Las encuestas se realizaron en octubre del 2014.

La ficha encuesta constó de cuatro (4) componentes: 1 Datos personales y dirección, 2. Características de la vivienda, 3 Percepciones de la cabaña de bambú – Modelo y 4. Lugar de trabajo y abastecimiento, como se aprecia en la encuesta ejemplo con datos de uno de los pobladores (Tabla A3.4 Anexo III.4).

En cuanto a las características de sus viviendas la mayoría respondió: unifamiliar, de un piso, promedio de personas que habitan 5, el tiempo de residencia varía entre 1 año el menor y 40 años el mayor. Construidas por autoconstrucción y/o con maestro de obra, con materiales para el cerramiento como madera, ladrillo, tierra, cemento, ninguna marca la opción de adobe y para los techos la mayoría madera y calamina, uno cemento. Los espacios en su mayoría son de regular tamaño, en este punto los encuestados tuvieron un poco de confusión al declarar el área de los ambientes. Más de la mitad respondió que está conforme con su vivienda, pese a que en algunos casos la consideren pequeña y poco cómoda, así también la respuesta de casi todos sobre si están dispuestos a construir otra vivienda fue afirmativo, aunque no contaran con recursos económicos, tan solo con mano de obra y algunos materiales.

Esto nos dio una referencia del perfil del encuestado y de su vivienda, la cual ha sido construida de acuerdo a sus posibilidades y recursos, modificando patrones arquitectónicos amazónicos utilizando cualquier material (del lugar o de fuera), sin considerar el aspecto ambiental, ni la conservación de identidad. La opinión de los pobladores frente al Modelo – Cabaña de bambú, fue importante pues son quienes en el futuro podrían aplicar el modelo y la técnica en la autoconstrucción de sus viviendas y/o infraestructura turística en caso lo requieran.

3.4.8 Estimación del confort térmico

Para la recolección de datos del Confort Térmico se realizó trabajo de gabinete y campo, considerando las técnicas e instrumentos, selección del modelo y simulador apropiado para el presente estudio: estimación térmica de un ambiente con ventilación natural – evaluación del confort térmico.

El método empleado para la recolección y procesamiento de datos se basó en el estándar ASHARE 55, estableciendo un sistema compuesto por dos fases, con sus respectivos procedimientos:

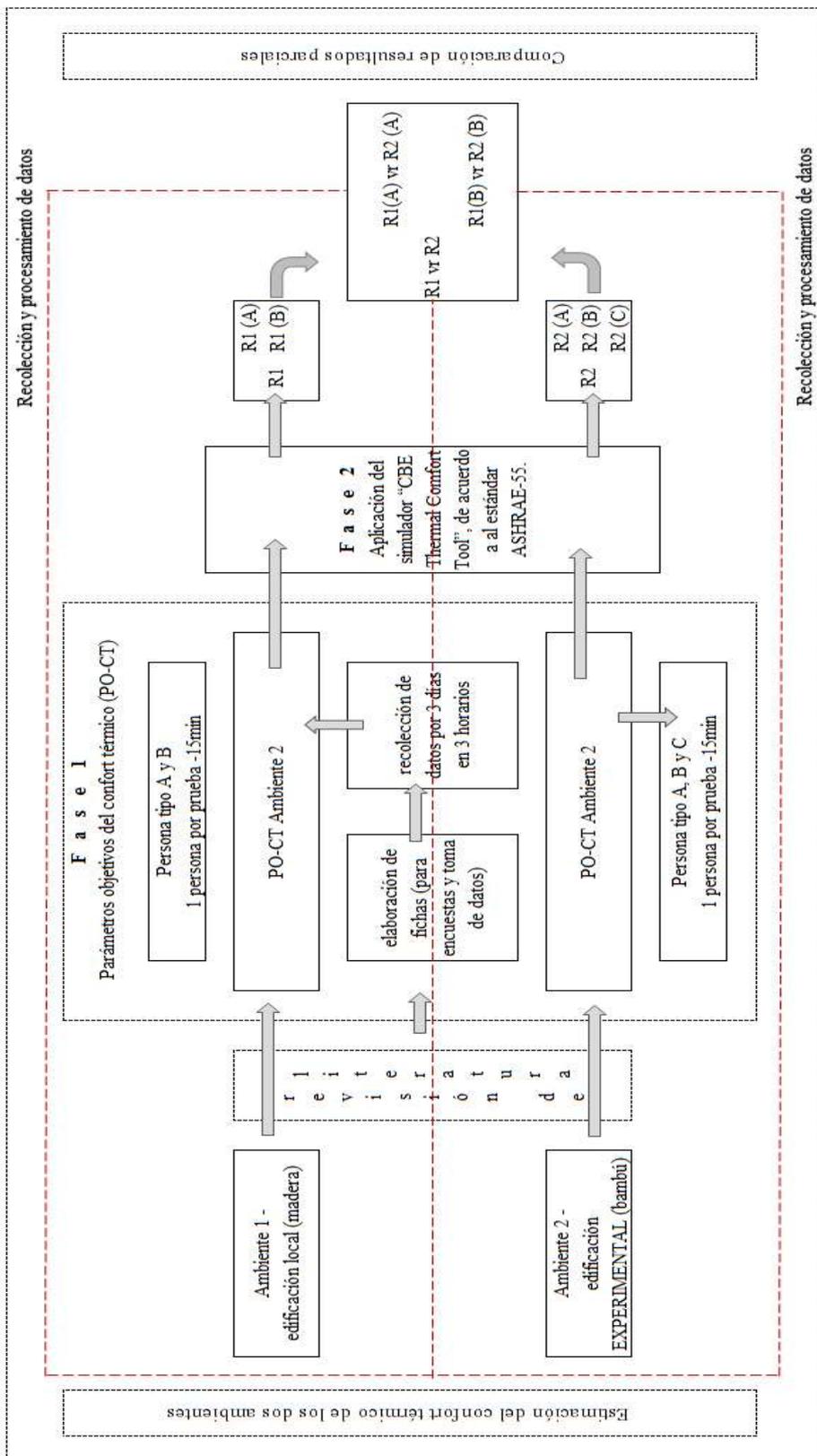
Fase 1: Parámetros objetivos de confort térmico - Recolección de datos por elaboración de fichas (en encuestas y toma de datos).

Fase 2: Aplicación del simulador CBE Thermal Comfort Tool, de acuerdo a al estándar ASHRAE 55 – Procesamiento de datos.

Ambas fases, con sus procesos, se desarrollaron para los dos ambientes. Para una mejor aplicabilidad el sistema se plantea por turnos (mañana, tarde y noche) durante los días de evaluación. A continuación se presenta el esquema de los límites del sistema y cadena de procesos para la recolección y procesamiento de datos utilizados en la evaluación del confort térmico del Modelo por comparación (Tabla 3.26), para luego describir las Fases.

Tabla 3.26

Límites del sistema y cadena de procesos para la recolección y procesamiento de datos utilizados en la evaluación del Confort Térmico de del Modelo por comparación - Sistema de muestreo para un turno.



Este sistema se aplicaría para los 3 turnos del día durante los 3 días.

Fase 1: Parámetros objetivos de confort térmico - Recolección de información por elaboración de fichas

Se revisó literatura especializada referente al Confort Térmico (estándares internacionales, material bibliográfico, estudios científicos, tesis de maestría). Se exploró sobre simuladores digitales de estimación del confort térmico para la determinación del más apropiado.

Se elaboraron fichas para encuestas y recolección de datos de los factores principales del confort térmico para el ambiente a evaluar con la persona a participar, de acuerdo al estándar ASHRAE 55 (Parámetros personales: aislamiento de la ropa, tasa metabólica, parámetros ambientales: temperatura del aire, temperatura radiante, humedad relativa, velocidad relativa del aire). Se consideró también la recopilación de parámetros ambientales externos, principalmente temperatura del aire.

Se establecieron las fechas para el trabajo de campo (desarrollo de encuestas y toma de datos) entre los meses de julio y octubre, considerando un tiempo de poca precipitación. Tres días en tres momentos del día: mañana tarde y noche, haciendo un total de 9 muestreos por ambiente.

Se identificó el ambiente de la edificación local a evaluar, teniendo en cuenta que el material predominante que la conforma sea natural así mismo que tenga ventilación natural.

Se estableció la modalidad de la prueba con un solo ocupante, considerando 2 tipos de ocupante, uno local peruano (A) y otro no local peruano – visitante temporal (B), y solo para el caso del ambiente 2: habitación experimental, se consideró un tercer tipo de ocupante no local extranjero (C), tipo de visitante usual en la zona, para tener una evidencia más. Se identificaron a los participantes.

Los 9 muestreos se realizaron con cada tipo ocupante en el interior de la habitación, para cada edificación en evaluación, en intervalos de tiempo similares, respetando los 3 turnos: mañana, tarde y noche.

Así también se tomaron datos adicionales complementarios, como características del ambiente (materiales, tamaño de vanos, tipo de ventilación) características del ocupante (procedencia, peso, altura).

Fichas para encuestas y recolección de datos

Ficha 1: Encuesta de ambiente térmico

La ficha para la encuesta de ambiente térmico se fundamentó en el modelo ANSI/ASHRAE Standard 55-2004 (Anexo III.5 - Ficha 1).

La encuesta se otorgó a cada participante, conjuntamente con las tablas de aislamiento de la ropa del estándar ASHRAE (Tablas A2.3a y A2.3b del Anexo II.3), para que marquen el tipo de vestimenta. Numerales para el encuestado de 1 al 14.

El valor de la tasa metabólica se basó en la tabla que proporciona el estándar ASHRAE 55, ver Tabla A2.2 (Anexo II.2), de acuerdo al nivel de actividad que marco el ocupante.

El valor del aislamiento de la ropa se basó en la aplicación del método 1 y 3 del estándar ASHRAE 55 (Tablas A2.3a y A2.3b del Anexo II.3), de acuerdo a las indicaciones en las tablas que hizo el ocupante.

El tiempo de permanencia del ocupante fue entre 15 a 20 minutos de acuerdo al mínimo que establece el estándar ASHRAE 55.

Ficha 2: Parámetros físicos ambientales - Interior de la habitación experimental (E) y de la habitación local (L)

Se elaboró una ficha para la recolección de los datos de los parámetros ambientales principales para la evaluación del confort térmico de cada habitación, considerando los tres días de evaluación, tres turnos con horarios sugeridos y tipos de ocupante (Anexo III.6 - Ficha 2).

Se utilizó una ficha por día, para tres turnos con intervalos de tiempo no mayores a 10 minutos entre persona y persona, de preferencia continuos e intervalos de cambio de ambiente no mayores a 30 minutos, tiempo de traslado de un lugar a otro. Considerando los 5 participantes, dos para la habitación local de tipo “A” y “B” y tres para la habitación experimental de tipo “A”, “B” y “C”.

El dato que se registró para cada factor fue la media entre el momento en que el ocupante ingresa a la habitación y el momento en que sale, asumiendo que las variables ambientales en el interior se hayan mantenido durante el tiempo de permanencia del ocupante (de 15 a 20 minutos).

Para el caso de la temperatura radiante media, donde $TRM = Tg + 1.9 \sqrt{v} (Tg - Ts)$, se considera Tg (temperatura del globo, °C) = Ts (temperatura seca, °C) = temperatura del aire, debido a que no se contó con el equipo preciso.

Ficha 3: Datos ambientales externos- Exterior de la habitación experimental (E) y de la habitación local (L)

Se recolectaron datos básicos ambientales del exterior de las edificaciones evaluadas (experimental y local), como información general y para la utilización del método de confort adaptativo (Anexo III.7 - Ficha 3).

El dato que se registró para cada factor se tomó en el rango de tiempo en que el ocupante ingresa, permanece y sale de la habitación, asumiendo que las variables ambientales en el exterior se hayan mantenido durante el tiempo de permanencia del ocupante en el interior de la habitación (de 15 a 20 minutos).

Ficha 4: Parámetros Personales - Datos de los ocupantes en habitación experimental (E) y en habitación local (L)

Los datos que se obtuvieron de la ficha 1: Encuesta de ambiente térmico, se sistematizaron en una ficha antes de pasar a registrar datos en simulador (Anexo III.8 - Ficha 4).

Ficha 5: Características de la habitación

Esta ficha se elaboró para describir y sistematizar las características principales de cada habitación, complementarias para la evaluación (orientación, forma, medidas, tipo de ventilación, características de los vanos, materiales) y posición de los instrumentos de medición para los parámetros ambientales. Se utilizó una ficha por ambiente (Anexo III.9 - Ficha 5).

Fase 2: Aplicación del simulador CBE Thermal Comfort Tool, de acuerdo al estándar ASHRAE 55.

Para la búsqueda del simulador apropiado, se consideró:

- Cumplimiento del estándar ASHRAE 55
- Estimación del confort térmico por el método PMV, con la posibilidad de adaptación en cuanto a la velocidad del aire.
- Estimación del confort térmico por el modelo adaptativo para ambientes ventilados naturalmente.
- Representación gráfica de la zona de confort - Diagrama psicrométrico.
- Aplicaciones amigables y adaptables a zonas climáticas tropicales húmedas.
- Aplicaciones de uso asequible y respaldado con estudio científico.
- Simulador virtual

Se seleccionó, estudió y se aplicó el simulador virtual: CBE Thermal Comfort Tool – ASHRAE Estándar 55.

Acceso: <http://comfort.cbe.berkeley.edu/>. Fecha: 30/ 04 /2015 – 20 /06/ 2015

Se utilizaron las siguientes aplicaciones del simulador:

- El método PMV con velocidad elevada del aire, a manera experimental incrementando la velocidad del aire. Los valores de las entradas para los seis parámetros que afectan el confort térmico se obtuvieron de la recolección de datos en la Fase 1. Se utilizó la visualización principal de las condiciones de confort que es el diagrama psicrométrico, las otras visualizaciones fueron referenciales.

- El método Adaptativo de Confort, de acuerdo a lo establecido en la norma para ambientes naturalmente ventilados, con su respectiva visualización. Los valores de las entradas se obtuvieron de la recolección de datos en la Fase 1.
- Comparación de condiciones de confort bajo el modelo PMV, como alternativa de comparación de los resultados numéricos y gráficos de los dos ambientes evaluados con ocupantes del mismo tipo y en el mismo turno de muestreo.

Los resultados obtenidos en cada evaluación se registraron como gráficos bajo la modalidad de captura de imagen en formato jpg, debido a que el simulador no cuenta con la opción de descarga de resultados ni de almacenamiento, registra los resultados momentáneamente en la web solo en el momento que se utiliza.

3.4.8.1 Modelado habitación local

3.4.8.1.1 Características básicas del ambiente

a. Información general

Ubicación geográfica

Ubicación: La habitación de la edificación local seleccionada se encuentra en el Centro Poblado de Pilcopata, Zona de Amortiguamiento del PNM, Distrito de Kosñipata, Provincia de Paucartambo, Región Cusco. Se tomó como muestra representativa una habitación en el segundo nivel.

Latitud: 12°54'40.20" Sur

Longitud: 71°24'15.52" Oeste

Altitud: 528 msnm

Zona Climática: Zona Climática 8: Sub Tropical Húmedo - Zonificación Climática del Perú (Tabla 3.2).

Orientación: Edificación local: Sureste- Noroeste, habitación local (desde el ingreso): Suroeste – noreste.

Fecha y hora:

Se tomaron muestras en la habitación con un ocupante durante 3 días en tres turnos:

31 /07/ 2014 mañana (6:30 –7:15 am), tarde (1:10 – 1:45 pm), noche (9:10 – 9:45pm)
 01/08/ 2014 mañana (7:00 – 7:45 am), tarde (1:00 - 1:35 pm), noche (8:30 – 9:05pm)
 02/08/ 2014 mañana (6:30 – 7:15 am), tarde (1:00 - 1:35 pm), noche (9:10 – 9:45pm)

En cada turno se recolectaron los datos dos veces, cada uno con un tipo de ocupante diferente: uno de procedencia local (A) y otro no local o visitante temporal (B). El tiempo de evaluación y de permanencia del ocupante en la habitación fue entre 15 a 20 minutos.

En total ser recolectaron 18 muestras durante las tres fechas: 9 muestras que corresponden a los tres días por los tres turnos con ocupante A y 9 muestras que corresponden a los tres días por los tres turnos con ocupante B.

Forma y dimensiones de la habitación

Forma rectangular, superficie de 10. 22 m², con las siguientes medidas como se muestra a continuación:

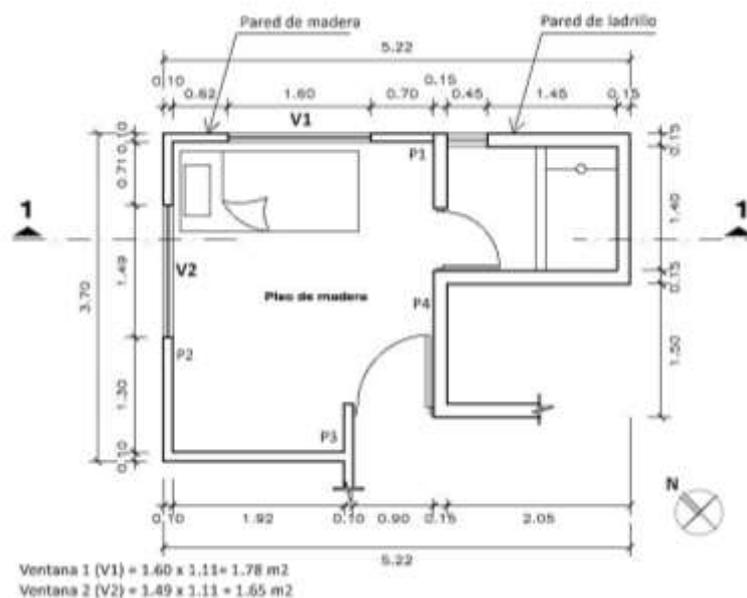


Figura 3.29. Planta - Habitación local

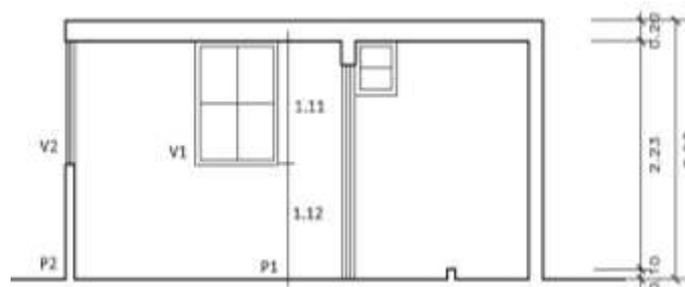


Figura 3.30. Corte 1-1' - Habitación local

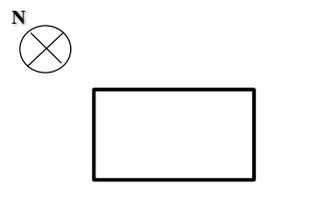
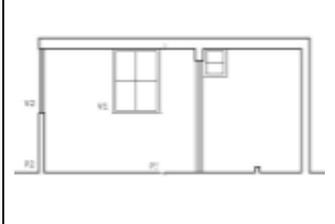
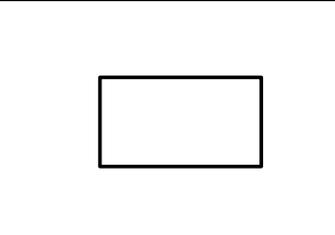
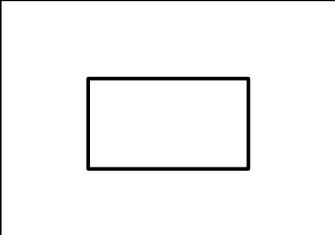
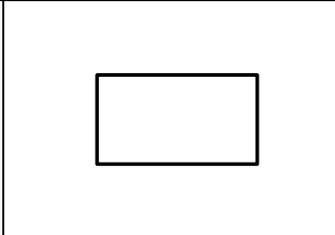
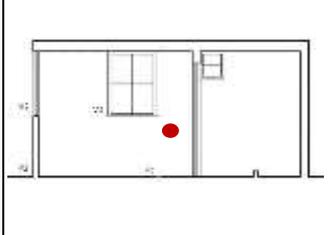
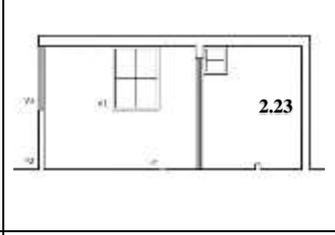
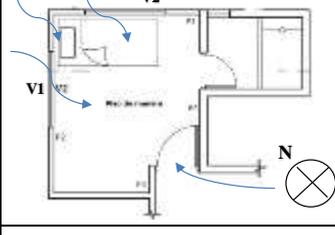
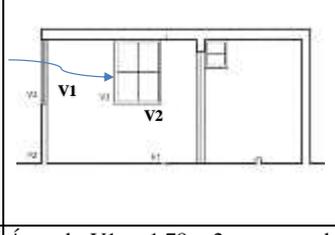
b. Información de las paredes

Materiales:	Paredes 1,2 3 de madera, pared 4 de mampostería de albañilería con perforaciones - ladrillo (Figura 3.29 y 3.30).
Orientación e inclinación:	Suroeste – noreste desde el ingreso, ángulo de 90° entre pared y pared y con respecto al piso (Figura 3.29 y 3.30).
Área y espesor:	Área de paredes de madera 15.48 m ² y 10 cm de espesor, área de paredes de ladrillo 5.60 m ² y 15 cm de espesor.
Conductividad térmica:	Mampostería de albañilería con perforaciones (huecos) medio = 0.77 kcal/m.h. °C, madera natural (densidad 750-850 kg/ m ³) = 0.17 kcal/m.h. °C.
Calor específico:	Mampostería de albañilería con perforaciones (huecos) medio = 0.22 kcal/ kg °C, madera natural (densidad 750-850 kg/ m ³) = 0.34 kcal/ kg °C

c. Información de las ventanas

Orientación:	Ventana 1 (V1) al noroeste, ventana 2 (V2) al noreste (Figura 3.30 y Tabla 3.27).
Área y espesor:	Área de V1 = 1.78 m ² , espesor del vidrio 2mm; área de V2 = 1.65 m ² , espesor del vidrio 2mm (Tabla 3.27).
Conductividad térmica:	Vidrio crudo = 1.00 kcal/m.h °C (ventanas cerradas).
Calor específico:	Vidrio crudo = 0.20 kcal/ kg °C (ventanas cerradas).

Tabla 3.27 Características de la habitación de la edificación local

Ambiente a evaluar: Habitación de habitación de edificación local		Dibujo	
Localización: Poblado de Pilcopata, Zona de Amortiguamiento del PNM. Zona Climática 8: Sub Tropical Húmedo - Zonificación		Planta	Corte
País: Región: Cusco		Provincia: Paucartambo	
Latitud: 12°54'40.20" Sur		Longitud: 71°24'15.52" Oeste	
		Distrito: Kosñipata	
		Altitud: 528 msnm	
Orientación			
Forma			
Croquis, indicando la posición de los instrumentos			
Medidas: Largo, ancho, altura	Superficie de la habitación: 10.22 m ²		
Tipo de ventilación	Ventilación horizontal por dos lados, de esquina que limita con el exterior. Algo de ventilación por el pasillo donde está la puerta.		
Características de los vanos	Dos ventanas con marcos de madera y vidrio.	Ventana 1 (V1) al noroeste, ventana 2 (V2) al noreste	Área de V1 = 1.78 m ² , espesor del vidrio 2mm; área de V2 = 1.65 m ² , espesor del vidrio 2mm.
Materiales	Pared: paredes 1,2 3 de madera, pared 4 de mampostería de albañilería con perforaciones - ladrillo. Área de paredes de madera 15.48 m ² y 10 cm de espesor, área Piso: madera Techo: madera		

3.4.8.1.2 Predicción del confort térmico – habitación local

Se determinaron dos tipos de ocupantes, uno de procedencia local (A) y otro no local (B), quienes participarían en la evaluación del confort térmico de la habitación.

La recolección de datos se realizó por 3 días en tres turnos (fechas señaladas en el numeral anterior), el muestreo se ejecutó con cada tipo de ocupante, con un tiempo de permanencia de 15 a 20 minutos. Realizando un total de 18 muestras.

a. Datos ambientales externos

Se tomaron datos climáticos externos de temperatura, humedad relativa y radiación solar, durante las fechas indicadas, en el rango de tiempo en que se realizaba el muestreo, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3.28 Datos ambientales externos

Nº día: 1 Fecha: 31-07-2014 / Nº día: 2 Fecha: 01-08-2014 / Nº día: 3 Fecha: 02-08-2014

Nº Día	Fecha	Hora	Temperatura de	Humedad	Radiación Solar	Anotaciones
			aire (t _a)	Relativa (RH)	(w/m2)	
			Out prom	Out prom	Out prom	
Campo			°C	%		
1.00	31/07/2014	Mañana 07:00 a.m.	22.4	80.0	23.1	Con dirección al este
		Tarde 01:30 p.m.	28.1	60.0	0L	Dirección al sol
		Noche 09:15 p.m.	25.4	81.0	52.0	Dirección al sur
					1.0	Con dirección al cielo
2.00	01/08/2014	Mañana 07:00 a.m.	20.9	84.0	13.6	Con dirección al piso de terraza
		Tarde 01:20 p.m.	31.9	70.0	199.3	Con dirección al sol
		Noche 08:30 p.m.	25.4	79.0	26.8	Con dirección al sur
					0.3	Con dirección al piso exterior
3.00	02/08/2014	Mañana 07:00 a.m.	21.9	83.0	1.1	Con dirección al cielo
		Tarde 01:20 p.m.	29.1	64.0	63.2	Con dirección al este
		Noche 08:30 p.m.	25.4	79.0	28.0	Con dirección al piso exterior
					0.3	Con dirección al cielo
Promedios (días y turnos del muestreo)			t _a prom (°C)	HR prom (%)		
Promedio durante los días (9 muestras)			25.6	75.6		
Promedio durante las mañanas (3)			21.7	82.3		
Promedio durante las tardes (3 muestras)			29.7	64.7		
Promedio durante las noches (3 muestras)			25.4	79.7		

La temperatura promedio del aire durante los 3 días fue de °C 25.18, por las mañanas de ° C 21.73, por las tarde de °C 30, por las noches de ° C 25.40, y la humedad relativa

promedio fue de 77.17 %, por las mañanas de 82 %, por las tardes de 60% y por las noches 79.67 %.

b. Parámetros físicos ambientales – interior de la habitación local (L)

Los parámetros físico ambientales considerados para las muestras de predicción del confort térmico del interior de la habitación local fueron: temperatura del aire (t_a), temperatura radiante (t_r), humedad relativa (HR), y velocidad del viento, registrándose los siguientes valores:

Tabla 3.29 Parámetros físicos ambientales - Interior habitación local

Nº día: 1, 2, 3 / Tiempo de evaluación: 20 minutos / Nº de personas por evaluación : 1

Día	Fecha	Hora		Nº y tipo personas		Parámetros físico ambientales				
		Tiempo de evaluación por persona de 15 a 20 minutos	hora de inicio	Nº de Ocupantes	Procedencia (1)	Temperatura del aire - t_a		Temperatura radiante media - t_r (2)	Humedad Relativa - HR	Velocidad del viento (3)
						temp-out	temp-in			
		Turno	prom °C	prom °C	prom °C	%	m/s			
1.00	31-07-2014	Mañana	6:30 am	1	Lima (B)	22.4	21.4	21.4	79	0.2
			7:00 am	1	Pilcopata- Cusco (A)	22.4	21.4	21.4	89	0.2
		Tarde	1:10 pm	1	Lima (B)	28.1	28.6	28.6	70	0.2
			1:30 pm	1	Pilcopata- Cusco (A)	28.1	28.6	28.6	70	0.2
		Noche	9:10 pm	1	Lima (B)	25.4	25.3	25.3	81	0.2
			9:30 pm	1	Pilcopata- Cusco (A)	25.4	25.3	25.3	81	0.2
2.00	1-08-2014	Mañana	7:00 am	1	Lima (B)	20.9	20.5	20.5	83	0.2
			7:30 am	1	Pilcopata- Cusco (A)	20.9	20.5	20.5	83	0.2
		Tarde	1:00 pm	1	Lima (B)	31.9	28.6	28.6	64	0.2
			1:20 pm	1	Pilcopata- Cusco (A)	31.9	28.6	28.6	64	0.2
		Noche	8:30 pm	1	Lima (B)	25.4	25.3	25.3	81	0.2
			8:50 pm	1	Pilcopata- Cusco (A)	25.4	25.3	25.3	82	0.2
3.00	2-08-2014	Mañana	6:30 am	1	Lima (B)	21.9	21.9	21.9	81	0.2
			7:00am	1	Pilcopata- Cusco (A)	21.9	21.9	21.9	81	0.2
		Tarde	1:00pm	1	Lima (B)	29.1	27.1	27.1	64	0.2
			1:20pm	1	Pilcopata- Cusco (A)	29.1	27.1	27.1	64	0.2
		Noche	9:10pm	1	Lima (B)	25.4	25.3	25.3	81	0.2
			9:30pm	1	Pilcopata- Cusco (A)	25.4	25.3	25.3	82	0.2

(1) Tipo de personas : A. poblador local peruano - B. no local, visitante peruano - C. no local, visitante extranjero / Edad entre 18 y 40 años

(2) Para el caso de la temperatura radiante media, donde $TRM = TG + 1.9 \sqrt{v} (TG - TS)$, se considera TG (temperatura del globo, °C) = TS (temperatura seca, °C) = temperatura del aire, debido a que no se conto con el equipo preciso.

(3) Velocidad del viento: se estimo 0.2 m/s, por ser un ambiente con ventilación natural, 0.05 m/s más de lo que indica el estándar ASHRAE-55 para ambientes sin ventilación natural para el uso del metodo PMV. El ambiente esta razonablemente ventilado

Promedios (días y turnos del muestreo)	t_a prom (°C)	t_r prom (°C)	HR prom (%)	v prom (m/s)
Promedio durante los días (18 muestras)	24.6	24.6	77.2	0.2
Promedio durante las mañanas (6 muestras)	21.3	21.3	82.7	0.2
Promedio durante las tardes (6 muestras)	28.6	28.6	66.4	0.2
Promedio durante las noches (6 muestras)	25.3	25.3	81.4	0.2

Estos valores se tomaron en cuenta para la aplicación del método PMV con velocidad elevada del aire en el simulador CBE Thermal Comfort Tool, como se expondrá en el capítulo de resultados por el Método PMV – habitación local.

c. Parámetros personales - ocupantes en habitación local (L)

En base a las respuestas de los ocupantes en las encuestas, realizadas durante el muestreo, se estimaron los parámetros personales de tasa metabólica y nivel de aislamiento de la ropa, así como el valor de la escala de sensación térmica según los estándares ASHRAE 55 e ISO 7730, como se muestra en la siguiente Tabla 3.30 para la habitación local:

Tabla 3.30 Parámetros Personales - ocupantes en habitación local (L)

Nº día: 1,2,3 / Tiempo de evaluación: 20 minutos / Nº de personas por evaluación : 1

Día	Fecha	Hora		Tipo persona	Nº de Ocupantes	Procedencia (1)	Parámetros Personales			Datos complementarios personales				Nº de encuesta
		Tiempo de evaluación por persona de 20 minutos.					variables personales -ASHRAE 55-			Variables personales secundarias complementarias				
		Turno	hora de inicio				Aislamiento de la ropa - Iclo (clo)	Tasa metabólica. met	W/m2	Escala de sensación térmica	Estado de salud	Peso (kg)	Estatura (m)	
1.00	31-07-2014	Mañana	6:30am	1	Lima (B)	0.725	1	60	-1	bueno	49.00	1.52	F	1-L
			7:00am	1	Pilcopata- Cusco (A)	0.63	1	60	0	bueno	64.00	1.64	M	2-L
		Tarde	1:10pm	1	Lima (B)	0.70	1	60	1	bueno	49.00	1.52	F	3-L
			1:30pm	1	Pilcopata- Cusco (A)	0.70	1.2	70	1	bueno	50.00	1.50	F	4-L
		Noche	9:10pm	1	Lima (B)	0.700	1	60	0	bueno	49.00	1.52	F	5-L
			9:30pm	1	Pilcopata- Cusco (A)	0.700	1.2	70	0	bueno	50.00	1.50	F	6-L
2.00	01-08-2014	Mañana	7:00am	1	Lima (B)	0.70	1	45	0	bueno	50.00	1.52	F	7-L
			7:30am	1	Pilcopata- Cusco (A)	0.70	1	60	0	bueno	64.00	1.64	M	8-L
		Tarde	1:30pm	1	Lima (B)	0.70	1	60	0	bueno	50.00	1.52	F	9-L
			1:50pm	1	Pilcopata- Cusco (A)	0.70	1	60	-2	bueno	50.00	1.50	F	10-L
		Noche	8:30pm	1	Lima (B)	0.725	1	45	1	bueno	50.00	1.52	F	11-L
			8:50pm	1	Pilcopata- Cusco (A)	0.70	1	60	0	bueno	50.00	1.50	F	12-L
3.00	02-08-2014	Mañana	6:30am	1	Lima (B)	0.700	1	60	-1	bueno	50.00	1.52	F	13-L
			7:00am	1	Pilcopata- Cusco (A)	0.63	1	60	0	bueno	64.00	1.64	M	14-L
		Tarde	1:10pm	1	Lima (B)	0.70	1	60	1	bueno	50.00	1.52	F	15-L
			1:30pm	1	Pilcopata- Cusco (A)	0.63	1	60	1	bueno	50.00	1.50	F	16-L
		Noche	9:10pm	1	Lima (B)	0.725	1.2	70	1	bueno	50.00	1.52	F	17-L
			9:30pm	1	Pilcopata- Cusco (A)	0.700	1	60	0	bueno	50.00	1.50	F	18-L

(1) Tipo de personas : A. poblador local peruano - B. no local, visitante peruano - C. no local, visitante extranjero / Edad entre 18 y 40 años

Para obtener los valores de tasa metabólica y aislamiento de la ropa se utilizaron las tablas de ASHRAE- 55 (Tablas A3.4a y A3.4b del anexo 3.4). Estos datos se utilizaron en la aplicación del modelo PMV del simulador CBE Thermal Comfort Tool.

Para el caso de la sensación térmica, la Tabla 3.29 muestra los siguientes resultados manifestados por las sensaciones de los ocupantes durante el muestreo:

- El 50 % de los ocupantes (tipo A y B) sintió el ambiente neutro, el 66 % fueron locales.
- El 33.3 % de los ocupantes (tipo A y B) sintió el ambiente ligeramente caliente, el 33 % fueron locales.
- El 11.1 % de los ocupantes, todos no locales (B), sintió el ambiente fresco.
- El 5.6 % de los ocupantes, solo un ocupante local (A), sintió el ambiente caliente.

La tabla también muestra datos complementarios secundarios en relación a los ocupantes, estado de salud, peso, edad, sexo, que son referenciales para conocer las características de las personas, pero no se consideran en la evaluación de confort térmico del presente estudio.

3.4.8.2 Modelado habitación experimental – Modelo

3.4.8.2.1 Características básicas del ambiente

a. Información general

Ubicación geográfica

Ubicación: La habitación experimental del Modelo se encuentra la Estación Biológica de Villa Carmen, Zona de Amortiguamiento del PNM, Distrito de Kosñipata, Provincia de Paucartambo, Región Cusco.

Latitud: 12°53'44.12" Sur

Longitud: 71°24'15.28" Oeste

Altitud: 522 msnm

Zona Climática: Zona Climática 8: Sub Tropical Húmedo - Zonificación Climática del Perú (Tabla 3.2).

Orientación: Sureste- Noroeste

Fecha y hora:

Se tomaron muestras en la habitación con un ocupante durante 3 días en tres turnos:

31 /07/ 2014 mañana (8:00 – 10:15am), tarde (2:00 – 3:15pm), noche (6:30 – 9:00pm)

01/08/ 2014 mañana (9:10 – 10:15am), tarde (2:00 - 3:35 pm), noche (6:10 – 8:15pm)

02/08/ 2014 mañana (8:00 – 9:15 am), tarde (2:00 - 3:15 pm), noche (6:30 – 8:45pm)

En cada turno se recolectaron los datos tres veces, cada uno con un tipo de ocupante diferente: uno de procedencia local (A), otro no local o visitante temporal (B) y el otro no local visitante temporal extranjero (C). El tiempo de evaluación y de permanencia del ocupante en la habitación fue entre 15 a 20 minutos.

En total se recolectaron 27 muestras durante las tres fechas: 9 muestras que corresponden a los tres días por los tres turnos con ocupante A, 9 muestras que corresponden a los tres días por los tres turnos con ocupante B y 9 muestras que corresponden a los tres días por los tres turnos con ocupante C.

Forma y dimensiones de la habitación

Forma rectangular, superficie de 18.70 m², con las siguientes medidas como se muestra a continuación:

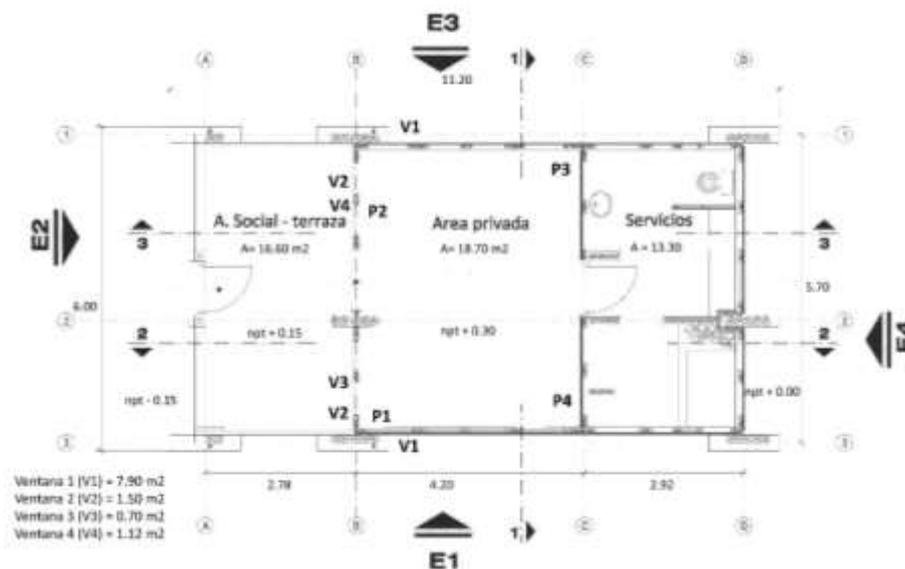


Figura 3.31. Esquema de Planta - Habitación experimental

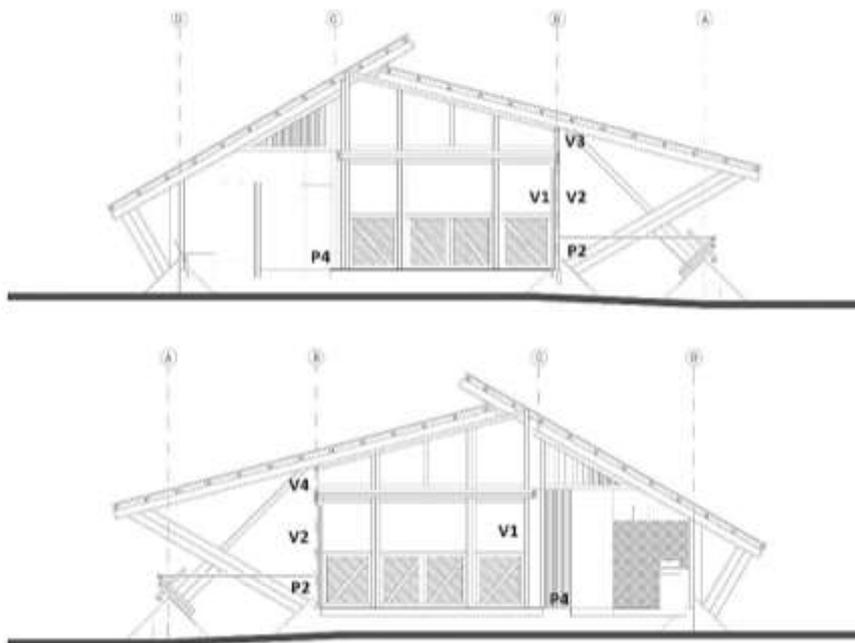


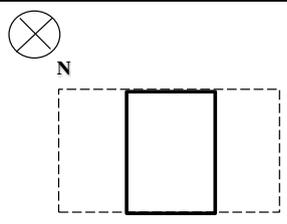
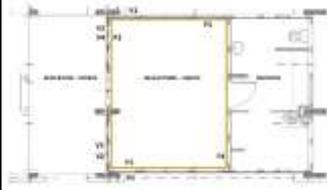
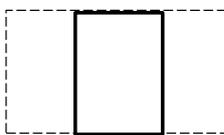
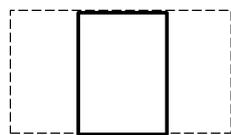
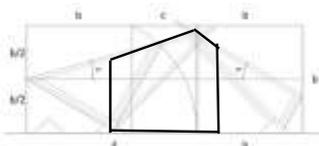
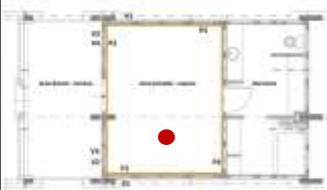
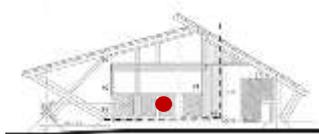
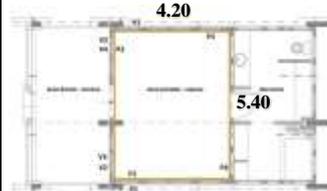
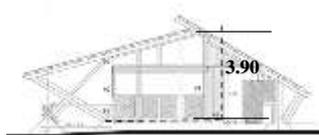
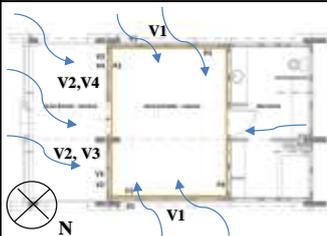
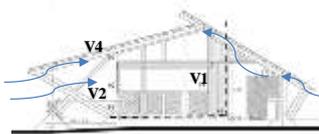
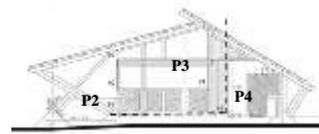
Figura 3.32. Esquema de Cortes - Habitación experimental

b. Información de las paredes

Materiales:	Paredes 1,2 y 3 estructura de bambú rollizo y recubrimiento con fibra de vidrio y bambú chancado (ambas caras). Pared 4 estructura de bambú y recubrimiento con solo bambú chancado (cara 1 que da a la habitación) y recubrimiento con bambú chancado, malla de gallinero y mortero (cara 2 que da al área de servicio) (Figura 3.31 y 3.32).
Orientación e inclinación:	Sureste- Noroeste desde el ingreso, ángulo de 90° entre pared y pared y con respecto al piso (Figura 3.31 y 3.32)
Área y espesor:	Área de paredes de bambú P1= P3 = 4.33m ² , P2 = 2.42 m ² , P4= 13 m ² . Área total de paredes = 24.08 y 10 cm de espesor.
Conductividad térmica:	Se considera el bambú como madera natural (densidad 750-850 kg/m ³) = 0.17 kcal/m.h.°C.
Calor específico:	Se considera el bambú como madera natural (densidad 750-850 kg/ m ³) = 0.34 kcal/ kg°C

Tabla 3.31 Características de la habitación de la edificación experimental

Ambiente a evaluar:	Habitación de habitación de edificación experimental		
Localización:	Estación Biológica de Villa Carmen, Zona de Amortiguamiento del PNM. Zona Climática 8: Sub Tropical Húmedo -		
País:	Región: Cusco	Provincia: Paucartambo	Distrito: Kosñipata
	Latitud: 12°53'44.12" Sur	Longitud: 71°24'15.28" Oeste	Altitud: 522 msnm

	Descripción	Dibujo	
		Planta	Corte
Orientación			
Forma			
Croquis, indicando la posición de los instrumentos			
Medidas: Largo, ancho, altura	Superficie de la habitación: 18.70 m ²		
Tipo de ventilación	Ventilación cruzada por los dos frentes, mayor ventilación por ventanas tipo uno.		
Características de los vanos	Cuatro tipos de ventanas en 3 paredes. Las ventanas no tienen vidrio solo malla mosquitero.	Ventanas 1 (V1) al noreste y suroeste, ventanas 2, 3 y 4 (V2, V3, V4) al sureste.	Áreas: V1 = 7.90 m ² , V2 = 1.50 m ² , V3=0.70 m ² , V4 = 1.12 m ² . Mayor área de ventanas que de muros.
Materiales	Paredes 1,2 y 3 estructura de bambú rollizo y recubrimiento con fibra de vidrio y bambú chancado (ambas caras). Pared 4 estructura de bambú y recubrimiento con solo bambú chancado (cara 1 que da a la habitación) y con bambú chancado, malla de gallinero y mortero (cara 2 - Piso: cemento Techo: bambú, rollizo y chancado y c		

c. Información de las ventanas

Orientación:	Ventanas 1 (V1) al noreste y suroeste, ventanas 2, 3 y 4 (V2, V3, V4) al sureste (Figura 3.32, Tabla 3.31)
Área y espesor:	Las ventanas no tienen vidrio solo malla mosquitero. Áreas: V1 = 7.90 m ² , V2 = 1.50 m ² , V3=0.70 m ² , V4 = 1.12 m ² (Figura 3.31, Tabla 3.31)
Conductividad térmica:	No hay vidrio.
Calor específico:	No hay vidrio.

3.4.8.2.2 Predicción del confort térmico – habitación experimental.

Se determinaron tres tipos de ocupantes, uno de procedencia local peruano (A), otro no local peruano (B) y otro no local extranjero (C) quienes participarían en la evaluación del confort térmico de la habitación experimental. A diferencia del muestreo para la habitación local, se consideró un tipo de ocupante más y de otro lugar de procedencia con el fin de obtener mayores y diferente muestras representativas.

La recolección de datos se realizó por 3 días en tres turnos (fechas señaladas en el numeral anterior), el muestreo se ejecutó con cada tipo de ocupante, con un tiempo de permanencia de 15 a 20 minutos. Realizando un total de 27 muestras.

a. Datos ambientales externos

Se tomaron datos climáticos externos de temperatura, humedad relativa y radiación solar, durante las fechas indicadas, en el rango de tiempo en que se realizaba el muestreo, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3.32 Datos ambientales externos

N° día: 1 Fecha: 31-07-2014 / N° día: 2 Fecha: 01-08-2014 / N° día: 3 Fecha: 2-08-2014

N° Dia	Fecha	Hora	Temperatura de aire (t _a)		Humedad Relativa (RH)	Radiación Solar	Anotaciones
			Out prom	Out prom	Out prom	(w/m2)	
Campo			°C	%			
1.00	31/07/2014	Mañana 10:00 a.m.	24.1	67	70.0	Con dirección al este	
		Tarde 03:20 p.m.	29.0	78	63.0	Con dirección al este	
		Noche 06:00 p.m.	26.0	82	32.0	Con dirección al pasto	
2.00	01/08/2014	Mañana 09:30 am	25.8	70	0L	Con dirección al cielo	
		Tarde 03:00 pm	27.6	75	65.0	Con dirección al este	
		Noche 06:00 pm	27.9	77	20.5	Con dirección al pasto	
3.00	02/08/2014	Mañana 09:00 am	22.1	84	96.4	Con dirección al cielo	
		Tarde 03:00 pm	31.3	63	78.0	Con dirección al este	
		Noche 06:00 pm	25.80	75	25.0	Con dirección al pasto	
Promedios (días y turnos del muestreo)			t _a prom (°C)	HR prom (%)			
Promedio durante los días (9 muestras)			26.7	74.6			
Promedio durante las mañanas (3)			24.0	73.7			
Promedio durante las tardes (3 muestras)			29.3	72.0			
Promedio durante las noches (3)			27.0	78.0			

La temperatura promedio del aire durante los 3 días fue de °C 26.7, por las mañanas de °C 24.0, por las tarde de °C 29.3, por las noches de °C 27.0, y la humedad relativa promedio fue de 74.6 %, por las mañanas de 73.7 %, por las tardes de 72.0 % y por las noches 78.0 %.

b. Parámetros físicos ambientales - habitación experimental (E)

Los parámetros físico ambientales considerados para las muestras de predicción del confort térmico del interior de la habitación experimental fueron: temperatura del aire (t_a), temperatura radiante (t_r), humedad relativa (HR), y velocidad del viento, registrándose los siguientes valores:

Tabla 3.33 Parámetros físicos ambientales - interior habitación experimental

Nº día: 1, 2, 3 / Tiempo de evaluación: 20 minutos / Nº de personas por evaluación : 1

Día	Fecha	Hora		Nº y tipo personas		Parámetros físico ambientales				
		Tiempo de evaluación por persona de 15 a 20 minutos	hora de inicio	Nº de Ocupantes	Procedencia (1)	Temperatura del aire - t _a		Temperatura radiante media - t _r (2)	Humedad Relativa - HR	Velocidad del viento (3)
						temp-out prom °C	temp-in prom °C	temp-in prom °C	HR prom %	1 milla por hora = m/s
1.00	31/07/2014	Mañana	8:00 am	1	Madre de Dios -Cusco (A)	24.1	25.6	25.6	69	0.3
			8:30 am	1	Lima (B)	24.1	25.6	25.6	69	0.3
			10:00 am	1	California-USA (C)	24.1	25.6	25.6	69	0.3
		Tarde	2:00 pm	1	California-USA (C)	29.0	29.9	29.9	64	0.3
			2:20 pm	1	Lima (B)	29.0	29.9	29.9	64	0.3
			3:00 pm	1	Madre de Dios -Cusco (A)	29.0	29.9	29.9	64	0.3
		Noche	6:30 pm	1	Lima (B)	26.0	25.8	25.8	82	0.3
			6:50 pm	1	Madre de Dios -Cusco (A)	26.0	25.8	25.8	82	0.3
			8:40 pm	1	California-USA (C)	26.0	25.8	25.8	82	0.3
2.00	01/08/2014	Mañana	9:10 am	1	Lima (B)	25.8	25.9	25.9	66	0.3
			9:30 am	1	Pilcopata - Cusco (A)	25.8	25.9	25.9	66	0.3
			10:00 am	1	California-USA (C)	25.8	25.9	25.9	70	0.3
		Tarde	2:00 pm	1	California-USA (C)	27.6	28.0	28.0	68	0.3
			3:00 pm	1	Lima (B)	27.7	28.0	28.0	68	0.3
			3:20 pm	1	Pilcopata - Cusco (A)	27.6	28.0	28.0	68	0.3
		Noche	6:10 pm	1	Lima (B)	27.9	28.1	28.1	76	0.3
			6:30 pm	1	Pilcopata - Cusco (A)	27.9	28.1	28.1	76	0.3
			8:00 pm	1	California-USA (C)	25.9	26.1	26.1	76	0.3
3.00	02/08/2014	Mañana	8:00am	1	Lima (B)	22.1	21.9	21.9	81	0.3
			8:30am	1	Pilcopata - Cusco (A)	22.1	21.9	21.9	81	0.3
			9:00 am	1	California-USA (C)	22.1	21.9	21.9	81	0.3
		Tarde	2:00pm	1	California-USA (C)	31.3	31.0	31.0	62	0.3
			2:20pm	1	Pilcopata - Cusco (A)	31.3	31.0	31.0	62	0.3
			3:00pm	1	Lima (B)	31.3	31.0	31.0	62	0.3
		Noche	6:30pm	1	Lima (B)	25.9	26.3	26.3	74	0.3
			6:50 pm	1	Pilcopata - Cusco (A)	25.9	26.3	26.3	74	0.3
			8:30pm	1	California-USA (C)	25.2	25.0	25.0	74	0.3

(1) Tipo de personas : A. poblador local peruano - B. no local, visitante peruano - C. no local, visitante extranjero / Edad entre 18 y 40 años

(2) Para el caso de la temperatura radiante media, donde TRM= TG +1.9 √v (TG-TS), se considera TG (temperatura del globo, °C) = TS (temperatura seca, °C) = temperatura del aire, debido a que no se conto con el equipo preciso.

(3) Velocidad del viento: se estimó 0.3 m/s, por ser un ambiente con buena ventilación natural, 0.15 m/s más de lo que indica el estándar ASHRAE-55 para ambientes sin ventilación natural para el uso del metodo PMV. El ambiente esta bien ventilado

Promedios (días y turnos del muestreo)	t _a prom (°C)	t _r prom (°C)	HR prom (%)	v prom (m/s)
Promedio durante los días (27 muestras)	26.8	26.8	71.7	0.3
Promedio durante las mañanas (9 muestras)	24.5	24.5	70.0	0.3
Promedio durante las tardes (9 muestras)	29.6	29.6	66.0	0.3
Promedio durante las noches (9 muestras)	26.4	26.4	79.0	0.3

Estos valores se tomaron en cuenta en la aplicación del método PMV con velocidad elevada del aire en el simulador CBE Thermal Comfort Tool, como se expone en el capítulo de resultados por el Método PMV para habitación experimental.

c. Parámetros personales - Datos de los ocupantes en habitación experimental (E)

En base a las respuestas de los ocupantes en las encuestas, realizadas durante el muestreo, se estimaron los parámetros personales de tasa metabólica y nivel de aislamiento de la ropa, así como el valor de la escala de sensación térmica según los estándares ASHRAE 55 e ISO 7730, como se muestra en la siguiente Tabla 3.34 para la habitación experimental:

Tabla 3.34 Parámetros Personales - Datos de los ocupantes en habitación experimental (E)

Nº día: 1,2,3 / Tiempo de evaluación: 20 minutos / Nº de personas por evaluación : 1

Día	Fecha	Hora		Tipo persona	Parámetros Personales				Datos complementarios				Nº de encuesta	
		Tiempo de evaluación			Nº de Ocupantes	Procedencia (1)	Variables Personales -ASHRAE 55			Variables personales secundarias complementarias				
		Turno	hora de inicio				Aislamiento de la ropa - Iclo (clo)	Tasa metabólica. met	W/m2	Escala de sensación termina	Estado de salud	Peso (kg)		Estatura (m)
1.00	31/07/2014	Mañana	8:00am	1	Madre de Dios -Cusco (A)	0.70	1	60	0	bueno	50.00	1.50	F	1-E
			8:30am	1	Lima (B)	0.70	1	60	0	bueno	49.00	1.52	F	2-E
			10:00am	1	California-USA (C)	0.725	1	60	0	bueno	113.00	1.90	M	3-E
		Tarde	2:00pm	1	California-USA (C)	0.725	1	60	0	bueno	113.00	1.90	M	4-E
			2:20pm	1	Lima (B)	0.70	1	60	0	bueno	50.00	1.52	F	5-E
			3:00pm	1	Madre de Dios -Cusco (A)	0.70	1	60	0	bueno	50.00	1.50	F	6-E
		Noche	6:30pm	1	Lima (B)	0.725	1.2	70	0	bueno	49.00	1.52	F	7-E
			6:50pm	1	Madre de Dios -Cusco (A)	0.725	1	60	0	bueno	50.00	1.50	F	8-E
			8:40pm	1	California-USA (C)	0.725	1.2	70	1	bueno	113.00	1.90	M	9-E
2.00	01/08/2014	Mañana	9:10am	1	Lima (B)	0.70	1.2	70	0	bueno	50.00	1.52	F	10-E
			9:30am	1	Pilcopata -Cusco (A)	0.70	1.2	70	-2	bueno	50.00	1.50	F	11-E
			10:00am	1	California-USA (C)	0.576	0.8	45	1	bueno	113.00	1.90	M	12-E
		Tarde	2:00pm	1	California-USA	0.576	1	60	1	bueno	113.00	1.90	M	13-E
			3:00pm	1	Lima (B)	0.70	1	45	0	bueno	50.00	1.52	F	14-E
			3:20pm	1	Pilcopata -Cusco (A)	0.70	1	60	-2	bueno	50.00	1.50	F	15-E
		Noche	6:10pm	1	Lima (B)	0.725	1	60	0	bueno	50.00	1.52	F	16-E
			6:30pm	1	Pilcopata -Cusco (A)	0.70	1	60	0	bueno	50.00	1.50	F	17-E
			8:00pm	1	California-USA (C)	0.725	1	60	1	bueno	113.00	1.90	M	18-E
3.00	02/08/2014	Mañana	8:00am	1	Lima (B)	0.725	1.2	70	0	bueno	50.00	1.52	F	19-E
			8:30am	1	Pilcopata -Cusco (A)	0.70	1	60	-2	bueno	50.00	1.50	F	20-E
			10:00am	1	California-USA (C)	0.576	0.8	45	1	bueno	113.00	1.90	M	21-E
		Tarde	2:00pm	1	California-USA (C)	0.725	1	60	1	bueno	113.00	1.90	M	22-E
			2:20pm	1	Pilcopata -Cusco (A)	0.70	1	45	0	bueno	50.00	1.52	F	23-E
			3:00pm	1	Lima (B)	0.70	1	60	-2	bueno	50.00	1.50	F	24-E
		Noche	6:30pm	1	Lima (B)	0.725	1	60	0	bueno	50.00	1.52	F	25-E
			6:50pm	1	Pilcopata -Cusco (A)	0.700	1	60	0	bueno	50.00	1.50	F	26-E
			8:30pm	1	California-USA (C)	0.725	1	60	0	bueno	113.00	1.90	M	27-E

(1) Tipo de personas : A. poblador local peruano - B. no local, visitante peruano - C. no local, visitante extranjero / Edad entre 18 y 40 años

Para obtener los valores de tasa metabólica y aislamiento de la ropa se utilizaron las tablas de ASHRAE- 55 (Tablas A3.4a y A3.4b del anexo 3.4). Estos datos se utilizaron en la aplicación del modelo PMV del simulador CBE Thermal Comfort Tool

Para el caso de la sensación térmica, la Tabla 3.34 muestra los siguientes resultados manifestados por las sensaciones de los ocupantes durante el muestreo:

- El 63 % de los ocupantes (tipo A, B y C) sintió el ambiente neutro, el 35 % fueron locales (A), el 47% fueron no locales nacionales (B) y el 18% no locales extranjeros (C).
- El 22 % de los ocupantes, todos no locales extranjeros (C), sintió el ambiente ligeramente caliente.
- El 15 % de los ocupantes (tipo A, B y C) sintió el ambiente fresco, el 75% fueron locales (A) y el 25 % fueron no locales (B).

La tabla también muestra datos complementarios secundarios en relación a los ocupantes, estado de salud, peso, edad, sexo, que son referenciales para conocer las características de las personas, pero no se consideran en la evaluación de confort térmico del presente estudio.

Capítulo IV

Resultados y análisis de resultados

4.1 Resultados

Se determina dos ejes prioritarios que intervienen en las estrategias de arquitectura ecológica con bambú, los cuales son: el medio físico natural y uso del bambú local, y el diseño y construcción, los cuales se aplican en el Modelo Arquitectónico. Cada eje se fundamenta con sus propios resultados y su integración da como resultado el Modelo – Cabaña de Bambú con condiciones de confort térmico, en el Parque Nacional del Manu, Cusco.

Eje Medio físico natural y Uso de bambú local

1. Se consideran y aplican 8 indicadores del medio físico natural (clima, elementos geológicos , suelos, componente de agua, relieve, vegetación del entorno , fauna y materiales naturales y locales) de la ZA del PNM, Cusco, específicamente de la Estación Biológica de Villa Carmen, para el diseño y emplazamiento del Modelo Arquitectónico, destacando el componente de materiales naturales y locales, debido a:

- Uso predominante del bambú por el potencial que ofrece y su cumplimiento con los criterios de sostenibilidad como material (Tabla 4.1).
- Empleo de otros materiales naturales renovables (madera aguano) y no renovables (piedra, arena) de procedencia local, Pilcopata, y en mínima proporción materiales no naturales para los componentes: bases y losa, y herrajes para estructura, pero de fabricación nacional (procedentes de Cusco, Arequipa y Lima) y con certificación ambiental y/o ficha técnica con consideraciones ambientales.
- Ninguno de los recursos naturales renovables utilizados en el Modelo se encuentran dentro de la lista The IUCN Red List of Threatened Species.

Tabla 4.1 Criterios de sostenibilidad del bambú como material

Criterios de sostenibilidad del bambu como material

Recurso natural, renovable, abundante y local

Mínimo impacto en toda la producción : bosque -corte-avinagrado-transporte local-preservado (pentaborato)-secado-construcción

No hace daño a la salud en ningún proceso ni en su uso

El mantenimiento durante su vida útil es sencillo, se aplican soluciones no contaminantes, como aceites naturales, ceras.

Después de la vida útil del edificio el bambu puede ser reutilizado para la producción de energía. No se generan residuos contaminantes.

La energía incorporada (en kWh/kg), es menor que los otros materiales de construcción. Ver estudios de casos

Transporte local, para el caso del estudio caminando a trocha o marítimo por río distancias cortas

2. Se seleccionan, identifican y utilizan tres (3) especies de bambúes leñosos (Bambusodae) locales, pertenecientes a tres (3) géneros, uno (1) nativo del género *Guadua*, dos (2) exóticos de los géneros *Bambusa* y *Dendrocalamus*:
 - *Guadua sarcocarpa subsp. purpuracea* Londoño & Peterson.
 - *Bambusa oldhamii* Munro
 - *Dendrocalamus asper* (Schulff. & Schulff. f.) Backer ex K. Heyne.

De acuerdo a la literatura y visitas de campo son las especies endémicas del género *Guadua* las más representativas por la superficie que ocupan en la Zona, Parque Nacional del Manu y Amazonía, considerándose de importancia prioritaria.

3. Se considera la utilización de los valores admisibles de la Norma NTE E.100 bambú del RNE para las tres especie seleccionadas en el estudio, de acuerdo al Informe de Interpretación de Resultados (UNI, 2013) donde hace referencia que los valores admisibles de las tres especies para el corte y compresión paralelo a la fibra, son mayores a los indicados en la NTE E.100 bambú del RNE, para el corte o cizallamiento es de 10 kg/cm² y para la compresión es de 130 kg/cm². Se fundamenta de manera preliminar y referencial el uso de las tres especies para la construcción. No obstante se deben profundizar y completar los estudios de los esfuerzos admisibles para las tres especies con un mayor número de ensayos, dando prioridad a la especie endémica.
4. El uso del bambú como material principal fortalece la relación cultural entre el bambú local paca y los asentamientos humanos de la zona, contribuyendo a la reivindicación de la identidad y valoración de la cultura de los pueblos nativos amazónicos.
5. Las especies de bambú local, principalmente las endémicas, responden satisfactoriamente a la evaluación ambiental:
 - Los impactos negativos generados en la obtención del bambú como material, para su aplicación en el Modelo en el Sector I de la ZA del PNM, fueron mínimos, demostrado en su sistema y cadena de procesos (6 fases: manejo y aprovechamiento, transporte, preparación de esterilla, lavado, preservación, secado). Solo en dos fases se generaron algunos impactos: en la fase 2, a través del medio de transporte que fue por agua con un bote de motor 85 hp a petróleo con un recorrido de 2km, repitiéndose tres veces; y en la fase 4, por los 400 kg de sales de bórax utilizadas para la preservación que fueron trasladadas desde Arequipa (fabrica nacional) vía terrestre.
 - Los beneficios que otorga el bambú al ambiente son significativos y podrían ser aún mayor si los bosques amazónicos estuviesen manejados y aprovechados técnicamente, su productividad anual se incrementaría.
 - Resultado de la relación entre el impacto ambiental generado para la obtención del material y la productividad anual por hectárea (400 tallos) en un gradual

natural ideal se obtiene un indicador positivo de sostenibilidad ambiental que ofrece el bambú como material, de alta potencia regenerativa.

6. De los seis componentes que conforman el sistema constructivo del Modelo, cinco se consideran principales, y en cuatro de ellos se emplean materiales naturales locales en más del 50%, con participación del bambú en tres de ellos en más del 50%.

Eje Diseño y Construcción – Modelo

7. Los cinco componentes contemplados en la fase de Diseño Arquitectónico: emplazamiento, geometría y naturaleza, acondicionamiento ambiental, contexto socio cultural y criterios de diseño - bambú, muestran igual jerarquía para el desarrollo del diseño. Cada uno es pieza del otro y su integración da como resultado el Proyecto Modelo - Cabaña de Bambú. Se basan en los indicadores del eje Medio físico natural y Uso del bambú local. Esta fase es fundamental y decisiva para la creación de un ambiente térmicamente confortable.
8. Dentro del componente acondicionamiento ambiental, se establecen los parámetros para el diseño y construcción de una edificación ecológica en el Sector I de la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional del Manu Cusco (Tabla 4.2)

Tabla 4.2 Parámetros para el Diseño y Construcción de una Edificación Ecológica.

Modelo - Cabaña de Bambú	
Componente	Sector I- Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional del Manu Parámetros para el diseño y construcción de una edificación ecológica.
Partido Arquitectónico	Planta lineal y abierta en el frente.
	Planta elevada del suelo a 0.45 m
	Altura promedio del ambiente 3.20 m
Orientación	Orientación sureste-noroeste del eje del edificio.
	Espacios orientados al noroeste y protegidos del sol.
	Ventanas mas amplias orientadas al noreste y sureste.
Material de Construcción	Masa térmica baja en muros - estructura con bambú y recubrimiento con bambú chancado, interior del muro una capa de lana de vidrio para protección de insectos y acústica.
	Cubierta con bambú chancado y hojas de palmera u otro material compuesto por elementos naturales aislante
Techos	Pendiente pronunciada y semi pronunciada - material final crizneja.
	Sistema de control de drenaje del agua por canaletas de bambú.
	Aleros por los 4 lados, zócalos y podios donde se levanta la estructura.
Pisos y Muros	Piso cemento y algunas piedras.
	Zócalo de cemento pulido. Se evita el calentamiento de las paredes con los arboles circundantes.
Vanos	Área de vanos / Área de piso > 50% Modelo = 62% (para iluminación).
	Área de aberturas / Área de Piso > 50% Modelo = 80% (para ventilación).
Iluminación y parasoles	Aleros laterales funcionan como parasoles.
Ventilación	Vientos locales del sur se aprovechan, árboles direccionan ventilación.
	Ventilación cruzada
	Efecto Venturi orientación sureste-noroeste.
Vegetación	Arboles en los laterales que crean sombras y protegen de la radiación, edificación se sitúa rodeado de vegetación.

9. Se evidencia que el componente criterios de diseño – bambú, es indispensable para la calidad y durabilidad del material y de la edificación, el cual establece los lineamientos técnicos fundamentales para el adecuado diseño arquitectónico con bambú. Se plantea el uso y función de las especies seleccionadas en el Modelo, de acuerdo a sus características estructurales, morfológicas, disponibilidad cuantitativa y cualitativa del recurso.

10. Se define el uso de las especies de bambú en el Modelo de la siguiente manera:

- La especie *Guadua sarcocarpa* para elementos de poca carga estructural, tallos entre Ø8.00 - Ø 6.00 cm de diámetro. Usos: elementos de arriostre en cerchas triangulares, elementos horizontales en estructura de muros (vigas), elementos de arriostre en estructura de muros, tabiquería interior, recubrimiento de muros – cerramiento, recubrimiento del techo – cubierta.
- La especie *Bambusa oldhamii* para elementos de regular carga estructural, tallos entre Ø8.00 - Ø 6.00 cm. de diámetro. Usos: elementos verticales en estructura de muros (vigas), correas en estructura de cobertura, barandas de terraza.
- La especie *Dendrocalamus asper* para elementos estructurales que recibirán la mayor carga, tallos de Ø16.00 cm de diámetro. Usos: elementos estructurales principales – cerchas triangulares.

11. Proyecto del Modelo Arquitectónico - Cabaña de bambú de 99.10 m²

El proyecto da respuesta a las necesidades físico espacial de una cabaña de bambú – Modelo, para el Sector I de la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional del Manu, Perú, a construirse en la Estación Biológica de Villa Carmen, Pilcopata, Cusco. De un piso, que contemple los ambientes necesarios para un grupo de pobladores no permanente y/o colonos del lugar de 4 integrantes de acuerdo a costumbres de hábitat transitorio y de concepción de cabaña – vivienda temporal.

Se presenta como resultado de todo lo estudiado y expuesto anteriormente, cumple y aplica todos los lineamientos planteados por los componentes de la fase de Diseño del eje estratégico Diseño y Construcción.

Se sustenta en los conocimientos técnicos del autor, normatividad vigente para el país, NTE E-100 Bambú, normatividad colombiana NSR-10 Titulo G Capitulo G12 y cálculos estructurales de la Ing. Mercedes Odar, de acuerdo a las especies utilizadas en elementos estructurales y no estructurales.

Se desarrolló el proyecto completo: arquitectónico, estructural, ingenierías eléctricas y

sanitarias. Para el presente documento se presentan a manera de síntesis algunos esquemas de los planos de arquitectura a escala gráfica.

El Modelo tiene una superficie de 99.10 m² considerando los volados de los techos, con las siguientes áreas internas (Tabla 4.3):

Tabla 4.3 Cuadro de áreas del Modelo – Cabaña de bambú

Ambiente	Área m²
Area social - Terraza	14.60
Area privada - Reposo	18.70
Servicios	13.30
Área total útil de espacios	46.60
Área de muros	6.90
Área total construida sin volado	53.50
Área total construida con volado	99.10

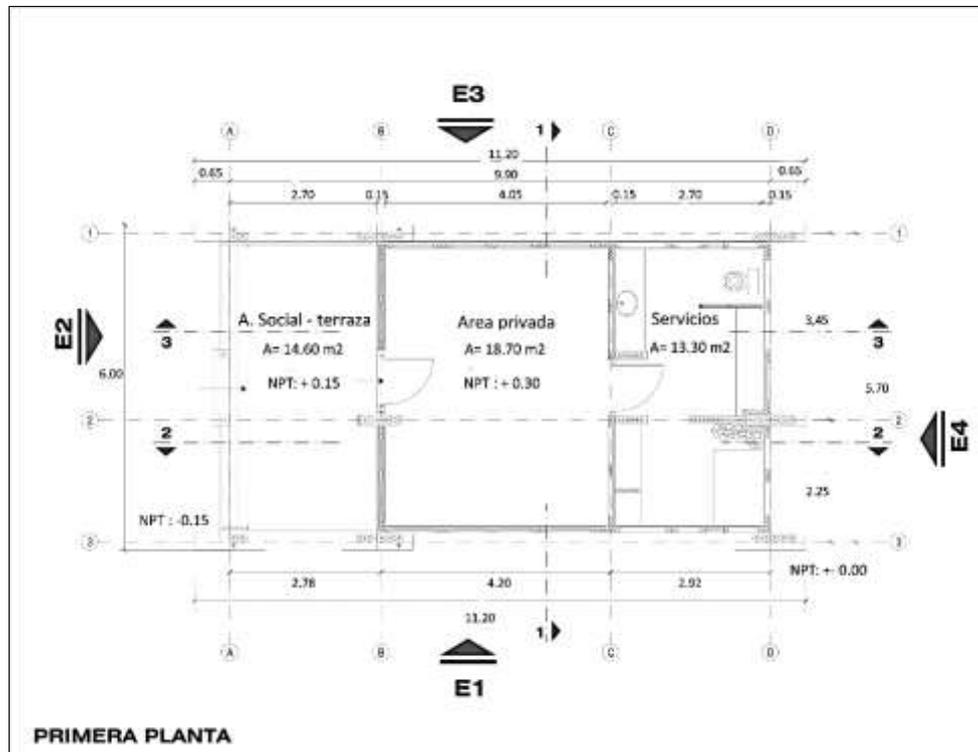


Figura 4.1. Cabaña de bambú – Esquema de la primera planta

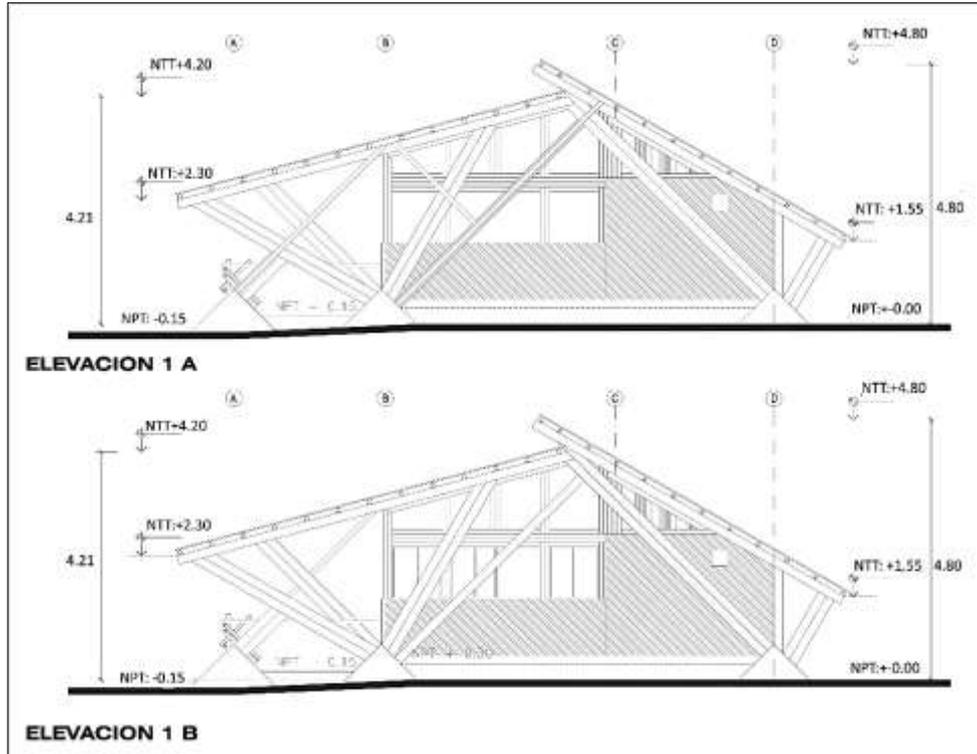


Figura 4.2. Cabaña de bambú – Esquema de la elevaciones lateral

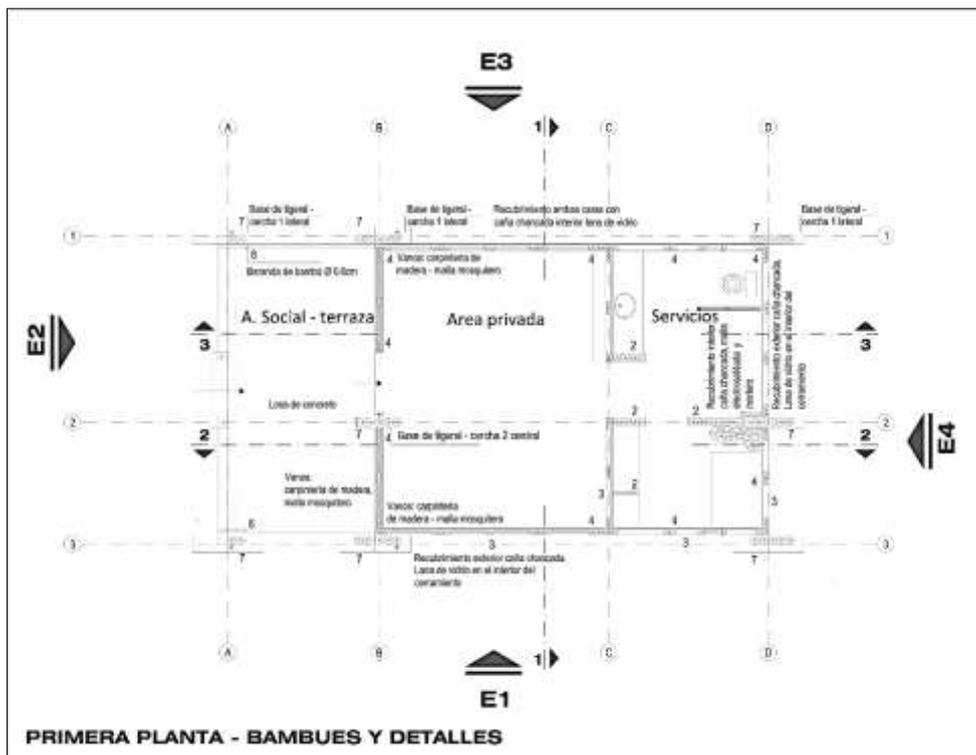


Figura 4.3. Cabaña de bambú – Esquema de la primera planta indicando los bambúes

1. Guadua Ø 8cm	Muros : elementos horizontales y de armadura.	4. Bambusa Ø 8cm	Muros : elementos verticales
2. Guadua Ø 6-7 cm	Estructura : elementos de armadura en cercha - Tabiques servicios	5. Bambusa Ø 6-7cm	Estructura cobertura : correas
3. Guadua chancada	Cerramiento y cubierta	6. Bambusa Ø 6cm	Barandas
		7. Dendrocalamus Ø 16cm	Elementos estructurales - cerchas triangulares

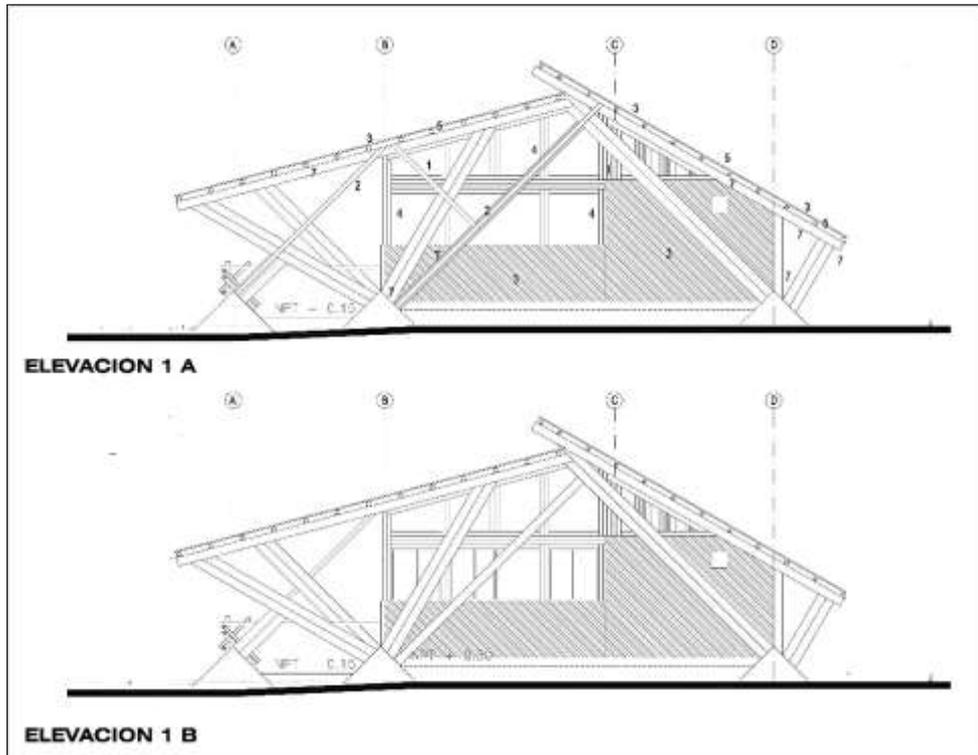


Figura 4.4. Cabaña de bambú – Esquema de las elevaciones indicando los bambúes

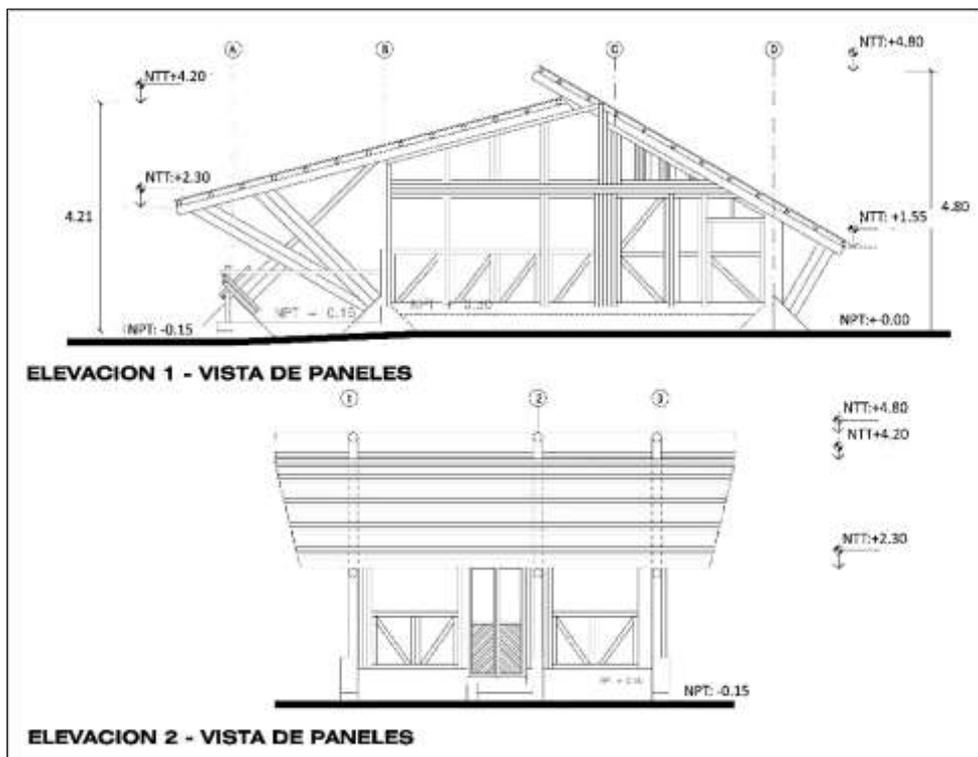


Figura 4.5. Cabaña de bambú – Esquema de las elevaciones lateral y frontal con paneles

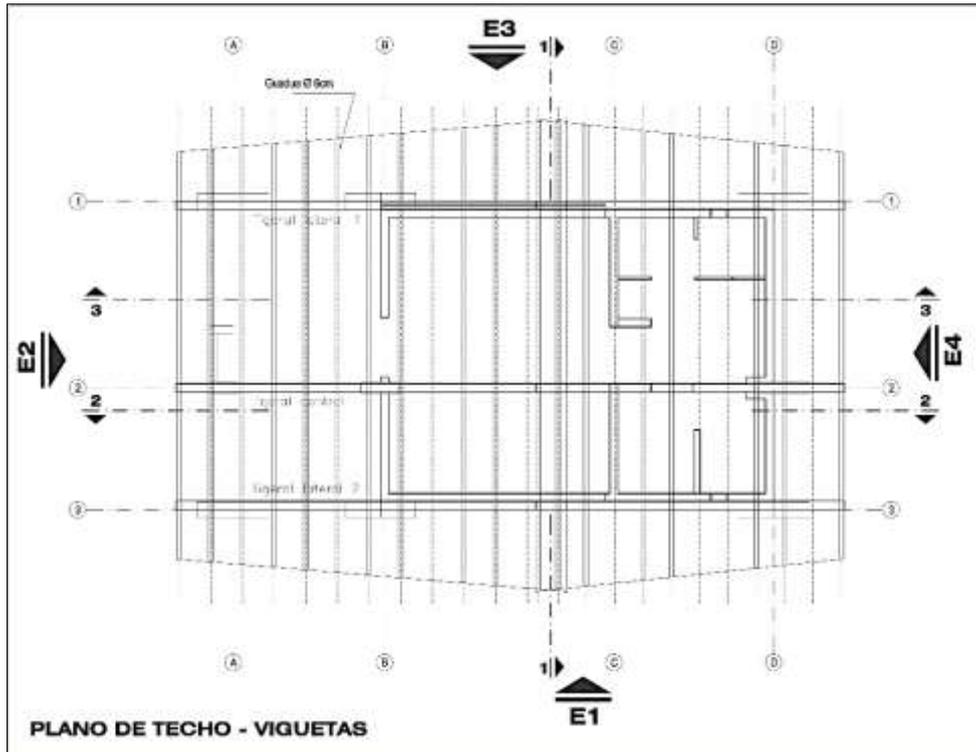


Figura 4.6. Cabaña de bambú – Esquema del plano de techos - correas

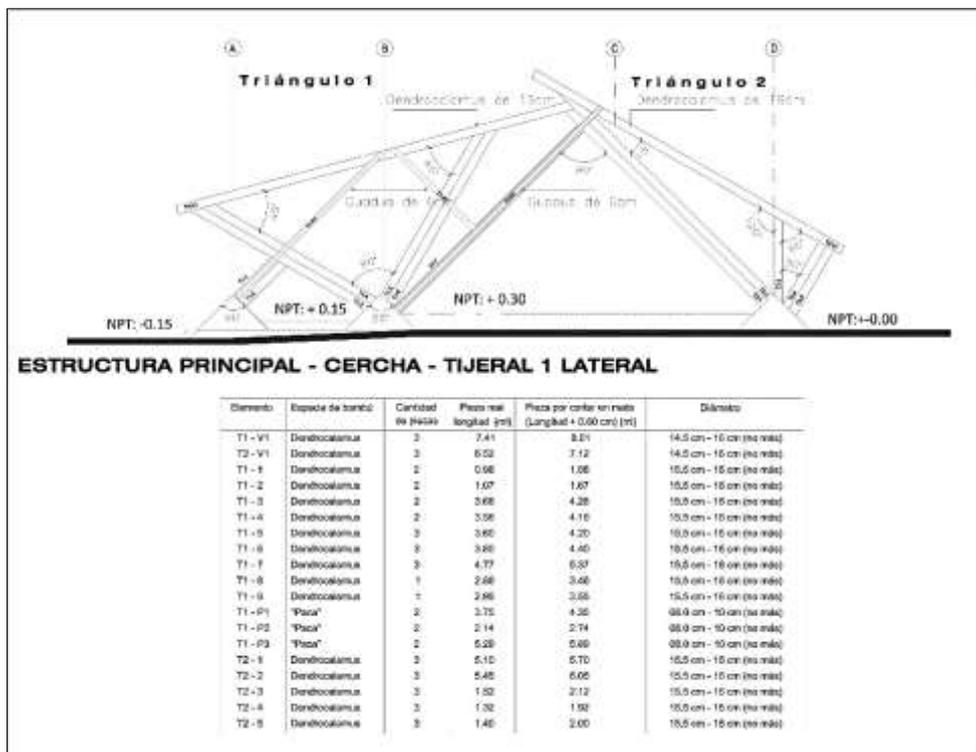


Figura 4.7. Cabaña de bambú – Cercha 1

12. Los resultados del recurso humano evaluado en la construcción del Modelo principalmente en los componentes donde se utiliza bambú (2.Estructura y muros, 3.Cerramiento y 4.Cubierta) fueron:

- Se empleó un total de once personas la mayoría local y/o de la Región del Cusco, solo uno proveniente de la Región Cajamarca.
- Se empleó tres personas para los trabajos solo de bambú, un maestro especialista en bambú con rendimiento del 55% y dos ayudantes, uno con rendimiento del 30% y otro con rendimiento del 15%.
- El tiempo estimado empleado para los componentes donde se utiliza bambú fue de 50 días (con jornal estándar).
- El tiempo estimado para solo los trabajos de bambú fue de 39 días (con jornal estándar), que representa el 78% del tiempo para los tres componentes.
- El tiempo estimado para la construcción de todo el Modelo fue de 75 días (con jornal estándar).

Los resultados reflejan la rapidez, sencillez del sistema constructivo y del diseño proyectado, así como lo importante que es tener al menos una persona altamente calificada.

13. La cantidad de bambú utilizada para el caso del Modelo gracias a la disponibilidad del recurso, fue de 169 tallos de bambú de 13 m de longitud de diferentes especies y diámetros, equivalente a 2,197 m. Lo que resulto un ahorro del 17% del material y optimización al máximo en su utilización. Esta optimización fue también resultado de contar con al menos un maestro especialista en bambú, quien manejó eficientemente la lectura de planos, entendimiento y reconocimiento de los elementos de la estructura y conocimiento técnico de la elección del material.

En el caso de no contar con la posibilidad de obtener el material desde el bosque y se solicite el bambú a comercializadores, el número de tallos sería de 439 de 6m de longitud (medida comercial), equivalente a un total de 2,634 m.

El tiempo y recurso humano empleado en la extracción del material no está considerado en este estudio.

14. El resultado de la cantidad de bambúes utilizada en el Modelo, se evidencia en 3 de sus componentes: 2.Estructura y muros, 3.Cerramiento y 4.Cubierta, con la participación del 98%, 70% y 60% respectivamente. Promedio de participación del bambú de 76%.
15. De acuerdo a los valores porcentuales, según el grado de representación en el sistema constructivo del Modelo, que se les otorga a cada uno de los cinco componentes principales, los porcentajes que corresponde a los componentes donde se emplea bambú son: 2.Estructura y muros = 40%, 3.Cerramiento = 17.5% y 4.Cubierta = 12.5%, que representan el 80% de la construcción total.
16. De la relación, entre el promedio porcentual de la participación de solo bambú (76%) en tres componentes del sistema constructivo, y el resultado porcentual de la suma de estos tres componentes según el grado de representación en el sistema constructivo del Modelo (80%), se deduce que aproximadamente el 90% del total de la construcción está representado por trabajos solo de bambú. Con este resultado podemos afirmar el predominio del bambú en el Modelo y el cumplimiento satisfactorio sobre los dos ejes de las estrategias de arquitectura ecológica con bambú. Así mismo, considerando la masa térmica baja del material bambú en muros y con el aislamiento considerado en la cubierta, el Modelo proyecta ambientes térmicamente confortables.
17. Se plantean consideraciones y lineamientos para las prácticas ambientales en dos aspectos: consumo de energía y gestión de residuos con la aplicación adecuada de un sistema y cadena de procesos durante el desarrollo de la construcción: proceso constructivo, que contemple el mínimo impacto en todas las fases: 1. Base y Losa, 2. Estructuras y Muros, 3. Cerramiento, 4. Cubierta, 6. Carpintería (no se considera 5. Herrajes). El resultado de la aplicación en la construcción del Modelo fue:
 - La fase con mayor consumo de energía fue la fase 2. Estructura y Muros, con el uso de la ingleteadora y el taladro, que podrían ser suplantados por herramientas manuales siempre y cuando el personal sea especialista para que no afecte el rendimiento ni el tiempo.
 - Los residuos de materiales no naturales fueron mínimos, lo generado por la mezcla de concreto y fierro se clasificó para luego ser trasladados a Pilcopata. El impacto negativo fue mínimo.

- Los residuos generados por los cortes de bambú, algunos se reciclaron para hacer artesanías, otros se acopiaron para su desintegración. No causo ningún impacto.
 - En la fase 4. Cubierta, se cambió el material propuesto inicialmente (hojas de palmera), por un material compuesto por fibras recicladas y pigmentos naturales (de fabricación en Brasil). Se utilizó el material sobrante de otras construcciones de la Estación Biológica de Villa Carmen, por lo que no genero impacto de transporte.
18. El Modelo Arquitectónico – Cabaña de bambú es aceptado por los pobladores de la zona. Se obtuvieron los siguientes resultados principales de acuerdo a las encuestas realizadas a 12 habitantes del centro poblado de Pilcopata:
- El diseño y sistema constructivo del Modelo – cabaña de bambú es aceptado por los pobladores de la zona. El 100% conoce la cabaña, le gusta y está conforme. De la totalidad de la cabaña, al 84% le gusta más el material, diseño, los acabados y detalles, el resto no respondió.
 - El bambú como material es aceptado por los pobladores de la zona. El 100% está conforme con el bambú, el 84% responde porque es resistente, durable, fácil de construir, por estética y da garantía, el resto no respondió.

Ver detalle en Anexo IV.1

19. El Modelo – Cabaña de bambú aplica las estrategias de arquitectura ecológica con bambú en el Parque Nacional del Manu, es aceptado por la población y presenta condiciones de confort térmico.

4.1.1 Resultados Confort Térmico

4.1.1.1 Simulación, aplicación del CBE Thermal Comfort Tool – Evaluación del confort térmico en la habitación local

Se aplicó el simulador CBE Thermal Comfort Tool, vía online durante los días 22 y 23 de mayo del 2015, mediante el siguiente enlace web: <http://comfort.cbe.berkeley.edu/>

Se aplicaron los dos métodos del simulador (PMV con velocidad elevada del aire y Confort Adaptativo) para la evaluación de las dieciocho muestras de la habitación de la

edificación local (nueve muestras con ocupante A y nueve muestras con ocupante B durante las tres fechas en los tres turnos).

Método PMV – habitación local

Para la aplicación del método PMV con velocidad elevada del aire se necesitaron los datos de los parámetros ambientales del interior de la habitación local (Tabla 3.29) y los parámetros personales de los ocupantes A y B en la habitación local (Tabla 3.30). Cada muestra estuvo compuesta por ambos parámetros con sus respectivas variables, cuyos valores se fueron registrando en el simulador muestra por muestra. Evaluando las 18 muestras de la habitación local.

A continuación se exponen los resultados gráficos y numéricos individuales de cada muestra obtenida de manera instantánea por el simulador web:

Habitación local- Simulación método PMV, día 1: 31 de julio 2014



Figura 4.8a. CBE-PMV-L-6.30am - Lima

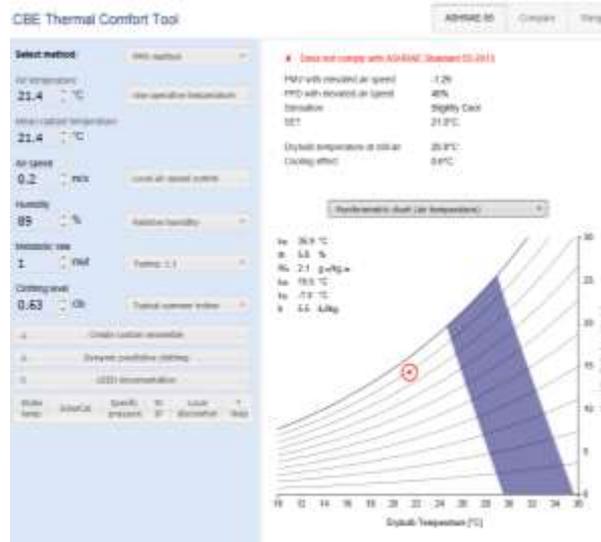


Figura 4.8b. CBE-PMV-L-7.00am - Cusco



Figura 4.9a. CBE-PMV-L-1.10pm - Lima



Figura 4.9b. CBE-PMV-L-1.30pm - Cusco



Figura 4.10a. CBE-PMV-L-9.10pm - Lima



Figura 4.10b. CBE-PMV-L-9.30pm - Pilcopata
Habitación local- Simulación método PMV, día 2: 1 de agosto 2014

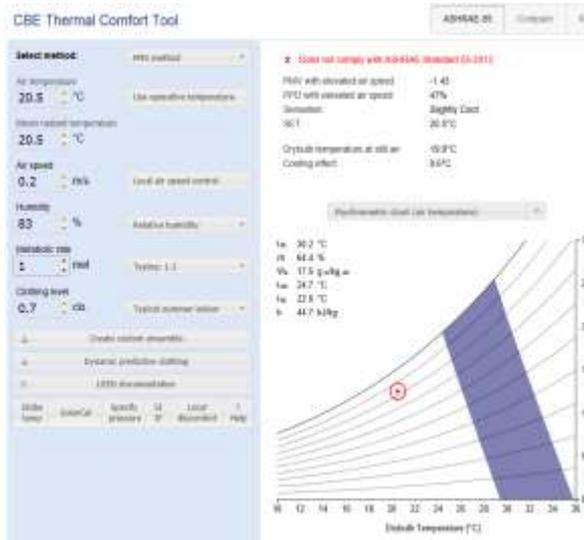


Figura 4.11a. CBE-PMV-L-7.00am - Lima



Figura 4.11b. CBE-PMV-L-7.30am - Pilcopata



Figura 4.12a. CBE-PMV-L-1.00pm - Lima,



Figura 4.12b. CBE-PMV-L-1.20pm - Pilcopata



Figura 4.13a. CBE-PMV-L-8.30pm-Lima



Figura 4.13b. CBE-PMV-L-8.50pm-Pilcopata

Habitación local- Simulación método PMV, día 3: 2 de agosto 2014

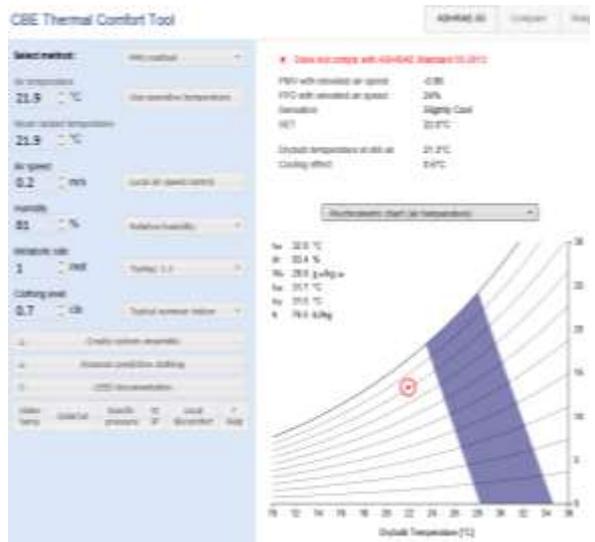


Figura 4.14a. CBE-PMV-L-6.30am - Lima



Figura 4.14b. CBE-PMV-L-7.00am - Pilcopata

4.4 Método PMV CBE Thermal Comfort Tool - Resultados de la simulación para habitación local:

Tabla 4.4 Método PMV CBE Thermal Comfort Tool - Resultados de la simulación para habitación local

Fecha	Método PMV Variables evaluadas de acuerdo al estándar ASHRAE -55	Resultados					
		Turno mañana		Turno tarde		Turno noche	
		Ocupante A	Ocupante B	Ocupante A	Ocupante B	Ocupante A	Ocupante B
Día 1 31-07-2014		07:00 a.m. (Fig. FV.15b)	06:30-00 a.m. (Fig. FV.15a)	01:30:00 p.m. (Fig. FV.16b)	01:10 p.m. (Fig. FV.16a)	09:30:00 p.m. (Fig. FV.17b)	09:10:00 p.m. (Fig. FV.17a)
	Estándar ASHRAE -55	No cumple con estándar ASHRAE -55	No cumple con estándar ASHRAE -55	No cumple con estándar ASHRAE -55	No cumple con estándar ASHRAE -55	No cumple con estándar ASHRAE -55	Si cumple con estándar ASHRAE -55
	PMV con una velocidad elevada	53	53	53	53	53	55
	PPD con una velocidad elevada	-1.29	-1.07	1.32	1.18	0.51	0.20
	Escala de sensación térmica	40%	-29%	42%	34%	10%	6%
	ligeramente fresco	ligeramente fresco	ligeramente caliente	ligeramente caliente	ligeramente caliente	neutro	
	SET	21.0°C	21.6°C	31°C	29.5°C	27.5°C	25.5°C
	Temperatura de bulbo seco del aire quieto	20.8°C	20.8°C	27.8°C	27.9°C	24.6°C	24.8°C
	Efecto de enfriamiento	0.6°C	0.6°C	0.8°C	0.7°C	0.7°C	0.5°C
	Día 2 01-08-2014		07:30 a.m. (Fig. FV.18b)	07:00 a.m. (Fig. FV.18a)	01:20:00 p.m. (Fig. FV.19b)	01:00 p.m. (Fig. FV.19a)	08:50:00 p.m. (Fig. FV.20b)
Estándar ASHRAE -55		No cumple con estándar ASHRAE -55	Si cumple con estándar ASHRAE -55	Si cumple con estándar ASHRAE -55			
PMV con una velocidad elevada		53	53	53	53	55	55
PPD con una velocidad elevada		-1.43	-1.43	1.12	1.12	0.2	0.2
Escala de sensación térmica		47%	47%	31%	31%	6%	6%
ligeramente fresco		ligeramente fresco	ligeramente caliente	ligeramente caliente	neutro	neutro	
SET		20.5°C	20.5°C	29.1 °C	29.1 °C	25.7°C	25.5°C
Temperatura de bulbo seco del aire quieto		19.9°C	19.9°C	27.9°C	27.9°C	24.8°C	24.8°C
Efecto de enfriamiento		0.6°C	0.6°C	0.7°C	0.7°C	0.5°C	0.5°C
Día 3 02-08-2014			07:00 a.m. (Fig. FV.21b)	06:30:00 a.m. (Fig. FV.21a)	01:20:00 p.m. (Fig. FV.22b)	01:00 p.m. (Fig. FV.22a)	09:30:00 p.m. (Fig. FV.23b)
	Estándar ASHRAE -55	No cumple con estándar ASHRAE -55	No cumple con estándar ASHRAE -55	No cumple con estándar ASHRAE -55	No cumple con estándar ASHRAE -55	Si cumple con estándar ASHRAE -55	Si cumple con estándar ASHRAE -55
	PMV con una velocidad elevada	53	53	53	53	55	55
	PPD con una velocidad elevada	-1.16	-0.96	0.51	0.63	0.2	0.25
	Escala de sensación térmica	33%	24%	11%	13%	6%	6%
	ligeramente fresco	ligeramente fresco	ligeramente caliente	ligeramente caliente	neutro	neutro	
	SET	21.4°C	22.0°C	26.8 °C	27.4°C	25.5°C	25.7°C
	Temperatura de bulbo seco del aire quieto	21.3°C	21.3°C	26.5°C	25.5°C	24.8°C	24.8°C
	Efecto de enfriamiento	0.6°C	0.6°C	0.6°C	0.6°C	0.5°C	0.22

De la Tabla 4.4 podemos indicar los siguientes resultados parciales por turnos y días, los resultados finales se exponen en el siguiente numeral 4.1.1.4 Resultados de la simulación de la Habitación Local.

a) Resultados por turnos durante los tres días (Método PMV – habitación local)

Por las mañanas: La habitación local no ofrece confort térmico. El 100% de las muestras (con ocupante A y B) predicen el ambiente ligeramente fresco. La habitación no cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método PMV.

Por las tardes: La habitación local no ofrece confort térmico. El 100% de las muestras (con ocupante A y B) predicen el ambiente ligeramente caliente. La habitación no cumple con estándar ASHRAE 55 por el método PMV.

Por las noches: La habitación local ofrece confort térmico en un 83%. El 83% de las muestras (con ocupante A y B) predicen el ambiente neutral. La habitación si cumple con el estándar ASHRAE 55. Solo el 17% de las muestras (con ocupante A) predicen el ambiente ligeramente caliente.

b) Resultados por día (Método PMV – habitación local)

Día 1: La habitación local no ofrece confort térmico en un 83%. El 50% de las muestras (con ocupante A y B) predicen el ambiente ligeramente caliente por las tardes y noche, y el 33%, predice el ambiente ligeramente fresco por las mañanas. No cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método PMV.

La habitación local solo ofrece confort térmico por una noche (con ocupante B) que representa el 17% de las muestras que predice el ambiente neutral y que si cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método PMV.

Día 2: La habitación local no ofrece confort térmico en un 67%. El 33.5% de las muestras (con ocupante A y B) predicen ambiente ligeramente fresco por la mañanas, y el 33.5% predice el ambiente ligeramente caliente por las tardes. No cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método PMV.

Solo el 33 % de las muestras predicen el ambiente neutral, por las noches (con ocupante A y B).

Día 3: La habitación local no ofrece confort térmico en un 67%. El 33.5% de las muestras (con ocupante A y B) predicen ambiente ligeramente fresco por la mañanas, y el 33.5% predice el ambiente ligeramente caliente por las tardes. No cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método PMV.

Solo el 33 % de las muestras predicen el ambiente neutral, por las noches (con ocupante A y B).

Método Adaptativo – habitación local

Para la aplicación del método Adaptativo se necesitaron las variables de temperatura del aire y temperatura media radiante del interior del ambiente (Tabla 3.29) y la temperatura del aire del exterior (Tabla 3.28). Cada muestra estuvo compuesta por las 3 variables, cuyos valores se fueron registrando en el simulador muestra por muestra. Evaluando las 18 muestras de la habitación local.

A continuación se exponen los resultados gráficos y numéricos individuales de cada muestra obtenida de manera instantánea por el simulador web:

Habitación local- Simulación método Adaptativo, día 1: 31 de julio 2014



Figura 4.17a. CBE-Adapt-L-6.30am - Lima



Figura 4.17b. CBE-Adap-L-7.00am - Cusco

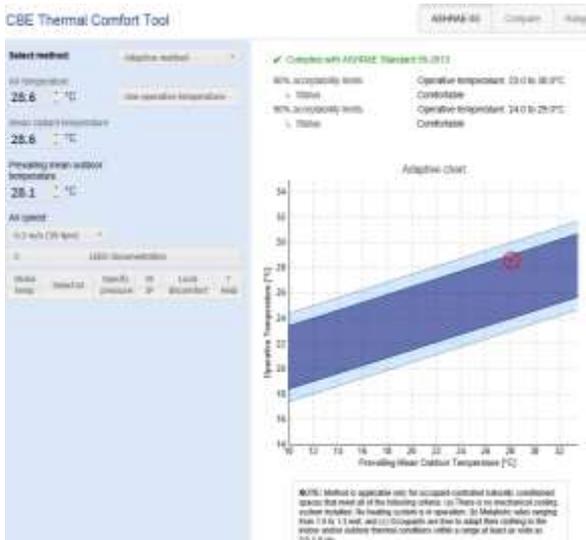


Figura 4.18a. CBE-Adap-L-1.10pm - Lima



Figura 4.18b. CBE-Adap-L-1.30pm - Cusco



Figura 4.19a CBE-Adap-L-9.10pm - Lima



Figura 4.19b CBE-Adap-L-9.30pm - Pilcopata

Habitación local- Simulación método Adaptativo, día 2: 1 de agosto 2014

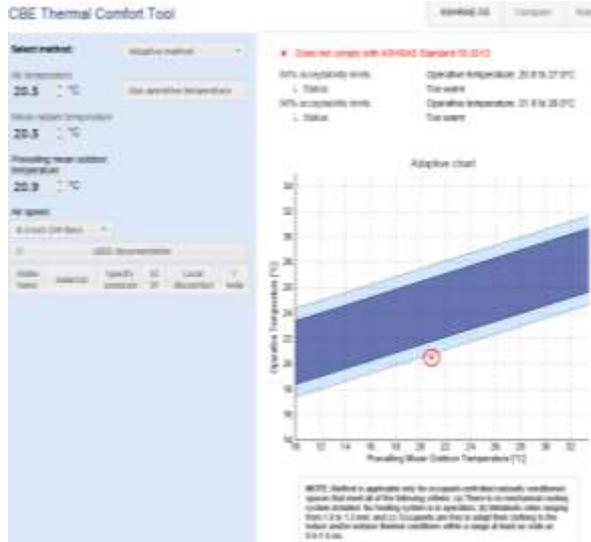


Figura 4.20a. CBE-Adap-L-7.00am - Lima

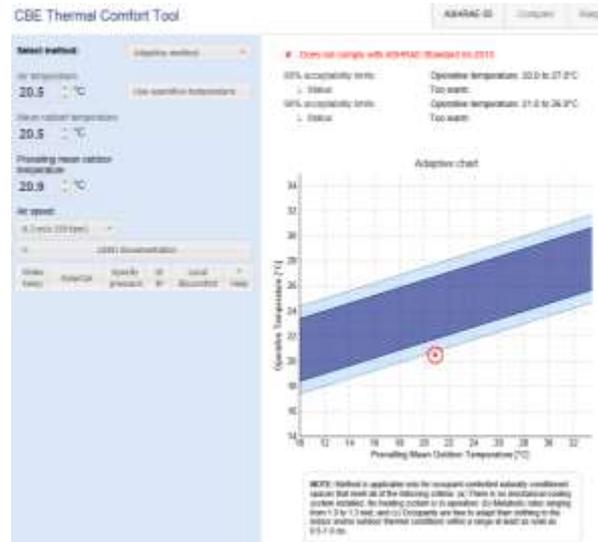


Figura 4.20b. CBE-Adap-L-7.30am - Pilcopata



Figura 4.21a. CBE-Adap-L-1.00pm - Lima

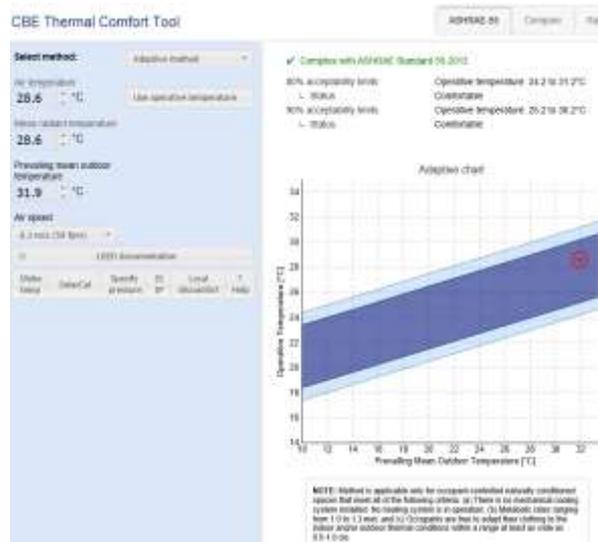


Figura 4.21b. CBE-Adap-L-1.20pm - Pilcopata

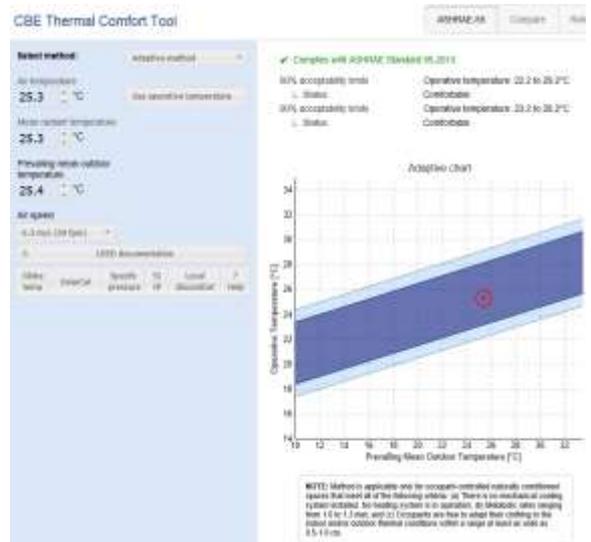


Figura 4.22a. CBE-Adap-L-8.30pm - Lima

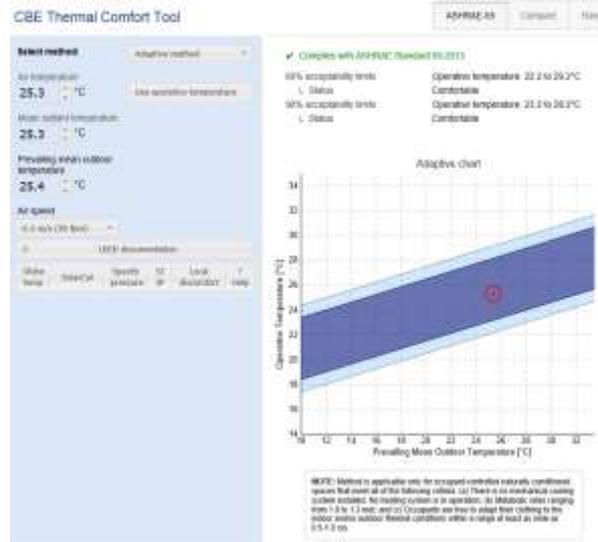


Figura 4.22b. CBE-Adap-L-8.50pm - Pilcopata

Habitación local- Simulación método Adaptativo, día 3: 2 de agosto 2014

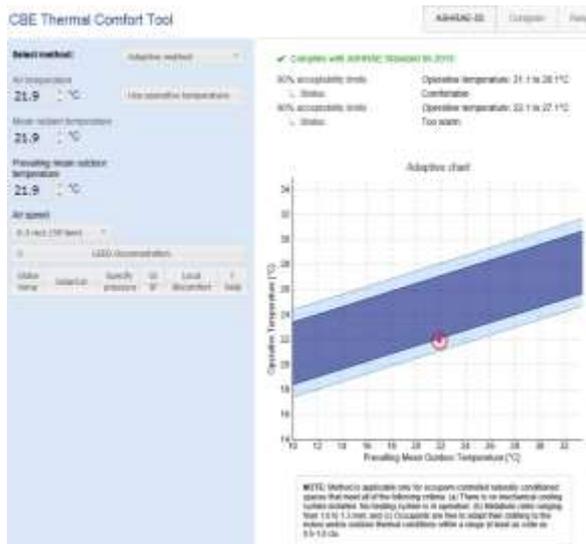


Figura 4.23a. CBE-Adap-L-6.30am - Lima

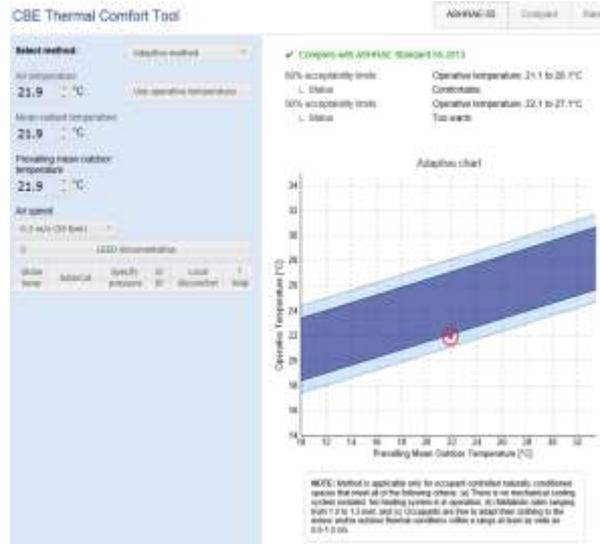


Figura 4.23b. CBE-Adap-L-7.00am - Pilcopata

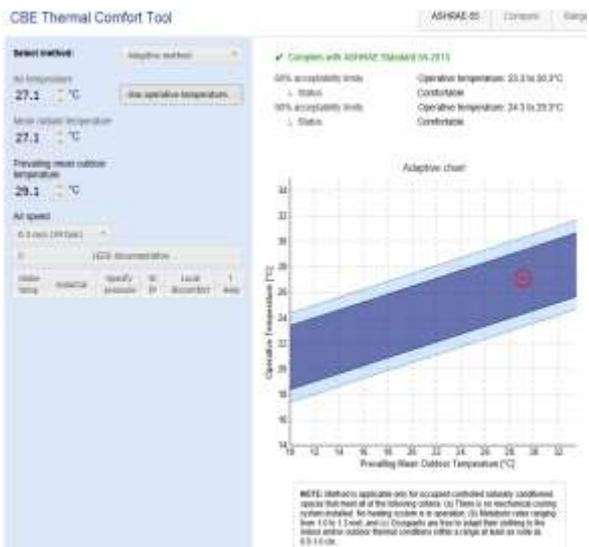


Figura 4.24a. CBE-Adap-L-1.00pm-Lima



Figura 4.24b. CBE-Adap-L-1.20pm-Pilcopata



Figura 4.25a. CBE-Adap-L-9.10pm-Lima

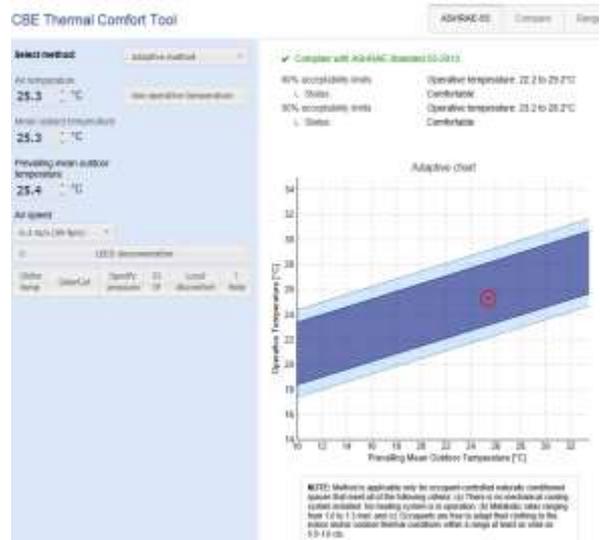


Figura 4.25b. CBE-Adap-L-9.30pm-Pilcopata

Estas 18 simulaciones individuales se sintetizan en la siguiente Tabla 4.5 Método Adaptativo CBE Thermal Comfort Tool - Resultados de la simulación para habitación local:

Tabla 4.5 Método Adaptativo CBE Thermal Comfort Tool - Resultados de la simulación para habitación local

Fecha	Método Adaptativo		Resultados					
	Variables evaluadas de acuerdo al estándar ASHRAE 55		Turno mañana		Turno tarde		Turno noche	
			Ocupante A	Ocupante B	Ocupante A	Ocupante B	Ocupante A	Ocupante B
Día 1 31-07- 2014	Estándar ASHRAE -55	Temperatura operativa	07:00 a.m. (Fig. FV.24b)	06:30:00 a.m. (Fig. FV.24a)	01:30:00 p.m. (Fig. FV.25b)	01:10 p.m. (Fig. FV.25a)	09:30:00 p.m. (Fig. FV.26b)	09:10:00 p.m. (Fig. FV.26a)
			Si cumple con estándar	Si cumple con estándar	Si cumple con estándar	Si cumple con estándar	Si cumple con estándar	Si cumple con estándar
			ASHRAE -55	ASHRAE -55	ASHRAE -55	ASHRAE -55	ASHRAE -55	ASHRAE -55
			80% acceptability limits	21.2 - 28.2 °C	21.2 - 28.2 °C	23.0 - 30.0 °C	23.0 - 30.0 °C	22.2 - 29.2 °C
Día 2 01-08- 2014	Estándar ASHRAE -55	Temperatura operativa	07:30 a.m. (Fig. FV.27b)	07:00 a.m. (Fig. FV.27a)	01:20:00 p.m. (Fig. FV.28b)	01:00 p.m. (Fig. FV.28a)	08:50:00 p.m. (Fig. FV.29b)	08:30:00 p.m. (Fig. FV.29a)
			No cumple con estándar	No cumple con estándar	Si cumple con estándar	Si cumple con estándar	Si cumple con estándar	Si cumple con estándar
			ASHRAE -55	ASHRAE -55	ASHRAE -55	ASHRAE -55	ASHRAE -55	ASHRAE -55
			80% acceptability limits	20.8 - 27.8 °C	20.8 - 27.8 °C	24.2 - 31.2 °C	24.2 - 31.2 °C	22.2 - 29.2 °C
Día 3 02-08- 2014	Estándar ASHRAE -55	Temperatura operativa	07:00 a.m. (Fig. FV.30b)	06:30:00 a.m. (Fig. FV.30a)	01:20:00 p.m. (Fig. FV.31b)	01:00 p.m. (Fig. FV.31a)	09:30:00 p.m. (Fig. FV.32b)	09:10:00 p.m. (Fig. FV.32a)
			Si cumple con estándar	Si cumple con estándar	Si cumple con estándar	Si cumple con estándar	Si cumple con estándar	Si cumple con estándar
			ASHRAE -55	ASHRAE -55	ASHRAE -55	ASHRAE -55	ASHRAE -55	ASHRAE -55
			80% acceptability limits	21.1 - 28.1 °C	21.1 - 28.1 °C	23.3 - 30.3 °C	23.3 - 30.3 °C	22.2 - 29.2 °C

De la Tabla 4.5 podemos indicar los siguientes resultados parciales por turnos y días, los resultados finales se exponen en el siguiente 4.1.1.4 Resultados de la simulación de la Habitación Local.

a) Resultados por turnos durante los tres días (Método adaptativo – habitación local)

Por las mañanas: La habitación local ofrece confort térmico en un 67%. El 67% de las muestras (con ocupante A y B) predice el estado del ambiente confortable (temperatura operativa) con el 80% de los límites

aceptabilidad. El 33% restante lo predice muy caliente. La habitación cumple con estándar ASHRAE 55, con el 80% de los límites aceptabilidad en más del 50%. Para el caso del 90 % de los límites de aceptabilidad, el 100 % de las muestras (con ocupante A y B) estima el estado del ambiente muy caliente (temperatura operativa).

Por las tardes: La habitación local ofrece confort térmico. El 100% de las muestras (con ocupante A y B) predice el estado del ambiente confortable (temperatura operativa), con el 80% de los límites aceptabilidad. La habitación cumple con estándar ASHRAE 55 por el método Adaptativo con el 80% de los límites aceptabilidad. Lo mismo resulta con el 90% de los límites aceptabilidad.

Por las noches: La habitación local ofrece confort térmico. El 100% de las muestras (con ocupante A y B) predicen el estado del ambiente confortable (temperatura operativa), con el 80% de los límites aceptabilidad. La habitación cumple con estándar ASHRAE 55 por el método Adaptativo con el 80% de los límites aceptabilidad. Lo mismo resulta con el 90% de los límites aceptabilidad.

b) Resultados por día (Método adaptativo – habitación local)

Día 1: La habitación local ofrece confort térmico todo el día. El 100% de las muestras (con ocupante A y B) predice el estado del ambiente confortable (temperatura operativa) con el 80% de los límites aceptabilidad. La habitación cumple con estándar ASHRAE 55 por el método Adaptativo con el 80% de los límites aceptabilidad.

Para el caso del 90 % de los límites de aceptabilidad, el 67% de las muestras (con ocupante A y B) predice el estado del ambiente confortable (temperatura operativa) por las tardes y noches, mientras que el 33 % restante lo estima muy caliente por las mañanas.

Día 2: La habitación local ofrece confort térmico en un 67 % del día. El 67% de las muestras (con ocupante A y B) predice el estado del ambiente confortable (temperatura operativa) con el 80% de los límites aceptabilidad por las tardes y noches. El 33 % restante estima el estado del ambiente muy caliente por las mañanas. La habitación cumple con estándar ASHRAE 55 por el método Adaptativo con el 80% de los límites aceptabilidad con más del 50 % de las muestras.

Para el caso del 90 % de los límites de aceptabilidad, el 67% de las muestras (con ocupante A y B) predice el estado del ambiente confortable (temperatura operativa) por las tardes y noches, mientras que el 33 % restante lo estima muy caliente por las mañanas.

Día 3: La habitación local ofrece confort térmico todo el día. El 100% de las muestras (con ocupante A y B) predice el estado del ambiente confortable (temperatura operativa) con el 80% de los límites aceptabilidad. La habitación cumple con estándar ASHRAE 55 por el método Adaptativo con el 80% de los límites aceptabilidad.

Para el caso del 90 % de los límites de aceptabilidad, el 67% de las muestras (con ocupante A y B) predice el estado del ambiente confortable (temperatura operativa) por las tardes y noches, mientras que el 33 % restante lo estima muy caliente por las mañanas.

4.1.1.2 Simulación, aplicación del CBE Thermal Comfort Tool – Evaluación del confort térmico en la edificación experimental.

Se aplicó el simulador CBE Thermal Comfort Tool, vía online durante los días 22 y 23 de mayo del 2015, mediante el siguiente enlace web: <http://comfort.cbe.berkeley.edu/>

Se aplicaron los dos métodos del simulador (PMV con velocidad elevada del aire y Confort Adaptativo) para la evaluación de las veintisiete muestras de la habitación de la edificación experimental (nueve muestras con ocupante A, nueve muestras con ocupante B y nueve muestras con ocupante C durante las tres fechas en los tres turnos).

Método PMV – habitación experimental

Para la aplicación del método PMV con velocidad elevada del aire se necesitaron los datos de los parámetros ambientales del interior de la habitación experimental (Tabla 3.33) y los parámetros personales de los ocupantes A, B y C en la habitación experimental (Tabla 3.34). Cada muestra estuvo compuesta por ambos parámetros, cuyos valores se fueron registrando en el simulador para su aplicación muestra por muestra. Evaluando las 27 muestras de la habitación experimental.

A continuación se exponen los resultados gráficos y numéricos individuales de cada muestra obtenida de manera instantánea por el simulador web:

Habitación experimental - Simulación método PMV, día 1: 31 de julio 2014



Figura 4.26a. CBE-PMV-EX-8.00am - MD



Figura 4.26b. CBE-PMV-EX-8.30am - Lima



Figura 4.26c. CBE-PMV-EX-10.00am - USA



Figura 4.27a. CBE-PMV-EX-2.00pm - USA

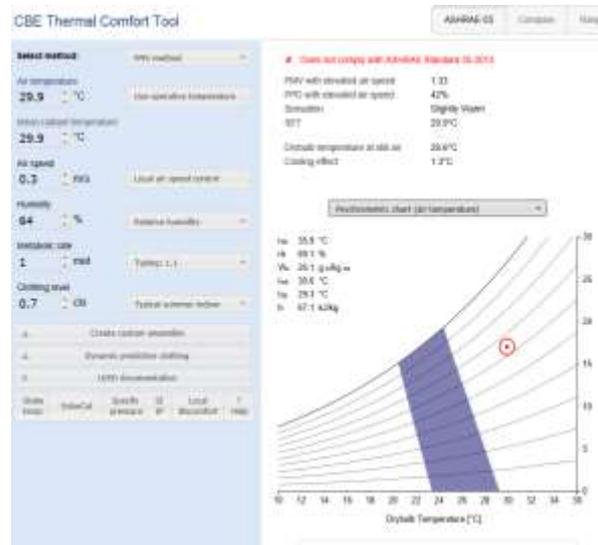


Figura 4.27b. CBE-PMV-EX-2.20pm - Lima



Figura 4.27c. CBE-PMV-EX-3.00pm - MD



Figura 4.28a. CBE-PMV-EX-6.30pm - Lima



Figura 4.28b. CBE-PMV-EX-6.50pm - MD



Figura 4.28c. CBE-PMV-EX-8.40pm - USA

Habitación experimental - Simulación método PMV, día 2: 1 de agosto 2014



Figura 4.29a. CBE-PMV-EX-9.10am - Lima



Figura 4.29b. CBE-PMV-EX-9.30am - Pilcopata

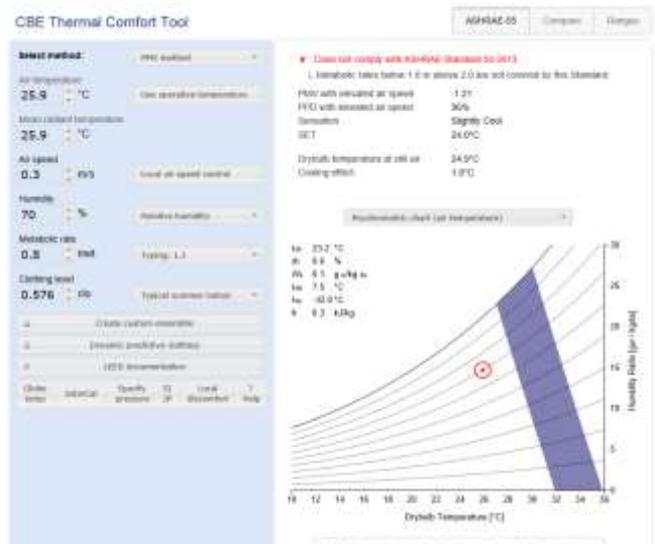


Figura 4.29c. CBE-PMV-EX-10.00am - USA



Figura 4.30a CBE-PMV-EX-2.00pm - USA



Figura 4.30b. CBE-PMV-EX-3.00pm - Lima



Figura 4.30c. CBE-PMV-EX-3.20pm - Pilcopata



Figura 4.31a. CBE-PMV-EX-6.10pm - Lima



Figura 4.31b. CBE-PMV-EX-6.30pm-Pilcopata



Figura 4.31c. CBE-PMV-EX-8.00pm - USA

Habitación experimental - Simulación método PMV, día 3: 2 de agosto 2014



Figura 4.32a. CBE-PMV-EX-8.00am - Lima

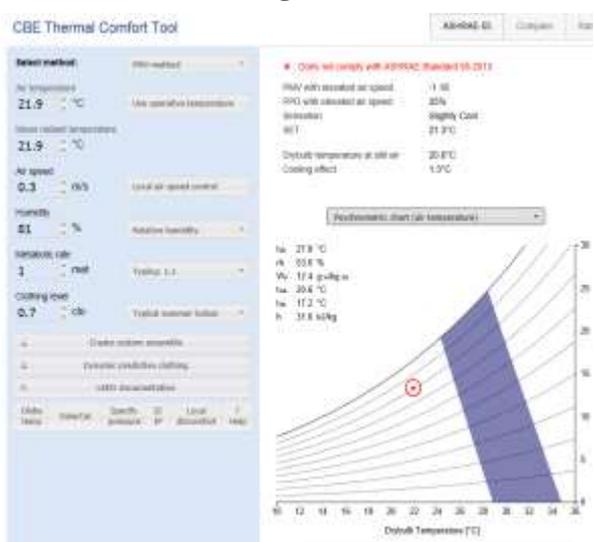


Figura 4.32b. CBE-PMV-EX-8.30am - Pilcopata



Figura 4.32c. CBE-PMV-EX-9.00am - USA



Figura 4.33a. CBE-PMV-EX-2.00pm - USA



Figura 4.33b. CBE-PMV-EX-2.20pm - Pilcopata



Figura 4.33c. CBE-PMV-EX-3.00pm - Lima



Figura 4.34a. CBE-PMV-EX-6.30pm - Lima



Figura 4.34b. CBE-PMV-EX-6.50pm - Pilcopata

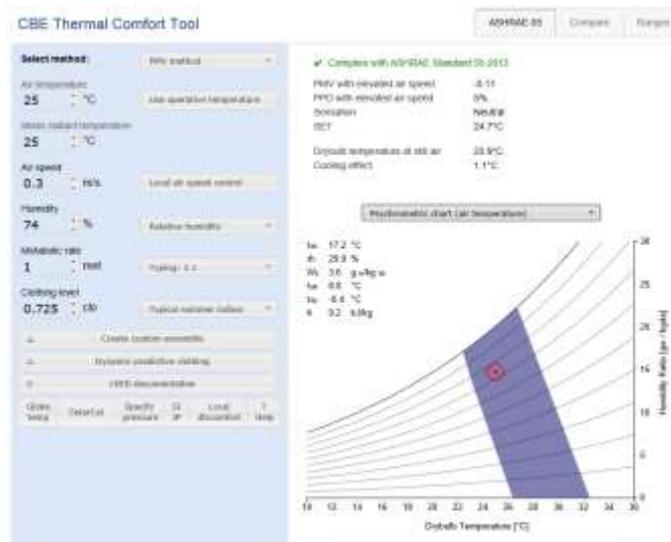


Figura 4.34c. CBE-PMV-EX-8.30pm - USA

Estas 27 simulaciones individuales se sintetizan en la siguiente Tabla 4.6 Método PMV CBE Thermal Comfort Tool - Resultados de la simulación para habitación experimental:

Tabla 4.6 Método PMV CBE Thermal Comfort Tool - Resultados de la simulación para habitación experimental.

Fecha	Método PMV Variables evaluadas de acuerdo al estándar ASHRAE 55	Resultados											
		Turno mañana				Turno tarde				Turno noche			
		Ocupante A	Ocupante B	Ocupante C	Ocupante A	Ocupante B	Ocupante C	Ocupante A	Ocupante B	Ocupante C	Ocupante A	Ocupante B	Ocupante C
Día 1 31-07-2014	08:00 a.m. (Fig. FV.35c)	08:30 a.m. (Fig. FV.35b)	10:00 a.m. (Fig. FV.35a)	03:00 p.m. (Fig. FV.36c)	02:20 p.m. (Fig. FV.36b)	02:00 p.m. (Fig. FV.36a)	06:50 p.m. (Fig. FV.37b)	06:30 p.m. (Fig. FV.37a)	08:40 p.m. (Fig. FV.37c)				
	Si cumple con estándar ASHRAE - 55												
	PMV con una velocidad elevada	0.00	0.00	0.00	1.33	1.33	1.36	0.45	0.49	0.49			
	PPD con una velocidad elevada	5%	5%	5%	42%	42%	43%	9%	10%	10%			
	Escala de sensación térmica	Neutral	Neutral	Neutral	ligeramente caliente	ligeramente caliente	ligeramente caliente	Neutral	Neutral	Neutral			
	SET	25.1°C	25.1°C	25.1°C	29.9°C	29.9°C	30.1°C	27.3°C	27.5°C	27.5°C			
	Temperatura de bulbo seco del aire quieto	24.5°C	24.5°C	24.5°C	28.6°C	28.6°C	28.6°C	24.3°C	24.3°C	24.3°C			
	Efecto de enfriamiento	1.1°C	1.1°C	1.1°C	1.3°C	1.3°C	1.3°C	1.5°C	1.5°C	1.5°C			
	09:30 a.m. (Fig. FV.38b)	09:10 a.m. (Fig. FV.38a)	10:00 a.m. (Fig. FV.38c)	03:20 p.m. (Fig. FV.39c)	03:00 p.m. (Fig. FV.39b)	02:00 p.m. (Fig. FV.39a)	06:30 p.m. (Fig. FV.40aB)	06:10 p.m. (Fig. FV.40a)	06:10 p.m. (Fig. FV.40c)				
	Si cumple con estándar ASHRAE - 55												
PMV con una velocidad elevada	0.35	0.35	-1.21	0.75	0.75	0.55	0.86	0.9	0.37				
PPD con una velocidad elevada	8%	8%	36%	17%	17%	11%	21%	22%	8%				
Escala de sensación térmica	Neutral	Neutral	ligeramente fresco	ligeramente caliente	ligeramente caliente	ligeramente caliente	ligeramente caliente	ligeramente caliente	Neutral				
SET	26.7°C	26.7°C	24.0°C	27.8°C	27.8°C	26.8°C	28.4°C	28.6°C	26.3°C				
Temperatura de bulbo seco del aire quieto	24.4°C	24.4°C	24.9°C	26.7°C	26.7°C	26.7°C	26.8°C	26.9°C	25.3°C				
Efecto de enfriamiento	1.5°C	1.5°C	1.0°C	1.3°C	1.3°C	1.3°C	1.3°C	1.2°C	1.1°C				
08:30 a.m. (Fig. FV.41b)	08:00 a.m. (Fig. FV.41a)	09:00 a.m. (Fig. FV.41c)	02:20:00 p.m. (Fig. FV.42b)	03:00 p.m. (Fig. FV.42c)	02:00 p.m. (Fig. FV.42a)	06:50 p.m. (Fig. FV.43b)	06:30 p.m. (Fig. FV.43a)	08:30 p.m. (Fig. FV.43c)					
Si cumple con estándar ASHRAE - 55													
PMV con una velocidad elevada	-1.18	-1.11	-1.6	1.68	1.68	1.7	0.29	0.32	-0.11				
PPD con una velocidad elevada	35%	31%	56%	60%	60%	62%	7%	7%	5%				
Escala de sensación térmica	ligeramente fresco	ligeramente fresco	fresco	caliente	caliente	caliente	Neutral	Neutral	Neutral				
SET	21.3°C	21.3°C	20.3°C	31.0°C	31.0°C	31.2°C	25.9°C	26.1°C	24.7°C				
Temperatura de bulbo seco del aire quieto	20.6°C	20.6°C	20.6°C	29.6°C	29.6°C	29.6°C	25.2°C	25.2°C	23.9°C				
Efecto de enfriamiento	1.3°C	1.3°C	1.4°C	1.4°C	1.4°C	1.4°C	1.1°C	1.1°C	1.1°C				

De la Tabla 4.6 podemos indicar los siguientes resultados parciales por turnos y días, los resultados finales se exponen en el siguiente numeral 4.1.1.5 Resultados de la simulación de la Habitación Experimental,

a) Resultados por turnos durante los tres días (Método PMV – habitación experimental)

Por las mañanas: La habitación experimental ofrece confort térmico en un 55%. El 55 % de las muestras (con ocupante A, B y C) predicen el ambiente neutral. El 33% de las muestras predicen el ambiente ligeramente fresco y el 11% de las muestras (con ocupante C), predice el ambiente fresco. La habitación cumple con estándar ASHRAE 55 por el método PMV con más del 50%.

Por las tardes: La habitación experimental no ofrece confort térmico. El 67% de las muestras (con ocupante A, B y C) predicen el ambiente ligeramente caliente. El otro 33 % (con ocupante A, B y C), predice el ambiente caliente. La habitación no cumple con estándar ASHRAE 55 por el método PMV.

Por las noches: La habitación experimental ofrece confort térmico en un 78%. El 78% de las muestras (con ocupante A, B y C) predicen el ambiente neutral. La habitación si cumple con el estándar ASHRAE 55. Solo el 22 % de las muestras (con ocupante A y B) predicen el ambiente ligeramente caliente.

b) Resultados por día (Método PMV – habitación experimental)

Día 1: La habitación experimental ofrece confort térmico por las mañanas y noches. Representa el 67% de las muestras (con ocupante A, B y C) que predicen el ambiente neutral y que si cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método PMV.

El 33% de las muestras (con ocupante A, B y C) predicen el ambiente ligeramente caliente por las tardes. No cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método PMV.

Día 2: La habitación experimental no ofrece confort térmico durante el día en un 66%. El 55% de las muestras (con ocupante A, B y C) predicen el ambiente ligeramente caliente por las tardes y la noche, y el 11 % (con ocupante C) predice el ambiente ligeramente fresco por las mañanas. Por lo que no cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método PMV.

Solo el 33 % de las muestras predicen el ambiente neutral, por las mañanas (con ocupante A y B) y por las noches (con ocupante C).

Día 3: La habitación experimental no ofrece confort térmico durante el día en un 66%. El 33% de las muestras (con ocupante A, B y C) predicen el ambiente caliente por las tardes, el 22% (con ocupante A y B) predicen el ambiente ligeramente fresco por las mañanas, y el 11 % (con ocupante C) predice el ambiente ligeramente fresco por las mañanas. Por lo que no cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método PMV.

Solo el 33 % de las muestras predicen el ambiente neutral, por las noches (con ocupante A, B y C).

Método Adaptativo – habitación experimental

Para la aplicación del método adaptativo se necesitaron las variables de temperatura del aire y temperatura media radiante del interior del ambiente (Tabla 3.33) y la temperatura del aire del exterior (Tabla 3.32). Cada muestra estuvo compuesta por las 3 variables, cuyos valores se fueron registrando en el simulador muestra por muestra. Evaluando las 27 muestras de la habitación experimental.

A continuación se exponen los resultados gráficos y numéricos individuales de cada muestra obtenida de manera instantánea por el simulador web:

Habitación experimental - Simulación método Adaptativo, día 1: 31 de julio 2014

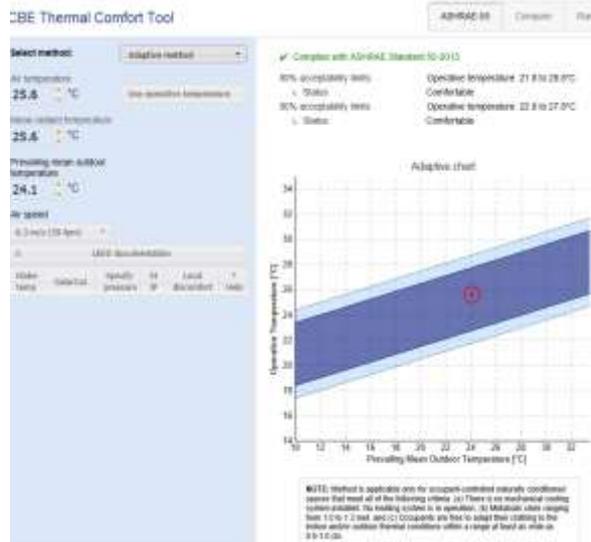


Figura 4.35a. CBE-Adap-EX-8.00am - MD

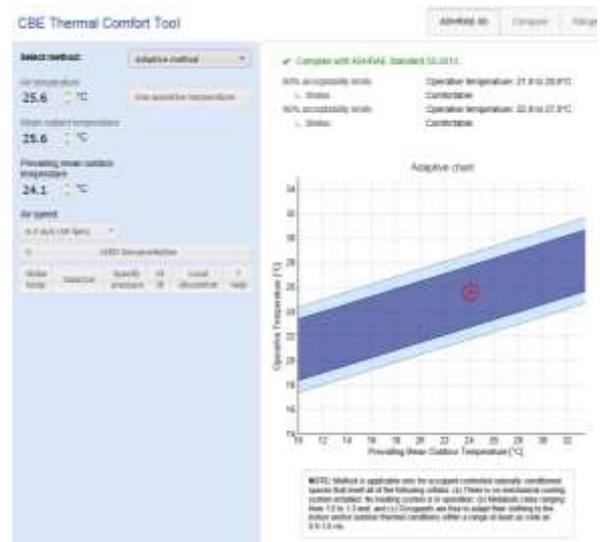


Figura 4.35b. CBE-Adap-EX-8.30am - Lima

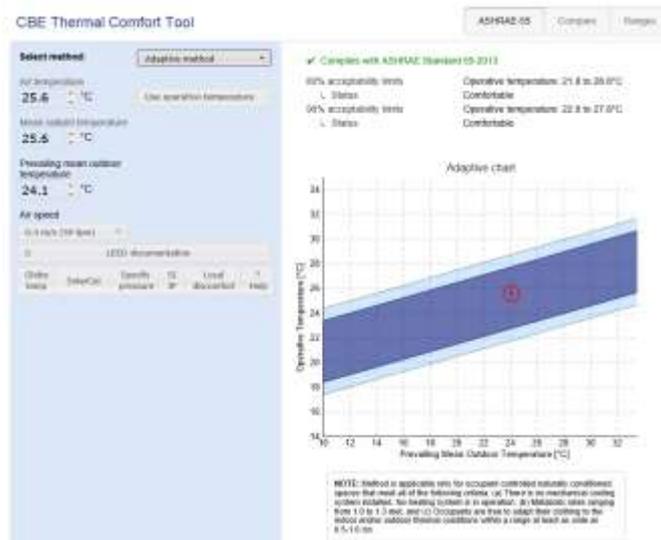


Figura 4.35c CBE-Adaptive-EX-10.00am - USA



Figura 4.36a CBE-Adap-EX-2.00pm - USA



Figura 4.36b. CBE-Adap-EX-2.20pm - Lima



Figura 4.36c. CBE-Adaptive-EX-3.00pm - MD

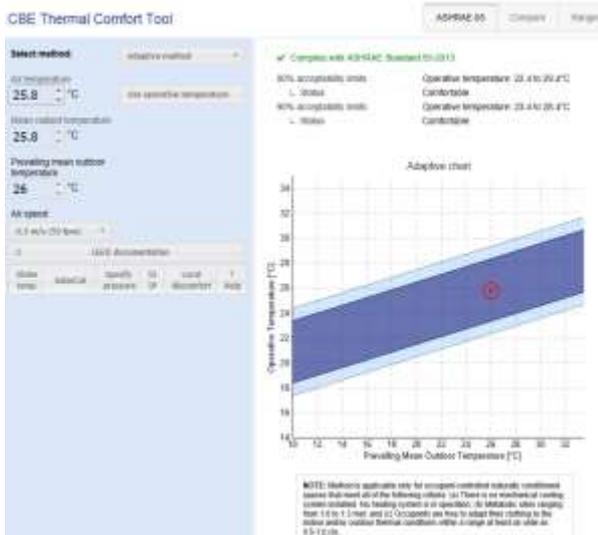


Figura 4.37a. CBE-Adap-EX-6.30pm - Lima



Figura 4.37b. CBE-Adap-EX-6.50pm - MD



Figura 4.37c. CBE-Adaptive-EX-8.40pm - USA

Habitación experimental - Simulación método Adaptativo, día 2: 1 de agosto 2014



Figura 4.38a. CBE-Adap-EX-9.10am - Lima



Figura 4.38b. CBE-Adap-EX-9.30am - Pilcopata



Figura 4.38c. CBE-Adaptive-EX-10.00am - USA

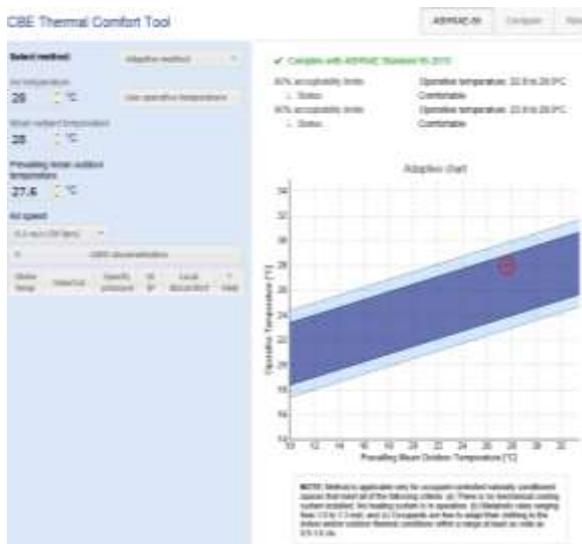


Figura 4.39a. CBE-Adap-EX-2.00pm - USA



Figura 4.39b. CBE-Adap-EX-3.00pm - Lima



Figura 4.39c CBE- Adap-EX-3.20pm - Pilcopata



Figura 4.40a. CBE-Adap-EX-6.10pm - Lima Pilcopata



Figura 4.40b. CBE-Adap-EX-6.30pm - Pilcopata

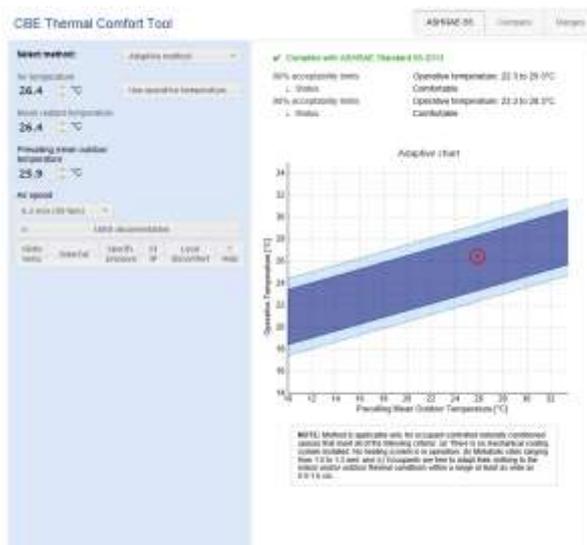


Figura 4.40c. CBE-Adaptative-EX-8.00pm - USA

Habitación experimental - Simulación método Adaptativo, día 3: 2 de agosto 2014



Figura 4.41a. CBE-Adap-EX-8.00am-Lima

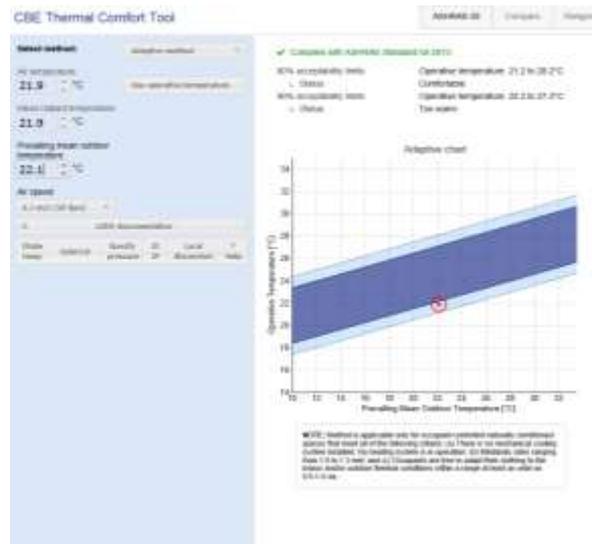


Figura 4.41b. CBE-Adap-EX-8.30am-



Figura 4.41c CBE-Adaptive-EX-9.00am-USA



Figura 4.42a. CBE-Adap-EX-2.00pm-USA



Figura 4.42b. CBE-Adap-EX-2.20pm Pilcopata



Figura 4.42c CBE-Adaptive-EX-3.00pm-lima

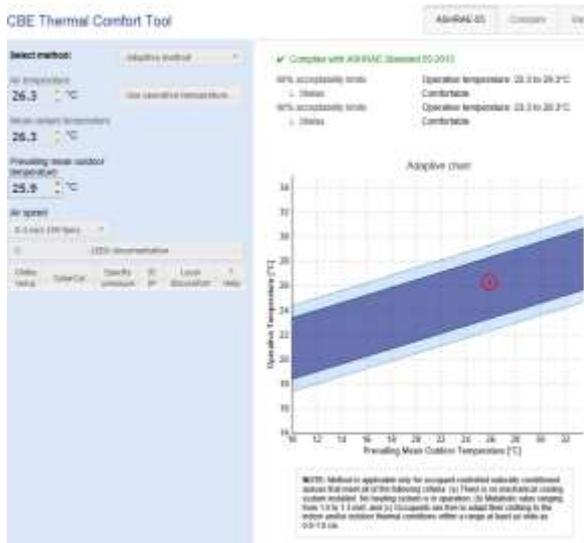


Figura 4.43a. CBE-Adap-EX-6.30pm-Lima



Figura 4.43b. CBE-Adap-EX-6.50pm-Pilcopata



Figura 4.43c. CBE-Adaptive-EX-8.30pm-USA

Estas 27 simulaciones individuales se sintetizan en la siguiente Tabla 4.7 Método Adaptativo CBE Thermal Comfort Tool - Resultados de la simulación para habitación experimental:

Tabla 4.7 Método Adaptativo CBE Thermal Comfort Tool - Resultados de la simulación para habitación experimental

Fecha	Método Adaptativo	Resultados													
		Turno mañana						Turno tarde						Turno noche	
		Occupante A	Occupante B	Occupante C	Occupante A	Occupante B	Occupante C	Occupante A	Occupante B	Occupante C	Occupante A	Occupante B	Occupante C		
Día 1 31-07-2014	Variables evaluadas de acuerdo al estándar ASHRAE 55	08:30 a.m. (Fig. FV.41a)	08:30:00 a.m. (Fig. FV.41b)	10:00:00 a.m. (Fig. FV.41c)	03:00 p.m. (Fig. FV.45a)	02:20 p.m. (Fig. FV.45b)	02:20 p.m. (Fig. FV.45b)	06:30:00 p.m. (Fig. FV.46b)	06:30:00 p.m. (Fig. FV.46b)	02:20 p.m. (Fig. FV.45b)	02:20 p.m. (Fig. FV.45b)	06:30:00 p.m. (Fig. FV.46b)	06:30:00 p.m. (Fig. FV.46b)	08:30:00 p.m. (Fig. FV.46c)	
	Estándar ASHRAE 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	
	90% acceptability limits	21.8 - 28.8 °C	21.8 - 28.8 °C	21.8 - 28.8 °C	23.3 - 30.3 °C	23.3 - 30.3 °C	23.3 - 30.3 °C	22.2 - 29.4 °C	22.2 - 29.4 °C	23.3 - 30.3 °C	23.3 - 30.3 °C	22.2 - 29.4 °C	22.2 - 29.4 °C	22.4 - 29.4 °C	
	Status	confortable													
	90% acceptability limits	21.8 - 28.8 °C	21.8 - 28.8 °C	22.8 - 27.8 °C	24.3 - 29.3 °C	24.3 - 29.3 °C	24.3 - 29.3 °C	23.4 - 28.4 °C	23.4 - 28.4 °C	24.3 - 29.3 °C	24.3 - 29.3 °C	23.4 - 28.4 °C	23.4 - 28.4 °C	23.4 - 28.4 °C	
	Status	confortable	confortable	confortable	muy caliente	muy caliente	muy caliente	confortable	confortable	muy caliente	muy caliente	confortable	confortable	confortable	
Día 2 01-08-2014	Variables evaluadas de acuerdo al estándar ASHRAE 55	09:30 a.m. (Fig. FV.47b)	09:10:00 a.m. (Fig. FV.47a)	10:00:00 a.m. (Fig. FV.47c)	03:00 p.m. (Fig. FV.45c)	02:20 p.m. (Fig. FV.45b)	02:20 p.m. (Fig. FV.45b)	06:30:00 p.m. (Fig. FV.46b)	06:30:00 p.m. (Fig. FV.46b)	03:00 p.m. (Fig. FV.51c)	03:00 p.m. (Fig. FV.51c)	06:30:00 p.m. (Fig. FV.46b)	06:30:00 p.m. (Fig. FV.46b)	08:30:00 p.m. (Fig. FV.46c)	
	Estándar ASHRAE 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 54	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 56	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 54	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 54	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 54	Si cumple con estándar ASHRAE - 55				
	90% acceptability limits	22.3 - 29.3 °C	22.3 - 29.3 °C	22.3 - 29.3 °C	22.9 - 29.9 °C	22.3 - 29.3 °C									
	Status	confortable													
	90% acceptability limits	23.3 - 28.3 °C	23.3 - 28.3 °C	23.3 - 28.3 °C	23.9 - 28.9 °C	23.3 - 28.3 °C									
	Status	confortable													
Día 3 02-08-2014	Variables evaluadas de acuerdo al estándar ASHRAE 55	08:30:00 a.m. (Fig. FV.50b)	08:00:00 a.m. (Fig. FV.50a)	09:00:00 a.m. (Fig. FV.50c)	02:20 p.m. (Fig. FV.51b)	03:00 p.m. (Fig. FV.51c)	03:00 p.m. (Fig. FV.51c)	06:30:00 p.m. (Fig. FV.52b)	06:30:00 p.m. (Fig. FV.52b)	02:20 p.m. (Fig. FV.51b)	02:20 p.m. (Fig. FV.51b)	06:30:00 p.m. (Fig. FV.52b)	06:30:00 p.m. (Fig. FV.52b)	08:30:00 p.m. (Fig. FV.52c)	
	Estándar ASHRAE 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 54	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 54	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	Si cumple con estándar ASHRAE - 54	Si cumple con estándar ASHRAE - 55	
	90% acceptability limits	21.2 - 28.2 °C	21.2 - 28.2 °C	21.2 - 28.2 °C	24.0 - 31.0 °C	24.0 - 31.0 °C	24.0 - 31.0 °C	22.3 - 29.3 °C	22.3 - 29.3 °C	24.0 - 31.0 °C	24.0 - 31.0 °C	22.3 - 29.3 °C	22.3 - 29.3 °C	22.1 - 29.1 °C	
	Status	confortable													
	90% acceptability limits	22.2 - 27.2 °C	22.2 - 27.2 °C	22.2 - 27.2 °C	25.0 - 30.0 °C	25.0 - 30.0 °C	25.0 - 30.0 °C	23.3 - 28.3 °C	23.3 - 28.3 °C	25.0 - 30.0 °C	25.0 - 30.0 °C	23.3 - 28.3 °C	23.3 - 28.3 °C	23.1 - 28.1 °C	
	Status	muy caliente	confortable	confortable	muy caliente	muy caliente	confortable	confortable	confortable						

De la Tabla 4.7 podemos indicar los siguientes resultados parciales por turnos y días, los resultados finales se exponen en el siguiente numeral 4.1.1.5 Resultados de la simulación de la Habitación Experimental.

a) **Resultados por turnos durante los tres días** (Método Adaptativo – habitación experimental)

Por las mañanas: La habitación experimental ofrece confort térmico. El 100% de las muestras (con ocupante A, B y C) predice el estado del ambiente comfortable (temperatura operativa), con el 80% de los límites aceptabilidad. La habitación cumple con estándar ASHRAE 55 por el método Adaptativo con el 80% de los límites aceptabilidad.

Para el caso del 90 % de los límites de aceptabilidad, el 67% de las muestras (con ocupante A, B y C) predice el estado del ambiente comfortable (temperatura operativa), mientras que el 33 % restante lo estima muy caliente.

Por las tardes: La habitación experimental ofrece confort térmico. El 100% de las muestras (con ocupante A, B y C) predice el estado del ambiente comfortable (temperatura operativa) con el 80% de los límites aceptabilidad. La habitación cumple con estándar ASHRAE 55 por el método Adaptativo con el 80% de los límites aceptabilidad.

Para el caso del 90 % de los límites de aceptabilidad, el 33% de las muestras (con ocupante A, B y C) predice el estado del ambiente comfortable (temperatura operativa), mientras que el 67 % restante lo estima muy caliente.

Por las noches: La habitación experimental ofrece confort térmico. El 100% de las muestras (con ocupante A, B y C) predice el estado del ambiente comfortable (temperatura operativa) con el 80% de los límites aceptabilidad. La habitación cumple con estándar ASHRAE 55 por el

método Adaptativo con el 80% de los límites aceptabilidad. Lo mismo resulta para el caso del 90 % de los límites de aceptabilidad.

b) **Resultados por día** (Método Adaptativo – habitación experimental)

Día 1: La habitación experimental ofrece confort térmico todo el día. El 100% de las muestras (con ocupante A, B y C) predice el estado del ambiente confortable (temperatura operativa) con el 80% de los límites aceptabilidad. La habitación cumple con estándar ASHRAE 55 por el método Adaptativo con el 80% de los límites aceptabilidad.

Para el caso del 90 % de los límites de aceptabilidad, el 67% de las muestras (con ocupante A, B y C) predice el estado del ambiente confortable (temperatura operativa) por las mañanas y noches, mientras que el 33 % restante lo estima muy caliente por las tardes.

Día 2: La habitación experimental ofrece confort térmico todo el día. El 100% de las muestras (con ocupante A, B y C) predice el estado del ambiente confortable (temperatura operativa) con el 80% de los límites aceptabilidad. La habitación cumple con estándar ASHRAE 55 por el método Adaptativo con el 80% de los límites aceptabilidad. Lo mismo resulta para el 90% de los límites de aceptabilidad.

Día 3: La habitación experimental ofrece confort térmico todo el día. El 100% de las muestras (con ocupante A, B y C) predice el estado del ambiente confortable (temperatura operativa) con el 80% de los límites aceptabilidad. La habitación cumple con estándar ASHRAE 55 por el método Adaptativo con el 80% de los límites aceptabilidad.

Para el caso del 90 % de los límites de aceptabilidad, el 33% de las muestras (con ocupante A, B y C) predice el estado del ambiente confortable (temperatura operativa) por las noches, mientras que el 67 % restante lo estima muy caliente por las mañanas y tardes.

4.1.1.3 Comparación de condiciones de confort entre habitación local y habitación experimental.

Comparación por el método PMV- aplicación del CBE Thermal Comfort Tool

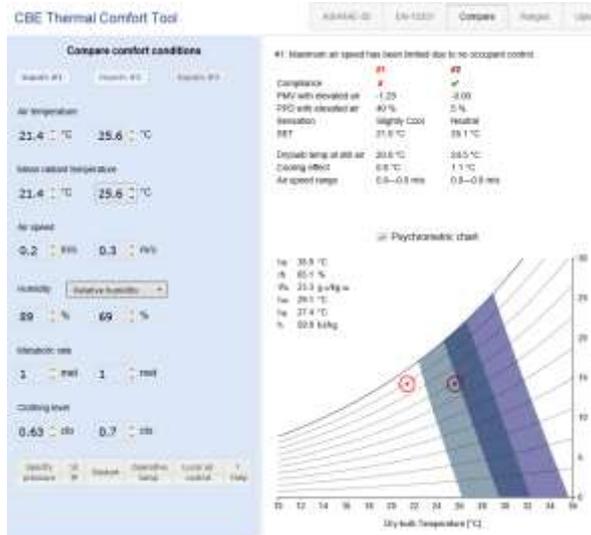
Se utilizó la aplicación de “comparación de condiciones de confort” del simulador CBE Thermal Comfort Tool, formulada bajo el modelo de predicción PMV, con el objetivo de comparar las condiciones de confort resultantes entre la habitación local y la experimental de manera instantánea, corroborando los resultados individuales de cada muestra. La comparación se efectuó por turno de cada día considerando el mismo tipo de ocupante en cada una de las habitaciones. Se tomó en cuenta los ocupantes A y B para cada habitación, haciendo un total de 18 muestras comparativas instantáneas.

La aplicación consta de 3 inputs donde se registran los datos de los ambientes a comparar, para el presente estudio se utilizaron el input #1 y el input # 2. En input # 1 se registraron los datos de los parámetros físicos ambientales (Tabla 3.29) y los parámetros personales (Tabla 3.30) de la habitación local con el tipo de ocupante y en input #2 los datos de los parámetros físicos ambientales (Tabla 3.33) y los parámetros personales (Tabla 3.34) de la habitación experimental con el tipo de ocupante.

En los gráficos para input #1 (habitación local) aparece un círculo rojo claro, para input # 2 (habitación experimental) aparece un círculo rojo más oscuro.

A continuación se presentan los gráficos comparativos obtenidos por el simulador de las condiciones de confort entre las habitaciones local y la habitación experimental, por turno de cada día considerando el mismo tipo de ocupante, resultados que concuerdan con los de las muestras individuales:

Comparación condiciones de confort - Habitación local frente habitación experimental, día 1: 31 de julio 2014



4.44a

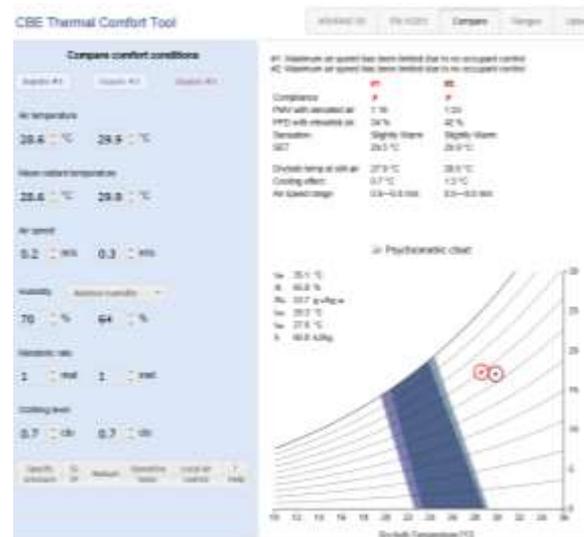


4.44b

Figura 4.44a. CBE-PMV Local-Experimental-ocupante A – mañana 31-07
 Figura 4.44b. CBE-PMV Local-Experimental-ocupante B – mañana 31-07



4.45a

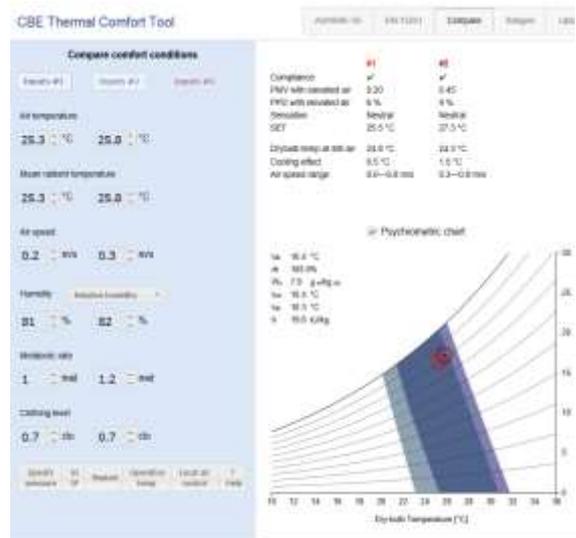


4.45b

Figura 4.45a. CBE-PMV Local-Experimental-ocupante A – tarde 31-07
 Figura 4.45b. CBE-PMV Local-Experimental-ocupante B – tarde 31-07



4.46a



4.46b

Figura 4.46a. CBE-PMV Local-Experimental-ocupante A – noche 31-07

Figura 4.46b. CBE-PMV Local-Experimental-ocupante B – noche 31-07

Comparación condiciones de confort - Habitación local frente habitación experimental, día 2: 1 de agosto 2014



4.47a



4.47b

Figura 4.47a. CBE-PMV Local-experimental-ocupante A – mañana 01-08

Figura 4.47b. CBE-PMV Local-experimental-ocupante B – mañana 01-08



4.48a



4.48b

Figura 4.48a. CBE-PMV Local-experimental-ocupante A – tarde 01-08
 Figura 4.48b. CBE-PMV Local-experimental-ocupante B – tarde 01-08



4.49a



4.49b

Figura 4.49a. CBE-PMV Local-experimental-ocupante A – noche 01-08
 Figura 4.49b. CBE-PMV Local-experimental-ocupante B – noche 01-08

Comparación condiciones de confort - Habitación local frente habitación experimental, día 2: 1 de agosto 2014



4.50a



4.50b

Figura 4.50a. CBE-PMV Local-experimental - ocupante A – mañana 02-08

Figura 4.50b. CBE-PMV Local-experimental - ocupante B – mañana 02-08



4.51a



4.51b

Figura 4.51a. CBE-PMV Local-experimental-ocupante A – tarde 02-08

Figura 4.51b. CBE-PMV Local-experimental-ocupante B – tarde 02-08



4.52a



4.52b

Figura 4.52a. CBE-PMV Local-experimental-ocupante A – noche 02-08

Figura 4.52b. CBE-PMV Local-experimental-ocupante B – noche 02-08

Estos gráficos nos permiten visualizar las condiciones de confort de cada una de las habitaciones y compararlas de manera numérica, gráfica e instantánea, facilitando el entendimiento de los resultados. Se comprueba del mismo modo los gráficos independientes para cada habitación.

Finalmente se presenta la siguiente Tabla 4.8, síntesis, comparativa de las condicionantes de confort entre la habitación local y experimental obtenidas por el método PMV de CBE Thermal Comfort Tool, compuesto por los resultados de las muestras individuales expuestas en la Tabla 4.4 para la habitación local y Tabla 4.6 para la habitación experimental, ratificadas por la aplicación de comparación del simulador.

Tabla 4.8 Comparación de condiciones confort CBE Thermal Comfort Tool Método PMV - habitación local frente habitación experimental

Fecha	Método PMV	Comparación de resultados - tabla TV 9 para habitación local y tabla TV 15 para habitación experimental														
		Turno mañana				Turno tarde				Turno noche						
Hora / Fig.	Variables evaluadas de acuerdo al estándar ASHRAE -55	Habitación experimental		Habitación local		Habitación experimental		Habitación local		Habitación experimental		Habitación local				
		Occupante A	Occupante B	Occupante A	Occupante B	Occupante A	Occupante B	Occupante A	Occupante B	Occupante A	Occupante B	Occupante A	Occupante B			
Dia 1 (31-07-2014)	Estándar ASHRAE -55	Si cumple con estándar ASHRAE -55		No cumple con estándar ASHRAE -55		No cumple con estándar ASHRAE -55		No cumple con estándar ASHRAE -55		No cumple con estándar ASHRAE -55		No cumple con estándar ASHRAE -55				
		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		
	Escala de sensación térmica	Neutral		Iperamente fresco		Iperamente caliente		Iperamente caliente		Iperamente caliente		Iperamente caliente		Neutral		
		SET		SET		SET		SET		SET		SET		SET		
	Temperatura de bulbo seco del aire quieto	21.0°C		20.8°C		21.6°C		20.8°C		21.6°C		20.8°C		21.6°C		
		20.8°C		20.8°C		20.8°C		20.8°C		20.8°C		20.8°C		20.8°C		
	Efecto de enfriamiento	0.6°C		1.1°C		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.5°C		
		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.5°C		
	Dia 2 (01-08-2014)	Estándar ASHRAE -55	Si cumple con estándar ASHRAE -55		No cumple con estándar ASHRAE -55		Si cumple con estándar ASHRAE -55									
			PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada	
		Escala de sensación térmica	Neutral		Iperamente fresco		Neutral									
			SET		SET		SET		SET		SET		SET		SET	
Temperatura de bulbo seco del aire quieto		20.5°C		26.7°C		20.5°C		20.5°C		20.5°C		20.5°C		25.9°C		
		20.5°C		20.5°C		20.5°C		20.5°C		20.5°C		20.5°C		25.9°C		
Efecto de enfriamiento		0.6°C		1.5°C		0.7°C		0.7°C		0.7°C		0.5°C		0.5°C		
		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.5°C		
Dia 3 (02-08-2014)		Estándar ASHRAE -55	Si cumple con estándar ASHRAE -55		No cumple con estándar ASHRAE -55		Si cumple con estándar ASHRAE -55									
			PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada		PMV con una velocidad elevada	
		Escala de sensación térmica	Iperamente fresco		Iperamente fresco		Neutral									
			SET		SET		SET		SET		SET		SET		SET	
	Temperatura de bulbo seco del aire quieto	21.4°C		21.3°C		21.0°C		21.0°C		21.0°C		21.0°C		25.7°C		
		21.4°C		21.4°C		21.4°C		21.4°C		21.4°C		21.4°C		25.7°C		
	Efecto de enfriamiento	0.6°C		1.3°C		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.5°C		0.5°C		
		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.6°C		0.5°C		

De la Tabla 4.8 podemos indicar los siguientes resultados parciales por turnos y días, los resultados finales se exponen en el siguiente numeral 4.1.1.6 Resultados de la comparación de condiciones de confort entre habitación local y habitación experimental.

a) Comparación de resultados por turnos durante los tres días (Método PMV – habitación local vs habitación experimental)

Por las mañanas: La habitación experimental ofrece confort térmico con más del 50% de las muestras, mientras que la habitación local no. De las 6 muestras comparativas, 4 (67%) demostraron condiciones de confort térmico favorable para la habitación experimental, con estimación del ambiente neutral, frente a la habitación local con el ambiente ligeramente fresco, desfavorable.

Por las tardes: Ninguna habitación ofrece confort térmico. Se estiman ambientes ligeramente calientes y calientes.

Por las mañanas: Ambas habitaciones ofrecen confort térmico con más del 50%. De las 6 muestras comparativas, 4 (67%) demostraron condiciones de confort térmico favorable para la habitación experimental y 5 (83%) para la habitación local. Nótese que en el segundo día la habitación experimental no ofrece confort térmico, mientras que la habitación local sí.

b) Resultados por día (Método PMV – habitación local vs habitación experimental)

Día 1: La habitación experimental ofrece confort térmico con más del 50% de las muestras, mientras que la habitación local no. De las 6 muestras comparativas, 4 (67%) demostraron condiciones de confort térmico favorable para la habitación experimental, con estimación del ambiente neutral por las mañanas y noches, frente a la habitación local con estimación del ambiente ligeramente fresco y caliente, y solo una muestra (11%) por la noche estimo el ambiente neutral.

Día 2: La habitación experimental ofrece confort térmico con más del 50% de las muestras, mientras que la habitación local no. De las 6 muestras comparativas, 4 (67%) demostraron condiciones de confort térmico favorable en habitación experimental, con estimación del ambiente neutral por las mañanas y noches, frente a la habitación local con estimación del ambiente ligeramente fresco y caliente, solo dos muestras (33%) por la noche estimo el ambiente neutral.

Día 3: Ambas habitaciones solo ofrecen confort térmico en un 33 % y por las noches.

Comparación por el método Adaptativo

Se presenta la siguiente Tabla 4.9, síntesis, comparativa de las condicionantes de confort entre la habitación local y experimental obtenidas por el método Adaptativo de CBE Thermal Comfort Tool, compuesta por los resultados de las muestras individuales expuestas en las Tabla 4.5 para la habitación local y la Tabla 4.7 para la habitación experimental.

Tabla 4.9 Comparación confort Método Adaptativo CBE Thermal Comfort Tool - habitación local y habitación experimental

Fecha	Método Adaptativo	Comparación de resultados - tabla TV.10 para habitación local y tabla TV.16 para habitación experimental																	
		Turno mañana				Turno tarde				Turno noche									
		Habitación local experimental	Habitación local	Habitación experimental	Occupante A	Habitación local experimental	Habitación local	Habitación experimental	Occupante B	Habitación local experimental	Habitación local	Habitación experimental	Occupante A	Habitación local experimental	Habitación local	Habitación experimental	Occupante B		
Día 1 31-07-2014	Variables evaluadas de acuerdo al estándar ASHRAE 55	Estandar ASHRAE - 55	07:00 a.m. (Fig. FV.24b)	Si cumple con estándar ASHRAE -55	21.2 - 28.2 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable		
			08:30 a.m. (Fig. FV.44a)	Si cumple con estándar ASHRAE -55	21.8 - 28.8 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	
			06:30:00 a.m. (Fig. FV.24a)	Si cumple con estándar ASHRAE -55	21.2 - 28.2 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable
			06:30:00 a.m. (Fig. FV.44b)	Si cumple con estándar ASHRAE -55	21.8 - 28.8 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable
			01:30:00 p.m. (Fig. FV.25b)	Si cumple con estándar ASHRAE -55	23.0 - 30.0 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable
			01:30:00 p.m. (Fig. FV.45c)	Si cumple con estándar ASHRAE -53	23.3 - 30.3 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable
Día 2 01-08-2014	Variables evaluadas de acuerdo al estándar ASHRAE 55	Estandar ASHRAE - 55	07:30 a.m. (Fig. FV.27b)	No cumple con estándar ASHRAE -55	20.8 - 27.8 °C	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente		
			09:30 a.m. (Fig. FV.47b)	Si cumple con estándar ASHRAE -54	22.3 - 29.3 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable		
			07:00 a.m. (Fig. FV.27a)	No cumple con estándar ASHRAE -55	20.8 - 27.8 °C	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	muy caliente	
			09:10:00 a.m. (Fig. FV.47a)	Si cumple con estándar ASHRAE -55	22.3 - 29.3 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	
			01:20:00 p.m. (Fig. FV.28b)	Si cumple con estándar ASHRAE -55	24.2 - 31.2 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	
			01:20:00 p.m. (Fig. FV.48c)	Si cumple con estándar ASHRAE -55	22.9 - 29.9 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	
Día 3 02-08-2014	Variables evaluadas de acuerdo al estándar ASHRAE 55	Estandar ASHRAE - 55	07:00 a.m. (Fig. FV.30b)	Si cumple con estándar ASHRAE -55	21.1 - 28.1 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable		
			08:30:00 a.m. (Fig. FV.50b)	Si cumple con estándar ASHRAE -55	21.2 - 28.2 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable		
			06:30:00 a.m. (Fig. FV.30a)	Si cumple con estándar ASHRAE -55	21.1 - 28.1 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable		
			08:10:00 a.m. (Fig. FV.50a)	Si cumple con estándar ASHRAE -55	21.2 - 28.2 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable		
			01:20:00 p.m. (Fig. FV.31b)	Si cumple con estándar ASHRAE -55	23.3 - 30.3 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable		
			01:20:00 p.m. (Fig. FV.51b)	Si cumple con estándar ASHRAE -55	24.0 - 31.0 °C	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable	confortable		

De la Tabla 4.9 podemos indicar los siguientes resultados parciales por turnos y días, los resultados finales se exponen en el siguiente numeral 4.1.1.6 Resultados de la comparación de condiciones de confort entre habitación local y habitación experimental.

a) Comparación de resultados por turnos durante los tres días (Método Adaptativo – habitación local vs habitación experimental)

- Por las mañanas: Con el 80% de los límites de aceptabilidad, la habitación experimental ofrece confort térmico en un 100% y la habitación local en un 67%.
Con el 90% de los límites de aceptabilidad, de las 6 muestras, 4 (67%) demostraron condiciones confortables en la habitación experimental mientras que en la habitación local ninguna.
- Por las tardes: Con el 80% de los límites de aceptabilidad, ambas habitaciones ofrecen confort térmico.
Con el 90 % de los límites de aceptabilidad, las 6 muestras demostraron condiciones confortables en la habitación local, mientras que en la habitación local solo dos (33%).
- Por las noches: Con el 80% y 90% de los límites de aceptabilidad, ambas habitaciones ofrecen confort térmico.

b) Resultados por día (Método Adaptativo – habitación local vs habitación experimental)

- Día 1: Con el 80% de los límites de aceptabilidad, ambas habitaciones ofrecen confort térmico en un 100%.
Con el 90% de los límites de aceptabilidad ambas habitaciones demostraron condiciones confortables en un 67%, el 33 % desfavorable en la habitación experimental se presenta por las tardes y para la habitación local por las mañanas.
- Día 2: Con el 80% de los límites de aceptabilidad, la habitación experimental ofrece confort térmico en un 100% y la habitación local en un 67% (tardes y noches).

Con el 90% de los límites de aceptabilidad, la habitación experimental habitaciones demostró condiciones confortables todo el día, mientras que la habitación local en un 67% (tardes y noches).

Día 3: Con el 80% de los límites de aceptabilidad, ambas habitaciones ofrecen confort térmico.

Con el 90% de los límites de aceptabilidad, la habitación local habitaciones demostró condiciones confortables en un 67% (tardes y noches), mientras que la habitación experimental en un 33% (noches).

4.1.1.4 Resultados de la simulación de la Habitación Local

Resultados método PMV CBE Thermal Comfort Tool –habitación local

De acuerdo a la Tabla 4.4 los resultados finales para los tres días de evaluación sobre las 18 muestras son los siguientes:

1. De las 18 muestras, 5 predicen el ambiente térmicamente neutral y son durante las noches. Representan el 28% de las muestras (con ocupante Ay B) que registra que la habitación local ofrece confort térmico y cumple con el estándar ASHRAE 55
2. De las 18 muestras, 6 predicen el ambiente ligeramente fresco y son durante las mañanas. Representan el 33% de las muestras (con ocupante Ay B) que registra que la habitación no ofrece confort térmico.
3. De las 18 muestras, 7 predicen el ambiente ligeramente caliente y son durante las tardes y una noche. Representan el 39% de las muestras (con ocupante Ay B) que registra que la habitación no ofrece confort térmico.
4. El 72% de las muestras (con ocupante Ay B) registra que la habitación local no ofrece confort térmico y no cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método PMV.
5. Se manejó niveles altos de velocidad de aire ($> 0,15 \text{ m / s}$) para este método, de acuerdo a lo que el Estándar ASHRAE 55 permite. Se estimó velocidad de 0.2 m/s , sin embargo hubo dificultad de precisión por el equipo.

Resultados método Adaptativo – habitación local

De acuerdo a la Tabla 4.5 los resultados finales para los tres días de evaluación sobre las 18 muestras son los siguientes:

6. De las 18 muestras con el 80% de los límites aceptabilidad, 16 predicen el estado del ambiente comfortable. Representan el 89 % de las muestras (con ocupante A y B) que registra que la habitación local ofrece confort térmico y cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método Adaptativo con el 80% de los límites aceptabilidad.
7. De las 18 muestras con el 80% de los límites aceptabilidad, 2 predicen el ambiente muy caliente y son durante las mañanas. Representan el 11% de las muestras (con ocupante Ay B) que registra que la habitación local no ofrece confort térmico con el 80% de los límites aceptabilidad.
8. De las 18 muestras con el 90% de los límites aceptabilidad, 12 predicen el estado del ambiente comfortable. Representan el 67% de las muestras (con ocupante A, y B) que registra que la habitación local ofrece confort térmico y cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método Adaptativo con el 90% de los límites aceptabilidad.
9. De las 18 muestras con el 90% de los límites aceptabilidad, 6 predicen el estado del ambiente muy caliente. Representan el 33% de las muestras (con ocupante A, y B) que registra que la habitación local no ofrece confort térmico con el 90% de los límites aceptabilidad.

4.1.1.5 Resultados de la simulación de la Habitación Experimental - Modelo

Resultados método PMV CBE Thermal Comfort Tool – habitación experimental

De acuerdo a la Tabla 4.6 los resultados finales para los tres días de evaluación sobre las 27 muestras son los siguientes:

1. De las 27 muestras, 12 predicen el ambiente térmicamente neutral y son durante las mañanas y noches. Representan el 44% de las muestras (con ocupante A, B y C) que registra que la habitación experimental ofrece confort térmico y cumple con el estándar ASHRAE 55.
2. De las 27 muestras, 3 predicen el ambiente ligeramente fresco y son durante las mañanas. Representa el 11% de las muestras (con ocupante A, B y C) que registra que la habitación no ofrece confort térmico

3. De las 27 muestras, 1 predice el ambiente fresco y es durante las mañanas. Representa el 3.7% de las muestras (con ocupante C) que registra que la habitación no ofrece confort térmico.
4. De las 27 muestras, 6 predicen el ambiente ligeramente caliente y son durante las tardes y noches. Representan el 22% de las muestras (con ocupante A, B y C) que registra que la habitación no ofrece confort térmico.
5. De las 27 muestras, 3 predicen el ambiente caliente y son durante las tardes. Representan el 22% de las muestras (con ocupante A, B y C) que registra que la habitación no ofrece confort térmico.
6. El 56 % de las muestras (con ocupante A, B y C) registra que la habitación experimental no ofrece confort térmico y no cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método PMV.
7. Se manejó niveles altos de velocidad de aire ($> 0,15 \text{ m / s}$) para este método, de acuerdo a lo que el Estándar ASHRAE 55 permite. Se estimó velocidad de 0.3 m/s , sin embargo hubo dificultad de precisión por el equipo.

Resultados método Adaptativo – habitación experimental

De acuerdo a la Tabla 4.7 los resultados finales para los tres días de evaluación sobre las 27 muestras son los siguientes:

8. Las 27 muestras con el 80% de los límites aceptabilidad, predicen el estado del ambiente comfortable. Representan el 100% de las muestras (con ocupante A, B y C) que registra que la habitación experimental ofrece confort térmico y cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método Adaptativo con el 80% de los límites aceptabilidad.
9. De las 27 muestras con el 90% de los límites aceptabilidad, 18 predicen el estado del ambiente comfortable. Representan el 67% de las muestras (con ocupante A, B y C) que registra que la habitación experimental ofrece confort térmico y cumple con el estándar ASHRAE 55 por el método Adaptativo con el 90% de los límites aceptabilidad.
10. De las 27 muestras con el 90% de los límites aceptabilidad, 9 predicen el estado del ambiente muy caliente. Representan el 33% de las muestras (con ocupante A, B y C)

que registra que la habitación experimental no ofrece confort térmico con el 90% de los límites aceptabilidad.

4.1.1.6 Resultados de la Escala de sensación térmica de los ocupantes

- De acuerdo a las encuestas realizadas a los 18 ocupantes que participaron en la simulación de la habitación local, los mismos días y los mismos turnos, con el mismo nivel de actividad (Tabla 3.30 del Capítulo III), se obtuvo que el 50% de los ocupantes (9 muestras), manifestó tener una sensación térmica neutra o de valor “0” según la escala de sensación térmica ASHRAE 55, es decir sintieron el ambiente térmicamente confortable, como se muestra en la siguiente Tabla 4.10.

Tabla 4.10 Escala de sensación térmica de los ocupantes – Habitación local

Muestras - ocupantes (3 días)	Escala de sensación térmica de los ocupantes
Mañana	
Ocupante A	0 = neutro
Ocupante B	0 y-1 = neutro (33%) y ligeramente fresco (67%)
Total parcial de muestras: 6	4= neutro (67%) y 2= ligeramente fresco (33%).
Tarde	
Ocupante A	1 y-2 = ligeramente caliente (67%) y fresco (33%)
Ocupante B	0 y-1 = neutro (33%) y ligeramente fresco (67%)
Total parcial de muestras: 6	1 = neutro (17%), 1 fresco (17%) y 4=ligeramente caliente (66%)
Noche	
Ocupante A	0 = neutro
Ocupante B	0 y 1 = neutro (33%) y ligeramente caliente (67%)
Total parcial de muestras: 6	4 = neutro (67%) y 2= ligeramente caliente (33%).
Total de muestras: 18	9 = neutro (50%), 6 = ligermente caliente (33%), 2= ligeramente fresco (11%), 1= fresco (6%)

- De acuerdo a las encuestas realizadas a los 27 ocupantes que participaron en la simulación de la habitación local, los mismos días y los mismos turnos, con el mismo nivel de actividad (Tabla 3.32 del Capítulo III), se obtuvo que el 63% de los

ocupantes (17 muestras), manifestó tener una sensación térmica neutra o de valor “0” según la escala de sensación térmica ASHRAE 55, es decir sintieron el ambiente térmicamente confortable, como se muestra en la siguiente Tabla 4.11.

Tabla 4.11 Escala de sensación térmica de los ocupantes – Habitación Experimental

Muestras - ocupantes (3 días)	Escala de sensación térmica de los ocupantes
Mañana	
Ocupante A	0 y -2 = neutro (33%) y fresco (67%)
Ocupante B	0 = neutro
Ocupante C	0 y 1 = neutro (33%) y ligeramente caliente (67%)
Total parcial de muestras: 9	5 = neutro (56%), 2 = ligeramente caliente (22%) y 2 = fresco (22%).
Tarde	
Ocupante A	0 y -2 = neutro (33%) y fresco (67%)
Ocupante B	0 = neutro
Ocupante C	0 y 1 = neutro (33%) y ligeramente caliente (67%)
Total parcial de muestras: 9	5 = neutro (56%), 2 = ligeramente caliente (22%) y 2 = fresco (22%).
Noche	
Ocupante A	0 = neutro
Ocupante B	0 = neutro
Ocupante C	0 y 1 = neutro (33%) y ligeramente caliente (67%)
Total parcial de muestras: 9	7 = neutro (78%) y 2 = ligeramente caliente (22%)
Total de muestras: 27	17 = neutro (63%), 6 = ligeramente caliente (22%), 0 = ligeramente fresco (0%), 4 = fresco (15%)

4.1.1.7 Resultados de la comparación de condiciones de confort entre habitación local y habitación experimental.

Comparación por método PMV

De acuerdo a la Tabla 4.8 los resultados finales de la comparación de condiciones de confort de las dos habitaciones por el método PMV, son:

1. La habitación experimental presenta mayor número de muestras que registran el ambiente térmicamente neutral con 8 muestras (44%) por las mañanas y noches, frente a la habitación local que registra 4 muestras (22%), únicamente por las noches.
2. El primer día, la habitación experimental presenta mayor número de muestras que registran el ambiente térmicamente neutral en turnos de mañana y noche, frente a la habitación local que únicamente en la noche.
3. El segundo día ambas habitaciones presentan el mismo número de muestras que registran el ambiente térmicamente neutral, la habitación local por la mañana y la habitación experimental por la noche.
4. El tercer día ambas habitaciones presenta el mismo número de muestras que registran el ambiente térmicamente neutral, ambas por la noche.
5. Durante las tardes de los días de evaluación, ninguna habitación registro el ambiente térmicamente neutral.

Comparación por método Adaptativo

De acuerdo a la Tabla 4.9 los resultados finales de la comparación de condiciones de confort de las dos habitaciones por el método Adaptativo, son:

6. La habitación experimental presenta mayor número de muestras que registran el estado del ambiente confortable con el 80% de los límites de aceptabilidad con el total de muestras (100%), frente a la habitación local que registra 16 muestras (89%).
7. La habitación experimental y local presentan igual número de muestras que registran el estado del ambiente confortable con el 90% de los límites de aceptabilidad, ambas con 12 muestras (67%). Para la habitación experimental, los estados no confortables se registraron en la tarde y en una mañana, para la habitación local los estados no confortables se registraron por las mañanas.
8. El primer día, con el 80% de los límites de aceptabilidad ambas habitaciones presentan el total de muestras que registran el estado del ambiente confortable. Con el 90 % de los límites de aceptabilidad ambas habitaciones presentan el mismo número de muestras que registran el estado del ambiente confortable, la habitación local por las tardes y noches y la habitación experimental por las mañanas y noches.

9. El segundo día, con el 80% y 90% de los límites de aceptabilidad, la habitación experimental presenta las muestras de todo el día que registran el estado del ambiente confortable, frente a la habitación local, solo en las tardes y noches.
10. El primer día, con el 80% de los límites de aceptabilidad ambas habitaciones presentan el total de muestras que registran el estado del ambiente confortable. Con el 90 % de los límites de aceptabilidad la habitación local presenta mayor número de muestras que registran el estado del ambiente confortable, frente a la habitación experimental, únicamente en las noches.

Comparación por escala de sensación térmica de los ocupantes

11. La habitación experimental presenta mayor número de muestras con un 63%, en que los ocupantes manifiestan tener una sensación térmica neutra o de valor “0”, de acuerdo a la escala de sensación ASHRAE 55, frente a la habitación local con un número de muestras que alcanza el 50%. Lo que significa que en la habitación experimental mayor número de personas sienten el ambiente térmicamente confortable, que en la habitación local.

4.2 Análisis de resultados

- El eje estratégico Medio físico Natural y Uso de bambú local, se fundamentan en ocho indicadores (clima, elementos geológicos, suelos, componente agua, relieve, vegetación del entorno, fauna y materiales naturales y locales); principalmente el de materiales naturales con el uso predominante del bambú, seleccionando, identificando y utilizando tres especies (una nativa del género *Guadua* y dos exóticas de los géneros *Bambusa* y *Dendrocalamus*), priorizando el uso de la especie nativa por la superficie que ocupa en la ZA del PNM y en la Amazonia. Se demuestra el cumplimiento del bambú con los criterios de sostenibilidad como material (Tabla 4.1), el cual responde satisfactoriamente a la evaluación ambiental (especialmente la especie nativa) en su obtención como material para ser utilizado en la construcción del Modelo el Sector I de la ZA del PNM, con un indicador positivo de sostenibilidad ambiental, de alta potencia regenerativa, resultante de la relación entre el mínimo impacto generado para

su obtención como material y la productividad anual por hectárea (400 tallos) en un guadual ideal de la Amazonía. Así también, responde al fortalecimiento de la relación cultural entre el bambú local (paca) y los asentamientos humanos de la zona.

Los resultados de los estudios de identificación taxonómica y de propiedades físico mecánicas (contenido de humedad, compresión paralela a la fibra, y corte paralelo a la fibra) utilizados en el estudio, fundamentan la aplicación de cada especie en los elementos que componen la estructura del Modelo, aun así son referenciales y falta profundizar y completar sobre todo para el caso de las propiedades físico mecánicas. Sin embargo, la durabilidad del Modelo, será un referente importante para la validación de las tres especies como material de construcción. El Modelo se terminó de construir en diciembre del 2013, la última evaluación por el autor fue en agosto del 2014, actualmente tiene 2 años de durabilidad. El seguimiento está a cargo de la Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA).

- El eje estratégico Diseño y Construcción, queda planteado en dos fases:

La fase 1. Diseño Arquitectónico, se apoya y relaciona con el eje Medio físico natural y Uso del bambú local; y se fundamenta en cinco indicadores (emplazamiento, geometría y naturaleza, acondicionamiento ambientales, contexto socio cultural, criterios de diseño – bambú), con sus respectivos criterios para su aplicabilidad y obtención de un óptimo resultado. Todos los indicadores demuestran tener igual jerarquía para alcanzar el resultado: el proyecto de un modelo arquitectónico ecológico con bambú, sin embargo dos son trascendentales para concebir ambientes térmicamente confortables (emplazamiento y acondicionamiento ambiental) y uno para asegurar la calidad y durabilidad del material y de la edificación (criterios de diseño - bambú). Es así, que la fase deja establecido los Parámetros para el Diseño y Construcción de una Edificación Ecológica para la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional del Manu (Tabla 4.2), en el marco de las recomendaciones hechas por el MVCS para el diseño y construcción de edificaciones bioclimáticas con eficiencia energética (Tabla 3.17 – capítulo III). Así como, deja constituido los lineamientos técnicos fundamentales para el adecuado diseño arquitectónico con bambú. Finalmente la fase Diseño se aplica y demuestra en el Proyecto

Arquitectónico del Modelo - Cabaña de bambú de 99.10 m² para la Estación Biológica de Villa Carmen.

La fase 2. Construcción, se fundamenta en los resultados de la fase 1 Proyecto Arquitectónico del Modelo y en tres indicadores (recurso humano, cantidad de bambúes y prácticas ambientales), que se analizan durante la construcción del Modelo. Con lo que se evidencia la rapidez y sencillez del sistema constructivo con bambú planteado, con un mínimo recurso humano (tres personas solo para los trabajos de bambú), considerando al menos una persona calificada en construcciones con bambú. Así mismo, se demuestra el beneficio disponibilidad directa desde el bosque para la obtención del recurso bambú, con un ahorro y optimización del material en un 17%. Para el caso de las prácticas ambientales, los resultados de su evaluación en los aspectos de consumo de energía y gestión de residuos, confirman el moderado uso de energía y la gestión adecuada de los residuos, los pocos residuos de materiales no naturales se clasificaron, los de materiales naturales se reciclaron para otro uso y/o se acopiaron para su desintegración y en el caso del cambio del material para la cubierta, se empleó uno de componentes naturales de procedencia extranjera, el cual fue parte de la gestión de residuos de la Estación, se utilizó material sobrante de otras construcciones.

Se utilizaron 169 tallos en total (tres especies) y se emplearon en tres de los componentes principales del sistema constructivo de acuerdo a sus características estructurales, morfológicas, disponibilidad cuantitativa y cualitativa del recurso (Tabla 3.18 capítulo III), estimando la representatividad de trabajos de solo bambú en aproximadamente 90%, con lo que se confirma el predominio del bambú en el Modelo.

- El Modelo Arquitectónico - Cabaña de bambú, cumple y aplica los dos ejes estratégicos de arquitectura ecológica con bambú y el confort térmico, y es validado por los pobladores de la zona con la aceptabilidad del 100 %, la misma aceptación obtuvo el bambú como material.

- De acuerdo a los resultados de confort térmico, la habitación experimental del Modelo presenta mejores condiciones de confort térmico que la habitación local por ambos métodos de estimación (PMV y Método Adaptativo), así como según la sensación térmica que manifestaron sentir los ocupantes, lo que muestra la diferencia entre un Modelo que aplica estrategias de arquitectura ecológica con bambú para la ZA del Parque Nacional del Manu, Cusco y un Modelo que no aplica.
- Por el Método Adaptativo de enfoque cualitativo, con el 80% de los límites de aceptabilidad, la habitación experimental del Modelo, ofrece confort térmico con el 100%, (con 27 muestras durante tres días en tres turnos) y con el 90% de los límites de aceptabilidad, ofrece confort térmico con el 67%, resultados que demuestran que por el Método Adaptativo la habitación experimental si ofrece confort térmico. Mientras que por el método PMV de enfoque cuantitativo, la habitación experimental muestra no ser confortable con un 66% de disconformidad, principalmente en las tardes. Este último resultado no muestra ser coherente con lo que manifestaron los ocupantes en las encuestas durante las simulaciones (el 63% manifestó tener una sensación térmica neutra). Lo que confirma los resultados favorables del Método Adaptativo.
- El resultado anterior demuestra lo sugerido por los estándares y resultados de los estudios sobre el uso del modelo PMV, que no aplica para ambientes con ventilación natural, más aun en climas tropicales, y con diferentes tipos de ocupantes libres de usar la vestimenta que quieran, sin uso de tecnologías de climatización artificial, ni considerando los componentes geográficos del lugar. Lo que confirman los postulados de Gómez et al (2007), sobre las desventajas del uso y aplicación del enfoque cuantitativo, que necesita tener con precisión datos detallados sobre la ropa y su coeficiente de aislamiento, tasa metabólica, ambientes en condiciones de temperatura y humedad reguladas en cámaras climáticas y suponiendo que los ocupantes habitan en los espacios evaluados, sin tener en cuenta la posibilidad de climatización, que son casos fuera de la realidad.
- Analizando los resultados principales de la comparación de condiciones térmicas de las dos habitaciones se tiene que:

Por el Método PMV: la habitación experimental del Modelo, presenta mayor número de muestras que registran el ambiente térmicamente neutral con 8 muestras (44%) por las mañanas y noches, frente a la habitación local que registra 4 muestras (22%), únicamente por las noches. Aun así ambas no alcanzan el confort térmico, no siendo consecuente con las sensaciones que percibieron los ocupantes durante la evaluación.

Por el Método de Confort Adaptativo: la habitación experimental del Modelo, presenta mayor número de muestras que registran el estado del ambiente confortable con el 80% de los límites de aceptabilidad con el total de muestras (100%), frente a la habitación local que registra 16 muestras (89%). Con el 90% de los límites de aceptabilidad, ambas ofrecen confort térmico con el 67%.

- Los resultados entre un método y otro muestran una gran diferencia que permite entender que cada método se utiliza dependiendo de las características de la habitación, si tiene ventilación natural o si es artificial, si es un caso real con ocupantes de todo tipo o si es un ambiente con ocupantes que será regulado por aparatos tecnológicos y uso de energía.
- De acuerdo al Estándar ASHRAE 55 y teorías el Método PMV, se cumplen con personas acostumbradas a estar en edificio equipados con sistemas de clima artificial, no para valorar la sensación térmica de las personas que habitan en edificios naturalmente ventilados. No considera procesos de adaptación de la persona. En tal sentido los resultados obtenidos por el Método PMV no se consideran reales para el Modelo. Sin embargo se recomienda de igual manera analizarlo.
- De acuerdo al Estándar ASHRAE 55 y teorías los modelos de adaptación se utilizan cuando existe la posibilidad de que la ventilación se realice de manera natural. Es un método correcto para el Modelo, confirmado con los resultados de la valoración de sensación térmica realizada por los ocupantes, por lo que los resultados se consideran reales.
- Tomando en cuenta los resultados sobre el confort térmico favorable en la habitación experimental del Modelo, por el Método Adaptativo, al 100% (con el 80% de los límites de aceptabilidad) y al 67 % (con el 90% de los límites de aceptabilidad), y por

la valoración de sensación térmica de los ocupantes con el 63% de sanción neutral; así como la aplicación y cumplimiento de los ocho indicadores del Medio físico natural en el diseño del Modelo y el Uso del bambú local representado con el 90% en el Modelo, se confirma la primera hipótesis específica:

El medio físico utilizando materiales naturales locales como el bambú, interviene en las estrategias de arquitectura ecológica y tiene implicancia favorable en el confort térmico, en el Parque Nacional del Manu, Cusco.

- Tomando en cuenta los resultados sobre el confort térmico favorable en la habitación experimental del Modelo, por el Método Adaptativo, al 100% (con el 80% de los límites de aceptabilidad) y al 67 % (con el 90% de los límites de aceptabilidad), y por la valoración de sensación térmica de los ocupantes con el 63% de sensación neutral, así como los resultados obtenidos en el diseño, construcción y validación del Modelo – Cabaña de bambú, se confirma la segunda hipótesis específica:

El diseño y construcción del modelo arquitectónico intervienen en las estrategias de arquitectura ecológica con bambú y tienen implicancia favorable en el confort térmico, en el Parque Nacional del Manu, Cusco.

- Finalmente, de acuerdo al cumplimiento y aplicación de los lineamientos de los ejes estratégicos de arquitectura ecológica con bambú (1. Medio físico natural y Uso del bambú local y 2. Diseño y Construcción), y los resultados obtenidos por el Método Adaptativo y la valoración de sensación térmica de los ocupantes, la habitación experimental del Modelo – Cabaña de bambú ubicada en el Sector I de la ZA del PNM, ofrece confort térmico, con lo que se confirma la hipótesis general de la tesis:

Las estrategias de arquitectura ecológica con bambú tienen implicancia favorable en el confort térmico en el Parque Nacional Manu, Cusco.

4.3. Lineamientos para la aplicación de estrategias de arquitectura ecológica con bambú y el confort térmico en el Parque Nacional del Manu.

Tabla 4.12 Lineamientos para la aplicación de estrategias de arquitectura ecológica con bambú y el confort térmico en el Parque Nacional del Manu, Cusco.

Eje estratégico 1: Medio físico natural y bambú local		
Medio Físico Natural		
Lugar de aplicación : Sector I -Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional del Manu, Cusco		
N°	Componente	Condiciones para el diseño arquitectónico y estructural
1	Clima	Zona Climática 8, Sub Tropical Húmedo, Zonificación Climática del Perú.
2	Elementos geológicos	Región Cusco: Zona sísmica = 2, amenaza sísmica = intermedia, aceleración =0.20g, factor Cb = 0.16.
3	Suelos	Fértiles
4	Agua	Zona rodeada de diversos cuerpos de agua, confluencia del Río Piñipiñi con el Río Pilcopata.
5	Relieve	Variado
6	Vegetación del entorno	Variada, desde árboles, arbustos, matas de bambú, pastos y jardines.
7	Fauna	Diversa, se consideran los insectos, murciélagos y serpientes.
8	Materiales Naturales y Locales	Consideración criterios de sostenibilidad para la elección de materiales y el sistema construido (Aspecto ambiental y socio económico). Uso del bambú como material principal, acompañado de otros materiales naturales renovables en mas del 50% y no renovables locales.
Uso de bambú local		
N°	Componente	Lineamientos
1	Elección de especies locales - calidad y cantidad	Al menos una especie nativa representativa de la zona que ocupe un área extensa. Especies introducidas accesibles y disponibles, elegidas según sus características morfológicas (culmos parejos, dimensión de los diámetros), estado de los culmos, cantidades de culmos aprovechables, referencias internacionales de su utilización en construcción así como características estructurales documentadas. Considerar la identificación taxonómica de las especies a utilizar. Especies utilizadas en el estudio: una endémica <i>Guadua sarcocarpa subsp. purpuracea</i> Londoño & Peterson, dos introducidas <i>Bambusa oldhamii</i> Munro y <i>Dendrocalamus asper</i> (Schulf. & Schulf. f.) Backer ex K. Heyne.
2	Propiedades estructurales	Conocer o estudiar las propiedades estructurales de las especies seleccionadas e identificadas para poder usar los valores admisibles de la norma peruana NTE E. 100 bambú. Considerar referencias documentadas de las especies.
3	Sostenibilidad del bambú como material	Considerar y asegurar un adecuado sistema y cadena de procesos para la obtención del bambú como material, que genere el mínimo impacto. Fases del Sistema: Manejo y aprovechamiento, transporte, preparación de esterilla, lavado, preservación y secado. Mejorar la potencia regenerativa del bambú. Con guaduales naturales amazónicos bien manejados, en “estado ideal”, la productividad sería de 400 culmos por ha, lo cual sería la oferta de Huella Ecológica del bambú (área x bioproductividad = biocapacidad) con una producción neta para construcción de 5,200 ml de bambú.

Eje estratégico 2: Modelo Arquitectónico - Lineamientos**Lugar de aplicación** : Sector I -Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional del Manu, Cusco**Cumplimiento:** Criterios y requisitos para el desarrollo proyectual del “Modelo Arquitectónico” (Ver Tabla III.1)

Criterios: 1. Lugar - Condicionantes 2. Sostenibilidad - Compromiso

Fase 1: Diseño Arquitectónico

N°	Componente	Lineamientos
1	Emplazamiento	1. Recurso bambú local 2. Orientación 3. Vegetación 4. Paisaje natural 5. Relieve y clima
2	Geometría y Naturaleza	1. Forma y estructura 2. Espacialidad y función
3	Acondicionamiento Ambiental	Parámetros para el diseño y construcción de una edificación ecológica en el PNM, Cusco.
4	Contexto Socio Cultural	Estudio del contexto socio cultural de la Zona
5	Criterios de Diseño - Bambú	Utilización de 3 especies de bambúes locales Utilización según características estructurales Utilización según características morfológicas Utilización según disponibilidad cuantitativa y cualitativa Asegurar calidad y durabilidad del bambú y de la edificación Usos y funciones del bambú en los elementos de la estructura

Producto final de la Fase 1: Proyecto del Modelo Arquitectónico - Cabaña de bambú - Área 99.10 m2**Fase 2: Construcción**

Componentes principales del sistema constructivo del Modelo : 1. Bases y Losa, 2. Estructura y Muros, 3. Cerramiento, 4. Cubierta, 5 Carpintería

N°	Componente	Lineamientos
1	Recursos Humanos	Considerar en su mayoría personal local. Tiempo aproximado para los componentes de donde se utiliza bambú en una construcción de 99 m2 es de 50 días (8 horas diarias), equivale al 70% del total de toda la construcción. Tiempo aproximado para una construcción de 99.10 m2 es de 75 días (según Modelo), 8 horas diarias. De acuerdo al Modelo se necesita once personas. Tres solo para bambú. Considerar al menos un maestro especialista con bambú con rendimiento alto (55%). Considerar que el rendimiento de la zona para el componente de "bases y losas", es menor al estándar de una construcción convencional
2	Cantidad de Bambú	Utilización de 169 tallos (diferentes diámetros) de 13 ml aprovechando al máximo. Utilización de 439 tallos (diferentes diámetros) de 6ml. Para el caso del Modelo - Cabaña de bambú. Promedio de participación del bambú de 76% en los componentes: 2.Estructura y muros, 3. Cerramiento y 4.Cubierta. El empleo de bambú debe estar representado en mas del 70% en toda la construcción. Para el caso del Modelo el 90% del total está representado por trabajos solo de bambú (según valoración de importancia de cada componente en la construcción, los componentes donde se emplea bambú representan el 80%)
3	Practicás Ambientales	Considerar y asegurar un adecuado sistema y cadena de procesos en el desarrollo de la construcción, “proceso constructivo”, empleando buenas practicas ambientales relacionadas al mínimo consumo de energía y gestión de residuos. Fases: Bases y losa, estructura y muros, cerramiento, cubierta y carpintería. Disposición de residuos

Estimación del Confort Térmico

Sistema y Cadena de Procesos para la recolección y procesamiento de datos utilizados en la "Evaluación del Confort Térmico de del Modelo" por comparación - Sistema de muestreo para un turno del día.

Tiempo de evaluación: 3 días , 3 turnos

Condiciones que proveen el Confort Térmico	1. Tasa metabólica 2. Aislamiento de la ropa 3. La temperatura del aire 4. Temperatura radiante 5. Velocidad del aire 6. Humedad
Características de la habitación	Experimental y local

Simulador: CBE Thermal Comfort Tool - ASHRAE Estándar 55

N°	Método	Condiciones
1	PMV CBE Thermal Comfort Tool habitación local	Parámetros físicos ambientales - Interior habitación local Parámetros Personales - ocupantes en habitación local
2	Método Adaptativo habitación local	Parámetros físicos ambientales - Interior habitación local Datos ambientales externos
1	PMV CBE Thermal Comfort Tool habitación experimental	Parámetros físicos ambientales - Interior habitación experimental Parámetros Personales - ocupantes en habitación experimental
2	Método Adaptativo habitación experimental	Parámetros físicos ambientales - Interior habitación experimental Datos ambientales externos

Comparación método 1 PMV CBE Thermal Comfort Tool

Comparación método 2 Método Adaptativo

Resultado final : habitación experimental del Modelo evaluada térmicamente

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

1. Realizado el trabajo de campo, análisis de la literatura especializada, consulta a expertos y el desarrollo del diseño de un Modelo, se verificó que el medio físico utilizando materiales naturales locales como el bambú, interviene en las estrategias de arquitectura ecológica y tiene implicancia favorable en el confort térmico, en el Parque Nacional del Manu, Cusco. Verificación que se logra con el planteamiento y aplicación de un primer eje estratégico: el Medio físico Natural y el Uso del bambú local, con indicadores para su cumplimiento, reafirmado con el establecimiento de condicionantes para el diseño y el uso predominante del bambú local en más del 50 % de los componentes principales del sistema constructivo y con una participación que llega a representar el 90 % de trabajos solo de bambú, cumpliendo a su vez, con criterios de sostenibilidad como material y respondiendo satisfactoriamente frente a la evaluación ambiental. Finalmente, la eficacia de este eje estratégico se comprobó con los resultados positivos alcanzados en la estimación de condiciones térmicas de la habitación experimental del Modelo – Cabaña de bambú ubicada en el Sector I de la ZA del PNM.
2. Realizado el trabajo de campo con el desarrollo de un Modelo, se verificó que el diseño y construcción del Modelo Arquitectónico intervienen en las estrategias de

arquitectura ecológica con bambú y tienen implicancia favorable en el confort térmico, en el Parque Nacional del Manu, Cusco. Verificación que se logra con el planteamiento y aplicación de un segundo eje estratégico: el Diseño y Construcción, desarrollado en dos fases, con indicadores para su cumplimiento, reafirmado con el Proyecto Arquitectónico, la ejecución y la validación del Modelo – Cabaña de bambú en el PNM. Que se presenta como un aporte fundamentado por criterios teóricos, técnicos y experiencia para la creación de una edificación ecológica con bambú, con condiciones ambientales, espaciales, de funcionalidad, durabilidad, flexibilidad, adaptabilidad, sismo resistente, vinculado con algunos componentes socio culturales de los pueblos amazónicos, demostrando las cualidades del recurso bambú en la construcción. A su vez, ofrece un sistema constructivo sencillo y práctico, fácil de ejecutar por un reducido recurso humano y en donde se optimiza el material bambú al máximo. Así como, la aplicación de buenas prácticas ambientales con el moderado consumo de energía y la eficaz gestión de residuos. Validado por los pobladores del lugar. Finalmente, la eficacia de este eje estratégico se comprobó con los resultados positivos alcanzados en la estimación de condiciones térmicas de la habitación experimental del Modelo – Cabaña de bambú ubicada en el Sector I de la ZA del PNM.

Los dos ejes estratégicos: 1. Medio físico natural y Uso del bambú y 2. Diseño y Construcción del Modelo, con sus indicadores se relacionan entre sí y son indispensables en el planteamiento de las Estrategias de arquitectura ecológica con bambú y el confort térmico en el Parque Nacional del Manu.

3. Realizado el diseño, aplicación y validación de las estrategias de arquitectura ecológica con bambú y la estimación de condiciones térmicas en el Modelo, se verificó que las estrategias de arquitectura ecológica con bambú tienen implicancia favorable en el confort térmico en el Parque Nacional Manu, Cusco. Verificación que se logra con el planteamiento y aplicación de una metodología para estimar el confort térmico en un Modelo en el Sector I de la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional del Manu, Cusco. En donde se comprobó que el Método Adaptativo es el más apropiado para estimar las condiciones térmicas en tipologías similares al Modelo y con ocupantes de diferentes características no permanentes, acompañado con la constatación de la valoración de sensación térmica de los mismos ocupantes. Se

consideró una herramienta práctica y efectiva la utilización del simulador CBE Thermal Comfort Tool – Ashrae 55-2013 vía online, para estimar condiciones térmicas en ambientes determinados con y sin ventilación natural.

El desarrollo y culminación del Modelo en el Sector I de la ZA del PNM, se presentó como una estrategia demostrativa y de fomento a nivel zonal y regional, para promocionar la aplicación de estrategias de arquitectura ecológica con bambú y el confort térmico. Así como una estrategia pedagógica de enseñanza de la utilización del bambú como material para la construcción, para generar espacios con confort térmico, impulsando el estudio de especies endémicas e introducidas, en cuanto a la taxonomía y propiedades físico mecánicas, que permitan conocer sus características y posibilidades de uso para la construcción. Propiciando en general, a la investigación del recurso, el manejo y aprovechamiento sostenible del recurso y el interés de los pobladores.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda involucrar a la Academia para seguir investigando sobre temas relacionados al confort térmico, modelos de predicción y simuladores para la modelación de ambientes con ventilación natural y ocupantes de diversas características.
2. Se recomienda hacer un seguimiento del estado de la construcción del Modelo, por parte de la Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA), para continuar con la evaluación de calidad y durabilidad de la edificación y del material. Actualmente (enero del 2016) tiene 2 años de vida y no se ha presentado al autor ningún comentario negativo.
3. Se recomienda comprometer al Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, en cooperación con el SERNANP, MINCETUR para elaborar una primera guía en base a los lineamientos de estrategias de arquitectura ecológica con bambú y el confort térmico en el PNM, establecidos en la tesis, que acompañe a los futuros planes maestros del PNM y planes de desarrollo de la Región. Para posteriormente

desarrollar un documento técnico y normativo que regule la intervención de construcciones existentes y futuras en las zonas de amortiguamiento del PNM

4. Es necesario que el Ministerio del Ambiente considere el desarrollo de un plan de acción para la gestión sostenible y rentable de las poblaciones de bambú en la Amazonia, que involucre a diferentes sectores e instituciones (públicas y privadas) recomendando lo siguiente:

- Realizar estudios etnobotánicos y usos potenciales y tecnológicos de las especies de guadua y otros bambúes en la cuenca Amazónica peruana.
- Considerar que se tratan de bosques mixtos, donde predominan los bambúes, pero su heterogeneidad es diversa. Por lo que se debiera estudiar las características Fito ecológicas que presentan estos bosques. y con base en ello determinar su manejo óptimo.
- Reglamentar la protección, el manejo y aprovechamiento del bambú nativo e incentivar su cultivo con fines multipropósitos (protección, producción económica).
- Promocionar ampliamente en el Perú la importancia del recurso bambú Amazónico como recurso estratégico para el desarrollo del país.
- Capacitar a los actores en todos los eslabones (desde el vivero, cultivo y manejo de los guaduales, como su comercialización y mercadeo de productos)
- Identificar y definir las áreas prioritarias que pudieran ser manejadas y aprovechadas por las comunidades vecinas y posibles industrias, considerándose factores para su selección: como: accesibilidad, tipo y magnitud del bosque, zonas reservadas, factibilidad económica social.
- Realizar un inventario y con base en ello un Plan de Manejo y Aprovechamiento, donde se determinen su régimen de aprovechamiento y las técnicas de manejo; incluyendo un Plan Anual de Cortas, según demanda de materia prima.
- Definir el o los usos de la Guadua y sus posibilidades de transformación: artesanal, muebles, construcciones y aún productos laminados.
- Planificación concertada con propietarios de las actividades de manejo y aprovechamiento en sus predios.
- Someter a consideración de la Autoridad Gubernamental, el Plan de aprovechamiento y manejo silvicultural, para su aprobación y apoyo.

4. Se recomienda investigar sobre los otros recursos naturales que acompañen al sistema constructivo con bambú, como las hojas de palmeras palmiche y pijuillo y el tamshi, en diferentes temas, tales como manejo y aprovechamiento sostenible para productos de construcción, preservación, resistencia mecánica en caso de las fibras vegetales.

Referencias bibliográficas

- Ardilla C. (2013). *Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú Guadua angustifolia Kunth del departamento de Tolima, Colombia* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes. Bogotá, Colombia.
- ASHRAE (2004) ANSI /ASHRAE Standard 55 -2004 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Atlanta, USA.
- Auliciems, A. & Szokolay, S. (2007). *Thermal Comfort. Passive and Low Energy Architecture International Design Tools and Techniques*. In association with department of architecture. The University of Queensland, Brisbane. Recuperado de <http://me.emu.edu.tr/hacisevki/MENG443%20PPT1B.pdf>
- Bonell, C. (1999). Capitulo1: La Divina Proporción. *La Divina Proporción - Las Formas Geométricas*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.
- Borrini-Feyerabend, G. Dudley, N. Jaeger, T. Lassen, B. Pathak, N. Phillips A. & T. Sandwith T. (2014). *Conservación, áreas protegidas y gobernanza*. Gobernanza de Áreas Protegidas: de la comprensión a la acción. UICN - Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Gland Suiza.
- Bouillon C. (Ed.) (2012). *Un espacio para el desarrollo: Los Mercados de Vivienda en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Washington, Estados Unidos: Pórtico Bookstore. Recuperado de http://www.iadb.org/es/investigacion-y-datos/detalles-de-publicacion,3169.html?pub_id=IDB-BR-100
- Castaño, F. (2001). *Industria Sostenible de la Guadua*. Informe Final USAID - Fundación Chemonics – Tecniforest, Buga, Valle del Cauca, Colombia.
- Charles, K.E. (2003) Fanger's Thermal Comfort and Draught Models. Institute for Research in Construction National Research Council of Canada, Ottawa. Recuperado de <http://www.nascoinc.com/standards/breathable/PO%20Fanger%20Thermal%20Comfort.pdf>
- CBRC - China National Bamboo Research Center. (2011). *Bamboo Technologies Training Course -Socio – Economy of Bamboo*. Reference Book for Human Recourse

- Development Cooperation in Program in the Framework of China Aid, Hangzhou, China.
- CBRC - China National Bamboo Research Center. (2011). *Bamboo Technologies Training Course –Utilization of Bamboo (I)*. Reference Book for Human Recourse Development Cooperation in Program in the Framework of China Aid, Hangzhou, China.
- Cerrón, T. (2012). *Informe sobre las especies de bambú existentes en Villa Carmen, sus potenciales y uso. Recomendaciones*. Asociación para la Conservación de la cuenca Amazónica (ACCA)
- Cerrón, T. (2014). *Manual de Construcción de Estructuras con Bambú*. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO, Gerencia de Formación Profesional, Lima, Perú: Cartolan Editores SRL.
- Covarrubias (2012). *Determinación de estándares de confort térmico para personas que habitan en clima tropical sub-húmedo, Zona Conurbada de Colima- Villa de Álvarez (Colima, México)* (Tesis de maestría). Universidad Internacional de Andalucía, México.
- DALCAME, Grupo de Investigación Biomédica (2005-2015). *Temperatura Corporal*. Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.dalcame.com/tc.html#.VrOINrLhCiM>.
- Dunkelberg, K. (1985). *IL 31 Bambus Bamboo - Bamboo as a building material*. Institute for Lightweight Structures (IL), University of Stuttgart, Nr 31, Stuttgart, Germany.
- Echeverría M.C. (2004). Ascensos y Descensos en la Vivienda: Mirada desde Medellín, *Revista del Instituto de la Vivienda –INVI N°50, 19, (50) 21-69*. Universidad de Chile. Santiago de Chile: Orlando Sepúlveda Mellado. Recuperado de <http://www.revistas.uchile.cl/index.php/INVI/article/viewFile/8804/8611>
- Enshassi A. Kochendoerfer, B. & Rizq, E. (2014). An evaluation of environmental impacts of construction projects. *Revista ingeniería de construcción, 29 (3)*. Recuperado de http://www.scielo.cl/pdf/ric/v29n3/en_art02.pdf
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2010). *Evaluación de los recurso forestales mundiales 2010, Informe Nacional Perú*. FAO - FRA 2010/163 Roma, Italia. Recuperado de <http://www.fao.org/forestry/20416-076b3fb72d387f4ce89a10d2cc71194d.pdf>
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2012). *Los bosques: el corazón de una nueva economía más verde*. Roma, Italia. Recuperado de <http://www.fao.org/news/story/es/item/149783/icode/>

- Gatani, M. (2004). Gestión, Tecnología y Vivienda Social. Punto y Seguido, *Revista del Instituto de la Vivienda –INVI N°50, 19*, (50) 70-85. Universidad de Chile Santiago de Chile: Orlando Sepúlveda Mellado. Recuperado de <http://www.revistas.uchile.cl/index.php/INVI/article/viewFile/8804/8611>
- Gómez, Bojórquez & Ruiz (2007). El confort Térmico: dos enfoques teóricos enfrentados. Palapa, Universidad de Colima, *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal Colima, México*, 2 (001), 45-57. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/948/94820107.pdf>.
- Gonzales, E. (2005). *Elaboración de una propuesta para el aprovechamiento y la transformación del bambú el ámbito del PRODAPP*. Informe final de Consultoría, Comisión Europea-CE. Selva Central, Perú.
- Griscom, B. & Ashton, M. (2006). A Self-perpetuating Bamboo Disturbance Cycle in a Neotropical Forest. *Journal of Tropical Ecology* 2006, (22) 587–597. Cambridge University Press. doi:10.1017/S0266467406003361 Printed in the United Kingdom
- Gutiérrez, J. (2000). *Structural Adequacy of Traditional Bamboo Housing in Latin America*. INBAR, Technical. Report No19, Beijing, China.
- Guzman, D. (2007). *Evaluation of Bamboo for Building Elements Satisfying Housing Criteria* (Tesis doctoral). Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, EPFL. Suiza.
- Hernández R. (2012). *El Edificio Ecoeficiente. The Ecoefficient building. Arquitectura Ecoeficiente. I. Capítulo 1*, (pp. 1-32). Arquitectura Ecoeficiente Tomo I. Universidad del País Vasco, San Sebastián, España.
- Hidalgo, O. (1974). *Bambú: su cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía*. Estudios Técnicos Colombianos Ltda. Colombia.
- Hidalgo, O. (2003). *Bamboo. The gift of the gods*. Primera edición, Bogotá, Colombia.
- INCOTEC (2007). Norma Técnica Colombiana NTC 5301 – Preservación y secado del culmo de Guagua angustifolia Kunth. Bogota, Colombia.
- INCOTEC (2006). Norma Técnica Colombiana NTC 5407 – Uniones de estructuras con Guadua angustifolia Kunth. Bogota, Colombia.
- INRENA - Instituto Nacional de Recursos Naturales (2003). *Plan Maestro del Parque Nacional del Manu, Proyecto Aprovechamiento y Manejo Sostenible de la Reserva de Biosfera y Parque Nacional del Manu (Pro-Manu)*, INRENA, Cusco, Perú.
- INRENA - Instituto Nacional de Recursos Naturales, PERUBAMBU - Asociación Peruana del Bambú. (2006). *Promoción de la Rehabilitación, Manejo y Uso Sostenible de los Bosques Tropicales de bambú en la región noroccidental del Perú*, documento de

Proyecto: PD 428/06 Rev. 2 (F), Organización Internacional de las maderas tropicales – OIMT

- ISO - International Organization for Standardization (2005). International Standard ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Swiserland.
- ISO - International Organization for Standarization (2004). International Standard ISO 22156: Bamboo - Structural Design
- ISO - International Organization for Standarization (2004). International Standard ISO 22157: Bamboo - Determination of physical and mechanical properties -- Part 1: Requirements
- Janssen, J. (1981). *Bamboo in Building Structures* (Tesis doctoral). Eindhoven University of Technology, Netherlands.
- Janssen, J. (2000). *Designing and Building with Bamboo*. Technical Report N°20, International Network for Bamboo and Rattan (INBAR). ISBN 81-86247-46-7.
- Janssen, J. (2000). *Acceptance criteria for structural bamboo*. ICBO Evaluation Serve, Inc. A Subsidiary Corporation of the International Conference of Building Officials. California, USA.
- Judziewicz, E. Clarck, L. Londoño, X. & Stern, M. (1999). *American Bamboos*. Smithsonian Institution Press, Washington, United States of America.
- Kahler C. (2006). *Global Forest Resources Assessment 2005*. Report on Bamboo Thematic Study in the framework of FAO FRA 2005 for Latin America (Brazil, Chile, Ecuador, Mexico, Perú). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Network for Bamboo and Rattan (INBAR). Roma.
- Lobovikov M. Paudel S. Piazza M. Ren H. & Junqi W. (2007) *World bamboo resources*. Athematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. Non – Wood Forest Products 18. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Network for Bamboo and Rattan (INBAR). Roma. 73p. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-a1243e.pdf>
- Londoño, X. (1996). Inventario de los Bambúes de Pakitza: Anotaciones sobre su Diversidad. *Manu The biodiversity of Southeastern Perú, La Biodiversidad del Sureste de Perú*, (pp 169-185). Smithsonian Institution, National Museum of Natural History. Lima, Perú: Editorial Horizonte.

- Londoño, X. & Moran J. (2001). *Informe de la Visita al Proyecto Paca, Madre de Dios, Iberia, Perú*. Informe del Proyecto Manejo y Aprovechamiento de la Paca (*Guadua sarcocarpa*), INRENA, Perú.
- Londoño (2010). *Identificación Taxonómica de los bambúes de la Región Noroccidental del Perú*. PERU BAMBU, ITTO. Proyecto PD 428/6 Rev.2 (F)
- Mc.Neely J.A. (1992). *Áreas protegidas para el siglo XXI: Trabajando para proporcionar beneficios a la sociedad*. Unayslva – No.176 Parques y Zonas protegidas. FAO - Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/v2900s/v2900s03.htm>
- McMichael, C. Palace, M. & Golightly, M. (2014). Bamboo-dominated forests and Pre - Columbian earthwork formations in south-western Amazonia. *Journal of Biogeography*. doi:10.1111/jbi.12325
- McMichael, C., Bush, M., Silma, M. Piperno, D. Raczka, Ma. Lobato, L. Zimmerman, M. Hagen, S. & Palace, M. (2012). Historical fire and bamboo dynamics in western Amazonia. *Journal of Biogeography*. doi:10.1111/jbi.12002
- MINAM - Ministerio del Ambiente (2011). Mapa de Vulnerabilidad Física del Perú, Herramienta para la Gestión del Riesgo. 1era Versión. Lima, Perú. Recuperado de: <http://biam.minam.gob.pe/novedades/mapavulnerabilidadfisicaperu.pdf>
- MINAM - Ministerio del Ambiente. (2014). *Informe Nacional del Estado del Ambiente 2012-2013*. Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental. Lima, Perú.
- MINAM - Ministerio del Ambiente (2013). *III Situación Ambiental al 2012, Agenda Ambiente Perú 2013 -2014*. Agenda Nacional de Acción Ambiente. R.M.N 026-2013-MINAM, (pp 29-30). Lima, Perú.
- MINAM - Ministerio del Ambiente (2014). Capítulo 2 Circunstancias Nacionales. *Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, (pp. 43- 53). Lima, Perú.
- MINAGRI - Ministerio de Agricultura (2008). *Plan Nacional de Promoción del Bambú 2008-2020*. Programa para el desarrollo de la Amazonía Pro Amazonía. Lima, Perú.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Republica de Colombia, (2012). *Criterios Ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana*. Viceministerio de Ambiente y Desarrollo, Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana. Colombia.

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). Norma NSR -10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, Título G - Estructuras de madera y estructuras de guadua, Capítulo G.12- Estructuras de guadua. Asociación Colombia de Ingeniería Sísmica. Bogotá, Colombia
- MVCS - Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2012). Norma Técnica de Edificaciones E.100 Bambú del Reglamento Nacional de Edificaciones. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO. 1era Ed. Lima, Perú.
- MVCS - Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2014). *Construcción de Edificaciones Bioclimáticas y con Eficiencia Energética*. Dirección Nacional de Construcción. (CD-ROM)
- Montoya J. (2007). *Preservación de la Guadua*. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.
- Oliver, J. (2008). Nota Científica: Gramíneas (Poaceae) bambusiformes del Río de Los Amigos, Madre de Dios, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 15 (1) 121-126, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v15n1/a20v15n1.pdf>
- Olgay, V. (1998). *Arquitectura y Clima. Manual de arquitectura bioclimática para arquitectos y urbanistas*. 1era. Ed. 4ta tirada 2006. Barcelona, España: Gustavo Gil.
- OPS - Organización Panamericana de la Salud (2006). *Vivienda Saludable: Resto del Milenio en los Asentamientos Precarios de América Latina y el Caribe*. Guía para las autoridades Nacionales y Locales. Venezuela.
- PERUBAMBÚ - Asociación Peruana de bambú (2013). *Proyecto Promoción de la rehabilitación, manejo y uso sostenible de los bosques tropicales de bambú en la región noroccidental del Perú. PD 428/06 REV.2 (F)*. Informe de cierre del proyecto. Lima.
- Rea, V. (2012). *Uso de la Cana guadua como material de construcción: evaluación medio ambiental frente a sistemas constructivos tradicionales* (Trabajo fin de Master). Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Universitaria de Arquitectura. Técnica. Máster Universitario en Innovación Tecnológica en Edificación. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España
- Real Academia Española (2014) Edición 23. Madrid España.
- Rivela, B. (2012). *Propuesta Metodológica de aplicación sectorial de análisis de ciclo de vida (ACV) para la evaluación ambiental de la edificación en España* (Tesis

- doctoral). Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
- Rosales, L. (2008). *Confort Térmico*. Sector de Acondicionamiento Ambiental - Escuela de Arquitectura – FAU/UCV. Asignatura Clima y Diseño. San José Costa Rica.
- Sandoval F, Solano J & Hernán L. (2014). La arquitectura vernácula en el medio rural y urbano de Manabí. Levantamiento, análisis y enseñanzas. Análisis tipológico y constructivo como respuesta al clima de la región de Manabí. Capítulo 4, Desarrollo sostenible y arquitectura vernácula. *Hábitat social, digno, sostenible y seguro en Manta, Manabí*, Ecuador. Proyecto AECID, UVA Universidad de Valladolid. España, ULEAM Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador (pp 135- 143). Ecuador. Recuperado de <http://www5.uva.es/grupotierra/aecid/publicaciones.html>
- Saura i Carulla, C. (2003). *Arquitectura y Medio Ambiente*. Architectonics Mind, Land and Society. 1era Ed. (pp 73-78, 157-159). Barcelona, España.
- Schjetnam, M. Clavillo J. & Peniche, M. (1997). *Principios de Diseño Urbano Ambiental*. México D.F. 2da. Impresión Colombia
- Schiavon S. Hoyt T. & Piccioli A. (2014). Web application for thermal comfort visualization and calculation according to ASHRAE Standard 55. Center for the Built Environment, University of California, Wurster Hall, Berkeley, CA 94720-1839. Recuperado de <http://escholarship.org/uc/item/4db4q37h>
- Schwartz, E. (2004). *El escenario más probable del Sector Forestal en el 2020 - Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina*. Informe Nacional Perú. Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/007/j4024s/j4024s00.htm#TopOfPage>
- Senosiain, J. (1996). *Bio Arquitectura – En busca de un espacio*. 1era Ed. México D.F. México.
- SERNANP - Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. Ministerio del Ambiente – MINAM (2014). *Plan Maestro 2013-2018 del Parque Nacional del Manu*. 1era Ed. Lima. Perú. Recuperado de http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/planes_maestros_2014/Plan%20Maestro%202013-2018%20PN%20Manu%20ver%20pub.pdf

- SERNANP - Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. Ministerio del Ambiente – MINAM (2014). *Plan Maestro Diagnostico 2013-2018 del Parque Nacional del Manu*. 1era Ed. Lima. Perú. Recuperado de http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/planes_maestros_2014/Diagnostico%202013-2018%20PN%20Manu%20ver%20pub.pdf
- Silveira M. (1999). Ecological Aspects of Bamboo - Dominated Forest in Southwestern Amazonia: An Ethnoscience Perspective. *ECOTROPICA - An International Journal of Tropical Ecology*, the German Society for Tropical Ecology, 5 (1) 213-216, Univeridade de Brasilia, Departamento de Ecología. Brasilia, DF, Brasil.
- Silva, F.& López, L. (2000). *Comportamiento Sismo Resistente de Estructuras en Bahareque*. (Tesis de pregrado inédita).Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Manizales, Caldas, Colombia.
- Szokolay, S. (2007). *Introduction to Architectural Science. The Basis of Sustainable Design*. 2nd Ed, Elsevier. USA. Recuperado de http://www.petronet.ir/documents/10180/2324291/Introduction_to_Architectural_Science
- Stern, M. (2002). *Valoración de la paca y marona (Bambusoideae: Guadua spp.) en Madre de Dios: Importantes recursos naturales del bosque para el futuro*. Informe del Proyecto Manejo y Aprovechamiento de la Paca (*Guadua sarcocarpa*), INRENA. Perú.
- Takahashi, J. & Ascencios, D. (2004). *Inventario de Bambú en el Perú*. Informe Final GTZ. Contrato 01.2459.4-001.00/PI-030/03. Lima, Perú.
- The European Commission, Directorate General XVII for Energy, Energy Research Group (ERG) de University College Duplin, Consejo de Arquitectos de Europa (CAE), Softech (Turín) y Suomen Arkkitehtiliitto (SAFA) de Helsinki (2007). *Un Vitruvio Ecológico Principios y Practica del Proyecto Arquitectónico Sostenible*. Barcelona, España: Gustavo Gili.
- Torezan J.M.D. & Silveira, M. (2000). The Biomass of Bamboo (*Guadua weberbaueri* Pilger open forest of Southwestern Amazon), *ECOTROPICA - An International Journal of Tropical Ecology*, Society for Tropical Ecology, 6 (1).
- Torres, J.L. (2010). *Climatización considerando el ahorro de energía y el confort térmico de las personas en ambientes dedicaos a tareas de oficina*. (Tesis de maestría) Universidad Tecnológica Nacional – UTN. Argentina.

- Tovar, O. (1993). *Las Gramineas (Poaceae) del Perú*. RUISIA, Monografías del Real Jardín Botánico, CSIC, Tomo 13, (pp 13-57). 1era Ed. Madrid, España.
- United Nations Environment Programme - World Conservation M (2008). Manu National Park, Peru. The Encyclopedia of Earth. Topic Editor: Mark McGinley. Recuperado de <http://www.eoearth.org/view/article/154442/>
- UPC - Universitat Politècnica de Catalunya (2016). *Valoración del ambiente térmico: métodos*. Curso Online UPCplus, Sabentis, www.upcplus.com
- Van der Lugt, P. Van den Dobbelsteen, A. & Janssen, J. (2005). An environmental, economic and practical assessment of bamboo as a building material for supporting structures. *Construction and Building Materials*, 20 (2006) 648–656. Elsevier. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061805001157>.
- Van der Lugt P. Vogtländer, J & Brezet, H. (2009). *Bamboo, a Sustainable Solution for Western Europe Design Cases, LCAs and Land-use*. INBAR Technical Report No. 30. Delft University of Technology.
- Van der Ryn, S. & Cowan S. (1996). *Ecological Design*. Washington DC, USA: Island Press.
- Villegas F. (2005). *Comparación Consumos de Recursos Energéticos en la Construcción de Vivienda Social Guadua Vs Concreto* (Tesis de maestría inédita). Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Instituto de Estudios Ambientales IDEA. Manizales, Colombia.
- Walker, B. & Nascimento, M. (1998). Fire penetration in standing Amazon forests. *Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Santos. INPE, pp. 1471-1482. Brasil.
- Zea E. & Harbert G. (2014). Environmental impacts of bamboo-based construction materials representing global production diversity. *Journal of Cleaner Production* 69, 117-127. Elsevier.

Anexo I.1

Tabla A1.1 Características de diseño convencional y ecológico

Problema	Diseño convencional	Diseño ecológico
Recurso energético.	Por lo general, no renovable y destructivo, dependiendo de los combustibles fósiles o la energía nuclear; el diseño consume capital natural.	Siempre que sea posible, renovable: solar, eólica, hidráulica a pequeña escala, o la biomasa; el diseño vive de la renta solar.
Uso de materiales	Materiales de alta calidad se utilizan sin cuidado y resultan materiales tóxicos y de baja calidad que son desechados en el suelo, el aire y el agua.	Restaura materiales en ciclo de vida, en la que los residuos de un proceso se convierten en materias primas para el siguiente; diseño pensando en la reutilización, el reciclado, la flexibilidad, la facilidad de reparación, y durabilidad.
Polución - contaminación al medio ambiente.	Abundante y propia	Minimiza; escala y composición de los residuos, se ajustan a la capacidad de los ecosistemas para absorberlos.
Sustancias tóxicas	Común y destructiva, que van desde pesticidas a las pinturas.	Se utiliza escasamente en circunstancias muy especiales.
Contabilidad ecológica	Limitado al cumplimiento de los requisitos obligatorios como los informes de impacto ambiental.	Sofisticado y constructivo; cubre una amplia gama de impactos ecológicos durante todo el ciclo de vida del proyecto, desde la extracción de materiales hasta el reciclado final de los componentes.
Ecología y Economía	Se percibe en oposición, visión a corto plazo	Se percibe compatible, visión a largo plazo
Criterios de diseño	Se enfoca en la economía, la costumbre y la comodidad	Se enfoca la salud humana y de los ecosistemas, la economía ecológica
Sensibilidad al contexto ecológico	La plantilla de los Estándares se replican en todo el planeta con poca consideración en la cultura y lugar; los rascacielos se ven igual desde Nueva York hasta El Cairo.	Responde a la bioregión: el diseño se integra con el paisaje local, la vegetación, los materiales, la cultura, el clima, la topografía; las soluciones crecen de un lugar.
Sensibilidad al contexto cultural	Tiende a construir una cultura global homogénea; destruye localidades comunes.	Respeto y nutre el conocimiento tradicional del lugar, los materiales y tecnologías locales.
Diversidad biológica, cultural y económica	Emplea diseños estandarizados con alta energía y materiales contaminantes, que afectan a la biodiversidad, cultura y económica.	Mantiene la biodiversidad y las culturas locales y se adapta, así como a la economía que las sostienen.
Conocimiento base	Enfoque disciplinario reducido	Se integran múltiples disciplinas en el diseño y una amplia gama de las ciencias. Enfoque transdisciplinario.
Escala espacial	Tiende a trabajar a una escala en un momento	El diseño se integra a través de múltiples escalas, lo que refleja la influencia de las escalas más grandes en escalas más pequeñas y las pequeñas en grandes.
Sistema completo	Divide los sistemas a lo largo de los límites que no reflejan los procesos naturales fundamentales.	Funciona con los sistemas completos; produce diseños que proporcionan el mayor grado posible de integridad y coherencia interna.
El rol de la naturaleza	El diseño debe ser impuesto a la naturaleza para proporcionar control y satisfacer las necesidades humanas estrictamente definidas.	Incluye la naturaleza como un socio: siempre que sea posible, sustituye el diseño inteligente propio de la naturaleza para una gran dependencia de los materiales y la energía
Metáforas fundamentales	Máquina, producto, pieza	Célula, organismo, ecosistema
Nivel de participación	Los expertos no están dispuestos a comunicar a la comunidad, no ya participación.	Compromiso de debatir y participar; todo el mundo está facultado para participar en el proceso de diseño.
Tipos de aprendizaje	La naturaleza y la tecnología están ocultos; el diseño NO nos enseña a través del tiempo	La naturaleza y la tecnología se hacen visibles; el diseño nos acerca a los sistemas que fundamentalmente nos sostienen.
Respuesta a la crisis de sostenibilidad	Visión de la cultura y la naturaleza como enemigas, trata de frenar la velocidad de las cosas que están empeorando mediante esfuerzos leves de conservación, sin cuestionar las suposiciones fundamentales	Visión la de la cultura y la naturaleza como símbolos potenciales; va en búsqueda de prácticas que regeneran activamente la salud humana y del ecosistema.

Fuente: Ecological design / Sim Van der Ryn and Stuart Cowan. — 10th anniversary ed.

Anexo II.1

Tabla A2.1 Tabla de siglas y símbolos utilizados para el Confort Térmico

Siglas y símbolos		
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers	American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers
clo	Unit of clothing insulation [$m^2 \cdot K/W$]	Unidad de aislamiento de la ropa [$m^2 \cdot K/W$]
HVAC	Heating, Ventilation and Air-Conditioning	Calefacción, ventilación y aire acondicionado
ISO	International Standar	Estandar Internacional
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design	Sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council).
met	Unit of metabolic activity [W/m^2]	Unidad de actividad metabólica [W/m^2]
PMV	Predicted Mean Vote [-]	Índice de voto medio previsto [-]
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied [%]	Porcentaje previsto de personas insatisfechas [%]
TRM	Mean radiant temperature [$^{\circ}C$]	Temperatura radiante media [$^{\circ}C$]
rh	Relative humidity [%]	Humedad Relativa [%]
SET	Standard Effective Temperature [$^{\circ}C$]	Temperatura efectiva media [$^{\circ}C$]

Fuente: Normative Appendix A – Activity levels, Metabolic Rates for typical Tasks, ASHRAE 55 (ASHRAE 55, 2004).

Anexo II.2

Tabla A2.2 Tazas metabólicas para tareas típicas

Activity	Met Units	Metabolic Rate	
		W/m ²	(Btu/h-ft ²)
Resting			
Sleeping	0.7	40	(13)
Reclining	0.8	45	(15)
Seated, quiet	1.0	60	(18)
Standing, relaxed	1.2	70	(22)
Walking (on level surface)			
0.9 m/s, 3.2 km/h, 2.0 mph	2.0	115	(37)
1.2 m/s, 4.3 km/h, 2.7 mph	2.6	150	(48)
1.8 m/s, 6.8 km/h, 4.2 mph	3.8	220	(70)
Office Activities			
Seated, reading, or writing	1.0	60	(18)
Typing	1.1	65	(20)
Filing, seated	1.2	70	(22)
Filing, standing	1.4	80	(26)
Walking about	1.7	100	(31)
Lifting/packing	2.1	120	(39)
Driving/Flying			
Automobile	1.0-2.0	60-115	(18-37)
Aircraft, routine	1.2	70	(22)
Aircraft, instrument landing	1.8	105	(33)
Aircraft, combat	2.4	140	(44)
Heavy vehicle	3.2	185	(59)
Miscellaneous Occupational Activities			
Cooking	1.6-2.0	95-115	(29-37)
House cleaning	2.0-3.4	115-200	(37-63)
Seated, heavy limb movement	2.2	130	(41)
Machine work			
sawing (table saw)	1.8	105	(33)
light (electrical industry)	2.0-2.4	115-140	(37-44)
heavy	4.0	235	(74)
Handling 50 kg (100 lb) bags	4.0	235	(74)
Pick and shovel work	4.0-4.8	235-280	(74-88)
Miscellaneous Leisure Activities			
Dancing, social	2.4-4.4	140-255	(44-81)
Calisthenics/exercise	3.0-4.0	175-235	(55-74)
Tennis, single	3.6-4.0	210-270	(66-74)
Basketball	5.0-7.6	290-440	(92-140)
Wrestling, competitive	7.0-8.7	410-505	(129-160)

Fuente: Normative Appendix A – Activity levels, Metabolic Rates for typical Tasks, ASHRAE STANDARD 55 (ASHRAE 55, 2004).

Anexo II.3

Tabla A2.3a Aislamiento de la Ropa para conjuntos típicos

Clothing Description	Garments Included ^b	I_{cl} (clo)
Trousers	1) Trousers, short-sleeve shirt	0.57
	2) Trousers, long-sleeve shirt	0.61
	3) #2 plus suit jacket	0.96
	4) #2 plus suit jacket, vest, T-shirt	1.14
	5) #2 plus long-sleeve sweater, T-shirt	1.01
	6) #5 plus suit jacket, long underwear bottoms	1.30
Skirts/Dresses	7) Knee-length skirt, short-sleeve shirt (sandals)	0.54
	8) Knee-length skirt, long-sleeve shirt, full slip	0.67
	9) Knee-length skirt, long-sleeve shirt, half slip, long-sleeve sweater	1.10
	10) Knee-length skirt, long-sleeve shirt, half slip, suit jacket	1.04
	11) Ankle-length skirt, long-sleeve shirt, suit jacket	1.10
Shorts	12) Walking shorts, short-sleeve shirt	0.36
Overalls/Coveralls	13) Long-sleeve coveralls, T-shirt	0.72
	14) Overalls, long-sleeve shirt, T-shirt	0.89
	15) Insulated coveralls, long-sleeve thermal underwear tops and bottoms	1.37
Athletic	16) Sweat pants, long-sleeve sweatshirt	0.74
Sleepwear	17) Long-sleeve pajama tops, long pajama trousers, short 3/4 length robe (slippers, no socks)	0.96

a Data are from Chapter 8 in the 2001 ASHRAE Handbook—Fundamentals

b All clothing ensembles, except where otherwise indicated in parentheses, include shoes, socks, and briefs or panties. All skirt/dress clothing ensembles include pantyhose and no additional socks.

Fuente: Table B1 Clothing Insulation Values for Typical Ensembles^a, ASHRAE 55 (ASHRAE 55, 2004).

Tabla A2.3b Aislamiento de las prendas

Garment Description ^b	I_{clu} (clo)	Garment Description ^b	I_{clu} (clo)
Underwear		Dress and Skirts^c	
Bra	0.01	Skirt (thin)	0.14
Panties	0.03	Skirt (thick)	0.23
Men's briefs	0.04	Sleeveless, scoop neck (thin)	0.23
T-shirt	0.08	Sleeveless, scoop neck (thick), i.e., jumper	0.27
Half-slip	0.14	Short-sleeve shirtdress (thin)	0.29
Long underwear bottoms	0.15	Long-sleeve shirtdress (thin)	0.33
Full slip	0.16	Long-sleeve shirtdress (thick)	0.47
Long underwear top	0.20	Sweaters	
Footwear		Sleeveless vest (thin)	0.13
Ankle-length athletic socks	0.02	Sleeveless vest (thick)	0.22
Pantyhose/stockings	0.02	Long-sleeve (thin)	0.25
Sandals/thongs	0.02	Long-sleeve (thick)	0.36
Shoes	0.02	Suit Jackets and Vests^d	
Slippers (quilted, pile lined)	0.03	Sleeveless vest (thin)	0.10
Calf-length socks	0.03	Sleeveless vest (thick)	0.17
Knee socks (thick)	0.06	Single-breasted (thin)	0.36
Boots	0.10	Single-breasted (thick)	0.42
Shirts and Blouses		Double-breasted (thin)	0.44
Sleeveless/scoop-neck blouse	0.13	Double-breasted (thick)	0.48
Short-sleeve knit sport shirt	0.17	Sleepwear and Robes	
Short-sleeve dress shirt	0.19	Sleeveless short gown (thin)	0.18
Long-sleeve dress shirt	0.25	Sleeveless long gown (thin)	0.20
Long-sleeve flannel shirt	0.34	Short-sleeve hospital gown	0.31
Long-sleeve sweatshirt	0.34	Short-sleeve short robe (thin)	0.34
Trousers and Coveralls		Short-sleeve pajamas (thin)	0.42
Short shorts	0.06	Long-sleeve long gown (thick)	0.46
Walking shorts	0.08	Long-sleeve short wrap robe (thick)	0.48
Straight trousers (thin)	0.15	Long-sleeve pajamas (thick)	0.57
Straight trousers (thick)	0.24	Long-sleeve long wrap robe (thick)	0.69
Sweatpants	0.28		
Overalls	0.30		
Coveralls	0.49		

a Data are from Chapter 8 in the 2001 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

b "Thin" refers to garments made of lightweight, thin fabrics often worn in the summer; "thick" refers to garments made of heavyweight, thick fabrics often worn in the winter.

c Knee-length dresses and skirts.

d Lined vests.

Fuente: Table B2 Garment insulation, ASHRAE STANDARD 55 (ASHRAE 55, 2004).

Anexo II.4

Ecuación para calcular el Voto Medio Previsto (Predicted Mean Vote – PMV) – ISO 7730

Calculate the PMV using Equations (1) to (4):

$$PMV = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \cdot \left\{ \begin{array}{l} (M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5\,733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] \\ -1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5\,867 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) \\ -3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \end{array} \right\} \quad (1)$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot \left\{ 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \right\} \quad (2)$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{for } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} & \text{for } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \end{cases} \quad (3)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 I_{cl} & \text{for } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 I_{cl} & \text{for } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{cases} \quad (4)$$

where

M is the metabolic rate, in watts per square metre (W/m^2);

W is the effective mechanical power, in watts per square metre (W/m^2);

I_{cl} is the clothing insulation, in square metres kelvin per watt ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$);

f_{cl} is the clothing surface area factor;

t_a is the air temperature, in degrees Celsius ($^{\circ}\text{C}$);

\bar{t}_r is the mean radiant temperature, in degrees Celsius ($^{\circ}\text{C}$);

v_{ar} is the relative air velocity, in metres per second (m/s);

p_a is the water vapour partial pressure, in pascals (Pa);

h_c is the convective heat transfer coefficient, in watts per square metre kelvin [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$];

t_{cl} is the clothing surface temperature, in degrees Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

NOTE 1 metabolic unit = 1 met = 58,2 W/m^2 ; 1 clothing unit = 1 clo = 0,155 $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C/W}$.

Anexo II.5

CBE Thermal Comfort Tool” - ASHRAE-55.

Estructura de aplicación web y Algoritmo de velocidad levada del aire

Schiavon S. Hoyt T. & Piccioli A. (2014).

Estructura de la aplicación web

Las aplicaciones establecidas en el navegador tienen la ventaja de ser multiplataforma y centralizada, así como tener bibliotecas de visualización y de interfaz del usuario de fácil acceso, competente y fáciles de usar. La herramienta cuenta con varias bibliotecas de JavaScript de código abierto, incluyendo d3, jQuery y jQueryUI. La biblioteca d3 permite visualizaciones basadas en navegador interactivas de datos (Bostock 2012). Proporciona una interfaz potente para manipular el Documento Objetivo Modelo- Document Object Model (DOM) y los datos de mapeo de atributos visuales de los elementos DOM como polígonos, líneas o círculos.

Las visualizaciones son objetos vectores gráficos - Scalable Vector Graphics (SVG), con elementos que se controlan de forma dinámica por la entrada del usuario.

La zona de confort azul, definida como la región satisfactorio $-0,5 < PMV < 0,5$, es un polígono con vértices SVG mapeadas a partir del resultado de soluciones iterativas localizando el límite de confort. jQuery es una biblioteca ampliamente utilizada para manipular HTML y para la creación de interfaces interactivas. Proporciona una sintaxis concisa para la selección de los elementos DOM, funciones de unión a los eventos, y el desarrollo de aplicaciones Ajax. jQueryUI es una librería de elementos interactivos que permite crear fácilmente interfaces (The jQuery Foundation 2013a; The jQuery Foundation 2013b).

El motor de cálculo de la herramienta consta de dos objetos principales de JavaScript. Uno contiene todas las funciones relacionadas con el modelo de confort de computación, incluyendo el modelo PMV, modelo SET, modelo de adaptación de Comfort, y el modelo velocidad elevada del aire. La otra contiene utilidades de conversión psicrométricos, lo que permite a los cinco índices de humedad (humedad relativa, la relación de humedad, temperatura de bulbo húmedo, la temperatura del punto de rocío, y la presión de vapor) para ser utilizados indistintamente. El código de la interfaz de usuario se compone de visualizaciones impulsadas por d3, interacciones de interfaz, y la entrada y el procesamiento de salida. Aplicaciones avanzadas y visualizaciones de los modelos de confort y psicrométrica descritos a continuación utilizan las mismas bibliotecas y núcleo de JavaScript como la aplicación principal.

Algoritmo de velocidad elevada del aire

Los modelos de Confort empleados e la herramienta incluyen el modelo PMV, el modelo de velocidad elevada del aire y el modelo de adaptación de Confort. Los algoritmos PMV y de adaptación de Confort están disponibles en (ANSI / ASHRAE 2010) y por lo tanto no se describen en detalle aquí. Para la velocidad del aire por debajo de 0,15 m / s se utiliza el modelo PMV, y para una mayor velocidad del aire se utiliza el modelo de elevada velocidad del aire.

El algoritmo de elevada velocidad de aire no se describe en el estándar 2010 y nuestra aplicación es diferente de ASHRAE Thermal Comfort Tool (2010). Pensamos que la siguiente aplicación es más precisa y predecimos que será incluido en la Norma ASHRAE 55-2013.

Supongamos T_{db} es la temperatura de bulbo seco y v_{elev} es la velocidad del aire de tal manera que $v_{elev} > 0.15 \text{ m/s}$. Let $v_{still} = 0.15 \text{ m/s}$. Se considera funciones PMV y SET las cuales toman seis parámetros, que vamos a denotar la taquigrafía PMV ($\cdot, *$) y SET ($\cdot, *$). Las variables de importancia se indicarán explícitamente, mientras que las variables que son invariantes se denotan con el $*$ taquigrafía. Las variables que nos referiremos son explícitamente temperatura de bulbo seco (T_{db}), temperatura radiante media (MRT), la velocidad del aire (v) y humedad relativa (rh).

La aplicación web en su lugar utiliza el modelo SET para encontrar la temperatura de bulbo seco equivalente en aire quieto que produce la misma salida SET como la condición de velocidad elevada del aire. Para definir la ajustada temperatura de bulbo T_{adj} ajustado, afirmamos que satisface la siguiente:

$$SEY(T_{db}, v_{elev}, *) = SET(T_{adj}, v_{still}, *) [1]$$

Es decir, el ajuste de la temperatura de bulbo seco rinde aun el mismo SET de aire como lo hace la actual temperatura de bulbo seco con la velocidad elevada del aire. Para determinar T_{adj} debe ser empleado una solución alterantiva iterativo. Utilizamos tanto los métodos iterativos secantes y bisección para encontrar una solución rápida y fiable. La raíz de la función de error satisface la definición de T_{adj} :

$$PMV_{adj} = (T_{adj}, v_{still}, *) [3]$$

Una aplicación principal de los modelos PMV / PDD y de velocidad elevada de Aire, es encontrar el límite de confort para una condición de entrada dada. El resultado de este cálculo determina los vértices de los polígonos de la zona de confort que se muestran en los gráficos de humedad y temperatura psicrométricos-relativa. Este es otro caso de emplear un proceso de raíz de investigación para encontrar la condición que satisface una restricción. En este caso, se repite sobre un conjunto de valores de humedad relativa $rh = \{0, 10, 20, \dots, 100\}$, al mismo tiempo que se soluciona para las temperaturas de bulbo seco T_{left} y T_{right} , i , los

cuales el par $(T_{left,i}, r_{hi})$ se encuentra a la derecha del confort límite ($PMV = 0,5$). Así T_{left} , satisface $PMV(T_{left}, i, r_{hi}, *) = -0,5$, mientras T_{right}, i satisface $PMV(T_{right}, i, r_{hi}, *) = 0,5$ y los límites son las raíces de:

$$E_{left}(T) = PMV(T, r_{hi}, *) + 0.5 \quad [4]$$

$$E_{right}(T) = PMV(T, r_{hi}, *) - 0.5 \quad [5].$$

La colección de soluciones define los vértices de la zona de confort.

Anexo III.1

Identificación Taxonómica

Montenegro, Quindío, 15 de Febrero 2015

Arquitecta
TANIA CERON
Lima, Perú

ASUNTO: Identificación de una especie de *Guadua* amazónica y su fenología.

Estimada Arq. Cerón,

En enero del año 2013 recibí una solicitud de su parte para identificar una especie de *Guadua* que crece específicamente en Villa Carmen, Píllkopata, Cuzco, Perú.

Utilizando como herramienta 6 fotos que me adjuntó a la comunicación, le respondí con carta del 12 de enero que la especie la identificaba como *Guadua sarcocarpa* subsp. *purpureacea* Londoño & Peterson. Para mayor información sobre la misma se recomendó revisar el artículo X. Londoño & P. M. Peterson (1991) *Guadua sarcocarpa* (Poaceae: Bambuseae), a New Species of Amazon Bamboo with fleshy fruits, *Systematica Botany* 16(4): 630-638.

La especie *G. sarcocarpa* se identifica fácilmente cuando está en flor. Sin embargo hay una serie de caracteres morfológicos a nivel del follaje que pueden ayudar a su identificación cuando no hay flor los cuales anexo a continuación:

- Lámina foliar por la superficie abaxial o el envés ligeramente pilosa (con pelos) a glabra (sin pelos) y con mucha venación teselada; mientras que por la superficie adaxial o haz es glabra (sin pelos).
- El Pseudopetiole es glabro en ambas superficies y plano.
- La ligula interna de la vaina foliar es corta, brillante, cóncava, con un parche de pelos en la base; la ligula puede tener pelos muy pequeños (puberulosa) o ser glabra.
- La vaina foliar tiene márgenes lisos y finos como un papel, no presenta cilias y la superficie es glabrescente.

También se recomendó en esa fecha consultar el artículo "Cómo Recolectar Bambúes" (1992) el cual es una traducción al español del artículo de Young & Soderstrom (1983).

Con relación a la pregunta si *G. sarcocarpa* tiene ciclo de floración gregario le respondo lo siguiente:

En cuanto a *G. weberbaueri* sé que no presenta floración gregaria. Esto lo he evidenciado en mis viajes de estudio a la cuenca amazónica, en donde he podido evidenciar que puede florecer un culmo y no morir toda la población.

Guadua sarcocarpa no tiene un estudio fenológico detallado, así que yo no me atrevo a decir cuál es el tipo de floración exacta que presenta. Lo del artículo de McMichael et al. (2014) que me envías, en donde mencionan ciclos de 28 a 30 años, lo hacen con base al

Intervalo ya que en esa cuenca amazónica hay más de 6 especies de *Guadua* conviviendo en el mismo lugar.

Lo de la floración gregaria es de suma importancia para el impacto de sostenibilidad y también para el tema de potencial económico. Yo pienso que la floración de *G. sarcocarpa* no es gregaria y que es parecida a la de *G. weberbaueri*.

Las otras dos especies que menciona, *Guadua aculeata* y *Guadua inermis*, presentan la siguiente fenología:

Pátzcuaro, Michoacán, a 14 de enero de 2014

Arq. Tania Cerron Oyague
Sociedad Peruana del bambú

Estimada Arq. Cerron:

Por medio de la presente, le enviamos un cordial saludo y aprovechamos para enviarle la información de los nombres científicos de las especies de bambú que Usted tan amablemente nos envió para su identificación.

Por lo que pudimos observar por las fotografías y con referencia en similares especies cultivadas en México y Estados Unidos llegamos a la conclusión de que las especies son:

Bambusa oldhamii Munro

Dendrocalamus asper (Schult. & Schult. f.) Backer ex K. Heyne

Bambusa oldhamii, es un bambú originario de China, cultivado en Taiwan por sus altas cualidades para consumirlo como alimento cuando están brotando los culmos. Es un bambú de 6 a 12(15) m de alto con diámetros que alcanzan los 10 cm. Los entrenudos son flexuosos, glabros inicialmente cubiertos de cera blanca. Culmos rectos solo encorvándose en las puntas. Las vainas son de consistencia de cuero con pelos de color café pronto deciduos y llegando a ser glabros. Las vainas son deciduas con la lámina erecta y la ramificación siempre es hacia el tercio apical del culmo.

Para la identificación de esta especie nos basamos en las fotografías, de los culmos rectos de color verde oscuro, la ramificación y la vaina caulinar y en los cortes donde se aprecia el espesor de las paredes.

Esta especie es ampliamente cultivada en México, como ornamental y en la región de Xalapa y ciudades aledañas es cultivada para una diversidad de usos, en la construcción, cercos, y muebles principalmente.

Dendrocalamus asper, especie originaria de Asia (China, Indonesia, Laos, Malasia, Filipinas y Tailandia). Es un bambú de gran tamaño alcanzando los 20 metros con

Centro Regional del Bajío

Correo electrónico: eduardo.ruiz@inecol.mx tel: (434) 342 2698, fax: (434) 342 2699
Av. Lázaro Cárdenas 253, AP 386, 61600 Pátzcuaro, Michoacán, México

diámetros de 6 a 10 (12) cm. Las vainas cuando jóvenes son verdes todas deciduas con consistencia de cuero, con setas orales presentes de color café. Las láminas caulinares son reflexas y deciduas. Los entrenudos son pubescentes con cilios de color café claro cuando jóvenes, desarrolla raíces adventicias en los nudos basales y en los mismos con el desarrollo se observa en la línea nodal un manchón de cilios de color café en la parte superior e inferior de la línea nodal. Son culmos rectos, arqueándose apicalmente.

Para la identificación de esta especie con base en las fotografías proporcionadas, fue principalmente en los culmos, vainas. Aunque la persiste la duda de que podría ser *Dendrocalamus giganteus*. Ya que en las fotografías se observan plantas con tallas muy grandes y culmos de más de 15 cm de diámetro. Sin embargo en las fotografías no se puede observar si las vainas presentan setas orales o no. Si los culmos son de más de 15 cm de diámetro y no presentan setas orales en la parte superior de la vaina sería *Dendrocalamus giganteus* y no *D. asper*.

En México esta especie está recientemente introducida, pero en Florida, Estados Unidos la cultivan como ornamental. Sin duda es una especie que podría utilizarse en la construcción por sus dimensiones tanto de talla como espesor de las paredes.

Nos despedimos de Usted reiterándole nuestros más distinguidos saludos.

Atentamente



<p>Dr. Eduardo Ruiz Sánchez Investigador Titular A Especialista en bambúes Mesoamericanos INECOL, Centro Regional del Bajío Red de Biodiversidad y Sistemática Director de Bambúes de las Américas (BOTA)</p>	<p>Robert Saporito American Bamboo Society/Florida Caribbean Chapter Especialista en bambúes Tropicales Tropical Bamboos</p>
--	---

Anexo III.2

Ensayos Físico Mecánicos – Interpretación de resultados

Propiedades físico mecánicas de tres especies de bambú de Villa Carmen, Pilcopata, Cusco.
Contenido de humedad, compresión paralelo a la fibra y corte paralelo a la fibra (Cerrón,
2013)

UNI- Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Laboratorio, N1
Ensayo de Materiales. 2013. Interpretación de Resultados (Exp.12-2839). Expediente 13-
0049. Lima, Perú.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

1

Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES
MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : TANIA MILUSKA CERRON OYAGUE
Obra : BOUGGALOW BAMBU – ENSAYOS
Ubicación : VILLA CARMEN, PILCOPATA CU.SCO
Asunto : Interpretación de Resultados (Exp.12-2839)
Expediente : 13-0049
Recibo : 0285367
Fecha : 18/01/13

INTRODUCCIÓN

Para la interpretación de los resultados de los ensayos de bambú, se ha tomado como referencia la Norma E-010 MADERA, E-100 BAMBÚ del REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES e investigaciones realizadas sobre estos materiales.

En el Artículo 5 de la Norma de Madera, se indica que el Agrupamiento de la Madera se basa en los valores de la densidad básica y de la resistencia mecánica, estableciéndose en base a ellas los valores admisibles.

En el Artículo 6 Incorporación de especies a los grupos se indica que se tomarán los resultados de ensayos de flexión de un mínimo de 30 vigas de maderas de tamaño natural provenientes por lo menos de 5 árboles por especie.





ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

En el presente caso, se realizaron ensayos de contenido de humedad, cizallamiento y compresión de 05 muestras de tres especies identificadas como, Guadua sarcocarpa subsp. Purpurea Londoño & Peterson, Asiático y Dendrocalamus, cuyos resultados se muestran en el siguiente Cuadro:

ESPECIE	Humedad promedio %	Cizallamiento promedio (kg/cm ²)	Compresión promedio (kg/cm ²)
Guadua sarcocarpa subsp. Purpurea Londoño & Peterson	14.96	114.52	416.94
Asiático	15.52	113.04	459.7
Dendrocalamus	11.36	100.82	460.64

En ensayos de 30 muestras de bambú realizados en investigaciones anteriores sobre la guadua angustifolia, se ha encontrado que el 5to percentil representaba alrededor del 60% del valor promedio en los ensayos de cizallamiento y entre 64% y 80% en los ensayos de compresión.

Si asumiéramos que el promedio (de 5 muestras y no de 30 muestras) y la variabilidad fueran similares a dichos ensayos, el 5to percentil sería:

ESPECIE	Humedad promedio %	Cizallamiento (kg/cm ²)	Compresión (kg/cm ²)
Guadua sarcocarpa subsp. Purpurea Londoño & Peterson	14.96	68.71	266.84
Asiático	15.52	67.82	294.21
Dendrocalamus	11.36	60.49	294.81



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

3

Facultad de Ingeniería Civil LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA

Y los valores admisibles, tomando como referencia los factores de reducción utilizados para la Madera y los estudios realizados sobre el Bambú, serían:

ESPECIE	Humedad promedio %	Cizallamiento admisible (kg/cm ²)	Compresión admisible (kg/cm ²)
Guadua sarcocarpa subsp. Purpurea Londoño & Peterson	14.96	17.18	133.42
Asiático	15.52	16.95	147.11
Dendrocalamus	11.36	15.12	147.81

Los valores admisibles indicados en la Norma de Bambú para el corte o cizallamiento y para la compresión son de 10 Kg/cm² y de 130 Kg/cm², con lo que podría concluirse que los valores de la Norma podrían ser utilizados para estas especies.

Se recomienda, sin embargo, realizar un mayor número de ensayos (La Norma de madera indica 30 muestras) para que los resultados que se consideren en la determinación de los valores admisibles, sean representativos estadísticamente.

Hecho por : Ing. Isabel Moroni


Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe

Anexo III.3

Cantidad de Bambúes

Tabla A3.1 Metrado de bambúes

Elementos de la estructura	Componente de la edificación (1)	Sección del cuadro	Especie														
			Guadua aztecocarpa						Bambusa oldhamii						Demisulcalamus asper		
			Ø 8 cm Longitud (ml)	Ø 8 cm Número de tallos (n) de fust (n)	Ø 6-7 cm Longitud (ml)	Ø 6-7 cm Número de tallos de fust (n)	bambúes chancados o esterilla Área (m ²)	bambúes chancados o esterilla Número de tallos de fust (n)	Ø 8 cm Longitud (ml)	Ø 8 cm Número de tallos de fust (n)	Ø 6-7 cm Longitud (ml)	Ø 6-7 cm Número de tallos de fust (n)	Ø 6 cm Longitud (ml)	Ø 6 cm Número de tallos de fust (n)	Ø 16 cm Longitud (ml)	Ø 16 cm Número de tallos de fust (n)	
Bambúes en forma natural																	
Estructura - Elementos estructurales principales: Cercas triangulares	2. Estructura y muros	cepa / basa / sobrebasa															
Estructura - Elementos de arrioste en cercas triangulares	2. Estructura y muros	cepa / basa / sobrebasa	26.00	4.33													
Muros - elementos verticales (cobaneetas)	2. Estructura y muros	cepa / basa					192.30	32.05									
Muros - elementos horizontales (vigas)	2. Estructura y muros	cepa / basa	187.60	31.27													
Muros - elementos de arrioste	2. Estructura y muros	cepa / basa	25.00	4.17													
Muros / interiores - elementos verticales	2. Estructura y muros	cepa / basa					36.00	6.00									
Muros / interiores - elementos horizontales	2. Estructura y muros	cepa / basa	33.6	5.60													
Tubiques en servicios - elementos verticales	2. Estructura y muros	cepa / basa / sobrebasa / varillón	90.00	15.00													
Estructura cobertura - Correas	2. Estructura y muros	cepa / basa / sobrebasa / varillón								248.40	41.40			25.00	4.17		
Barandas	2. Estructura y muros	varillón															
Bambúes chancados - esterilla (1,2 bambú por m²)																	
Cerramiento - Bambúes chancados	3. Cerramiento	cepa / basa / sobrebasa			140.00	116.67											
Cubierta - Bambúes chancados	4. Cubierta	cepa / basa / sobrebasa			130.00	108.33											
Total parcial de bambúes por genero y diametro (en ml y por unidad de tallos)			246.20	41.03	116.00	19.33	228.30	38.05	228.30	228.30	228.30	228.30	228.30	228.30	228.30	228.30	228.30
10 % de holgura para corte			24.62	4.10	11.60	1.93	22.83	3.81	22.83	22.83	22.83	22.83	22.83	22.83	22.83	22.83	22.83
Total de bambúes por genero y diametro (en ml y por unidad de tallos)			270.82	45.14	127.60	21.27	251.13	41.86	251.13	251.13	251.13	251.13	251.13	251.13	251.13	251.13	251.13

1. Los elementos de la estructura "integran los" componentes de la edificación" expuestos en el Capítulo III, ver Tabla III.15 Participación de los materiales por componente de la edificación.

Tabla A 3.2 Cantidad de bambúes utilizados por especie y diámetro, considerando el aprovechamiento del tallo según sus partes para uso en construcción.

Tabla A 3.2a

Tipología de bambúes empleados	Metrado general			Utilización de las partes del tallo					
	Longitud (ml)	Superficie (m2)	Número de tallos (n) (medida comercial= 6ml) por especie y diámetro	Longitud del tallo a utilizar, considerando las medidas de sus partes		Tallo según sus partes - Promedio de longitud útil para construcción = 13 ml.			
				Longitud del tallo a utilizar	Número de tallos aprovechados	cepa (3ml)	basa (3ml)	sobre basa (3ml)	varillon (4ml)
Forma natural-tallos									
<i>Guadua</i> Ø 8 cm	270.82		46.00	6ml	46	x	x		
<i>Guadua</i> Ø 6-7 cm	127.60		22.00	Se utilizan las 43 secciones de sobre basa de los tallos de diámetro mayor				x	
Chancados - esterilla									
<i>Guadua</i> chancada Ø 8 -7 cm		297.00	248.00	9ml / 1.80 por 1m2	165	x	x	x	
Forma natural-tallos									
<i>Bambusa</i> Ø 8 cm	251.13		42.00	6ml	42	x	x		
<i>Bambusa</i> Ø 6-7 cm	273.24		46.00	Se utilizan las 42 secciones de sobre basa y 42 de varillon de los tallos de diámetro mayor.				x	x
<i>Bambusa</i> Ø 6cm	27.50		5.00	9ml	3	x	x	x	
<i>Dendrocalamus</i> Ø 16cm	201.30		34.00	9ml	23	x	x	x	
Total de bambúes empleados	1,151.59	297.00	443.00						

Tabla A 3.2a

Tipología de bambúes empleados	Número de tallos considerando el aprovechamiento del tallo integral según sus partes para uso en construcción										Número de tallos aprovechables por especie
	Tallo según sus partes - Promedio de longitud útil para construcción = 13 ml.								Descripción de la utilización y aprovechamiento de los tallos		
	cepa (3ml)		basa (3ml)		sobre basa (3ml)		varillon (4ml)		Número y longitud de las partes del tallo a utilizar	Sobrantes	
	ml	u	ml	u	ml	u	ml	u			
Forma natural-tallos											
<i>Guadua</i> Ø 8 cm	135.41	46.00	135.41	46.00					46 secciones de cepa de 3ml y 46 secciones de basa de 3ml (Ø 8 cm)	43 secciones de basa de 3ml (Ø 7cm y Ø 6cm) del tallo que sobran, se utilizan en el grupo de menor diámetro.	46.00
<i>Guadua</i> Ø 6-7 cm					129.00	43.00			Se utilizan las 43 secciones de sobre basa de 3ml (Ø 7cm y Ø 6cm).	sobran 3 secciones de sobre basa y 46 de varillon para uso en muebles o artesanía.	
Chancados - esterilla											
<i>Guadua</i> chancada Ø 8 -7 cm	99.00	55.00	99.00	55.00	99.00	55.00			55 secciones de cepa de 3ml, 55 de basa de 3ml, y 55 de sobre basa de 3ml.	sobran 55 secciones de varillon para uso en muebles o artesanía	55.00
Forma natural-tallos											
<i>Bambusa</i> Ø 8 cm	126.00	42.00	126.00	42.00					42 secciones de cepa de 3ml y 42 de basa de 3ml (Ø 8 cm).	42 secciones de sobre basa de 3ml (Ø 7cm y Ø 6cm) y 37 de varillon de 4ml del tallo que sobran, se utilizan en el grupo de menor diámetro.	42.00
<i>Bambusa</i> Ø 6-7 cm					126.00	42.00	148.00	37.00	Se utilizan las 42 secciones de sobre basa de 3ml y 37 de varillon de 4ml (Ø 7cm y Ø 6cm), de los tallos de diámetro mayor (Ø 8cm)	Sobran 5 secciones de varillon para uso en muebles.	
<i>Bambusa</i> Ø 6cm	9.00	3.00	9.00	3.00	9.00	3.00			3 secciones de cepa de 3ml, 3 de basa de 3ml y 3 de sobre basa de 3ml. En total 3 tallos de Ø 6cm	Sobran 3 secciones de varillon para uso en muebles.	3.00
<i>Dendrocalamus</i> Ø 16cm	69.00	23.00	69.00	23.00	69.00	23.00			23 secciones de cepa de 3ml, 23 de basa de 3ml, y 23 sobre basa de 3ml.	sobran 23 secciones de varillon para uso en muebles.	23.00
Total de bambúes empleados											169.00

Anexo III.4

Diagnóstico de la aceptabilidad de los pobladores sobre el Modelo

Tabla A3.3 Ficha – Encuesta sobre el Modelo – cabaña de bambú

1.0 Ubicación												
Nombre de la calle o caserío:	Vella San Francisco						Fecha					
Distrito					Provincia			Nombres	N°4: F-15			
2.0 Características de la vivienda												
Unifamiliar	X				Agrupada			Otro tipo				
Cuantos años reside:	10 anos				Antes:	Rio carbon		Donde desea vivir:	Cusco			
N° de Pisos o niveles:	Uno			Dos	2		Autoconstruccion			Con maestro de obra	X	
Las paredes son	Madera			Adobe			Ladrillo	X	Los pisos de	Tierra	Cemento	X
Area techada (m2):	120			Los techos son de:	Madera/ Calamina	X		Madera/Paja			Cemento	
Tiene área social, estar o reposo?	si				Área aproximado:	10						
Tiene área de comedor?	si				Área aproximado:	8						
Tiene cocina independiente?	si				Área aproximado:	6						
Cocina a:	Leña	X			Kerosene			Briguetas			Otros	
Tiene área de trabajo?	Si				No	X		Área aproximado:				
N° de personas	Niños:	1			Niñas:			Adultos Hombres:	2		Adultos Mujeres:	2
Esta conforme con su vivienda?	Si	si			No			Por qué?	comodo			
Requiere mas área?	si				Corral	no		Huerto	no	Otros		
Es propia?					Es alquilada?							
Esta dispuesto a construir?	Si	si			No			Con que cuenta?				
Sí. En los proximos:	2 años	X			10 años			Dinero:			Ahorra al mes:	X
Si. Por qué? Mas comodo					Materiales:							
No. Por qué?					Mano de obra:							
Está en condicion de financiar su vivienda	no				Que le falta:	material						
Por qué?	Si			No			Dinero:			Materiales:		
3.0 Percepciones de la cabaña de bambu de ACCA												
Conoce la cabaña?	Si	X			No			Esta conforme?, le gusta?	Si	X	No	
Que es lo que le mas le gusta?	Bonito											
Conoce el interior de la cabaña?	Si			No	X		Que le gusta más?					
Como se siente en el interior de la cabaña	Confortable			No confortable			Por qué confortable o por que no					
Esta conforme con el material bambú?	Si	X			No			Por qué?	Si re bien			
Conocia esta tecnica de construir con bambu?	Si			No			Habia visto otro modelo igual antes?	Si			No	X
Que sugiere para mejorar la cabana?	Mas bambu											
Estaría dispuesto hacer su vivienda con bambú?	si											
Estaría dispuesto plantar o cultivar bambú?	si											
Estaría dispuesto capacitarse para construir con bambu?	si											
Le parece complicado - difícil?	no				Que sugeriría?	se debe usar mas						

4.0 Lugar de trabajo y abastecimiento									
Trabajo independiente		Trabajo Dependiente		Sector privado	X	Sector público		Otros	
Su trabajo se ubica en:		Villa Carme							
Caserío		Caserío vecino		Cercado		Reserva	X	Fuera de lugar	
Para abastecerse de artículos de primera necesidad: alimentos, vestidos, estudio, medicinas y otros acude a:									
Pilcopata									
Tiene local?		Pilcopata	X	Cusco		Capital - Lima		Otros	
Cuales de las necesidades de abastecimiento, las encuentra insatisfechas?									
Alimentos		Vestido		Estudios		Salud	X	Trabajo	
Cuáles son sus lugares preferidos para acceder al comercio y servicio?, en donde?									
Para alimentos	mercado	Vestido	mercado	Estudios		Servicios			

Figura A 3.1 Encuesta de un poblador

ENCUESTA SOBRE VIVIENDA

1.0 Ubicación

Nombre de la calle o caserío: Villa San Francisco

Dirección: Pilcopata

2.0 Características de la vivienda

Distancia: 10 años

¿Cuánto años reside? 10 años

Nº de pisos o niveles: 2

Las paredes son: Adobe

Área construida (m²): 120 m²

Tiene área social, sala o comedor? SI

Tiene área de comedor? SI

Tiene cocina independiente? SI

Cuánto m² de sala? 6.4 m²

Tiene área de trabajo? SI

Nº de personas: 7

¿Está satisfecho con su vivienda? SI

¿Registra más área? SI

¿Es propia? SI

¿Falta alguna cosa a construir? SI

¿De los materiales? SI

¿Por qué? mas comodo

¿Está en condiciones de financiar su vivienda? NO

¿Por qué? NO

3.0 Percepciones de la calidad de barrio de ACCA

¿Conoce la calidad? SI

¿Qué le gusta? comodo

¿Conoce el sector de la ciudad? SI

¿Conoce el interior de la ciudad? SI

¿Está conforme con el material usado? SI

¿Conoce más técnicas de construir con barro? SI

¿Quiere mejorar para mejorar la calidad? mas barro

¿Estaría dispuesto a hacer su vivienda con barro? SI

¿Estaría dispuesto a plantar o cultivar árboles? SI

¿Estaría dispuesto a capacitarse para construir con barro? SI

¿Le parece complicado - difícil? NO

4.0 Lugar de trabajo y abastecimiento

Trabajo independiente:

Trabajo Dependiente:

Sector privado:

Sector público:

Otros:

Se ubica en: Villa Coroma

Caserío: Caserío vecino

Cercado:

Reserva:

Fuera de lugar:

Para abastecerse de artículos de primera necesidad: alimentos, vestidos, estudio, medicinas y otros acude a: Pilcopata

Tiene local?

Pilcopata:

Cusco:

Capital - Lima:

Otros:

Cuales de las necesidades de abastecimiento, las encuentra insatisfechas?

Alimentos:

Vestido:

Estudios:

Salud:

Trabajo:

Cuales son sus lugares preferidos para acceder al comercio y servicio?, en donde?

Para alimentos: mercado

Vestido: mercado

Estudios:

Servicios:

Anexo III.5

Ficha 1- Encuesta de ambiente térmico

ENCUESTA DE AMBIENTE TÉRMICO	Número de la encuesta:	
Secciones en blanco para ser llenadas por el ocupante	Nombre del Encuestador:	
Datos del Ocupante:		
1. Nombre del ocupante:	14. Área de locación del ocupante	
2. Lugar de Procedencia - País, Lugar:	(Por favor con un x indica donde te estas ubicando.)	
3. Estatura y peso:		
4. Estado de Salud:		
5. Fecha:		
6. Hora: (tiempo de permanencia)		
7. Aproximadamente la temperatura de afuera (°F or °C):		
8. Cielo: <input type="checkbox"/> Claro con sol <input type="checkbox"/> Claro con luna <input type="checkbox"/> Mixto (sol y nubes) <input type="checkbox"/> nublado Alguna otra observación:		
9. Estación del año <input type="checkbox"/> Invierno <input type="checkbox"/> Primavera <input type="checkbox"/> Verano <input type="checkbox"/> Otoño		
10. Ropa de los ocupantes		SOLO DE USO PARA EL ENCUESTADOR
Por favor, consulte las tablas adjuntas. Coloque una marca junto a los artículos de la ropa que está usando actualmente. Si usted está usando prendas de vestir que no aparecen en la tabla, por favor describir lo que está usando en el espacio proporcionado a continuación.		Resumen de aislamiento de la ropa:
Artículo:		Total Icl =
Artículo:		
11. Nivel de actividad del Ocupante (Marque el que sea más apropiado)	Taza Metabolica (met)	
1. <input type="checkbox"/> Reclinado	1. 0.8 met	
2. <input type="checkbox"/> Sentada tranquila	2. 1.0 met	
3. <input type="checkbox"/> Oficina, escuela , leyendo	3. 1.2 met	
4. <input type="checkbox"/> De pie relajado	4. 1.2 met	
5. <input type="checkbox"/> Actividad permanente, caminando de un lado a otro rápido.	5. 1.6 met	
6. <input type="checkbox"/> Actividad Media, De pie	6. 2.0 met	
7. <input type="checkbox"/> Alta Actividad	7. 3.0 met	
Tomo agua durante la prueba?		
12. Equipamiento de la habitacion (Equipamiento que genera o quita la carga de calor.)	Total de calor agregado / sustraído	
Artículo (computadoras, copiadoras, iluminación, ventiladores, etc)	Cantidad	
13. Confort Térmico General de la habitación (Marque el más apropiado para usted)	Escala de sensación Térmica (Seven-point thermal sensation scale, ISO 7730)	
1. <input type="checkbox"/> Muy Caliente	1. + 3	
2. <input type="checkbox"/> Caliente	2. + 2	
3. <input type="checkbox"/> Poco caliente	3. + 1	
4. <input type="checkbox"/> Neutral	4. 0	
5. <input type="checkbox"/> Poco fría	5. - 1	
6. <input type="checkbox"/> Fresca	6. - 2	
7. <input type="checkbox"/> Fría	7. - 3	
Comentarios generales del ambiente:	Resumen del área evaluada	
	Tipo de habitación/edificio:	
	Humedad relativa afuera de la habitación %: 67	
	Temperatura del aire (°F or °C): 25.6	
	Velocidad del aire: 0.3 m/s	
	Radiación media solar: 1.5	
	Humedad : 69%	
	Número de ocupantes: 1	

Anexo III.6

Ficha 2 - Parámetros físicos ambientales - Interior de habitación experimental (E) y habitación local (L).

Parámetros físicos ambientales - Interior de la habitación experimental (E) y de la habitación local (L)
 N° día: / Fecha: / Tiempo de evaluación: / N° de personas por evaluación:

Hora		Ambiente a evaluar		N° y tipo personas		Parámetros físicos- variables ambientales											
		Habitación de Edificación Local - Vivienda	Habitación de Edificación Experimental	N° de Ocupantes	Procedencia (1)	Temperatura del aire - t _a				Temperatura radiante		Humedad Relativa		Velocidad del viento			
		L	E			Out	In		media - t _r (2)	temp-in	min	max	In	In			
Referencial	Campo					min	max	temp-out	min	max	temp-in	min	max	HR prom	min	max	
Mañana	06:00 am / 06:20am																
	06:30 am / 06:50 am																
	07:10 am / 07:30am																
	07:40 am / 08:00am																
	08:00 am / 08:20am																
Tarde	12:00 pm / 12:20 pm																
	12:30 pm / 12:50 pm																
	01:10 pm / 01:30 pm																
	01:40 pm / 02:00 pm																
	02:00 pm / 02:20 pm																
Noche	06:00 pm / 06:20 pm																
	06:30 pm / 06:40 pm																
	07:00 pm / 07:20 pm																
	07:20 pm / 07:40 pm																
	07:40 pm / 08:00 pm																

(1) Tipo de personas : A. poblador local peruano - B. no local, visitante peruano - C. no local, visitante extranjero / Edad entre 18 y 40 años

(2) Para el caso de la temperatura radiante media, donde TRM= TG +1.9 vv (TG-TS), se considera TG (temperatura del globo, °C) = TS (temperatura seca, °C) = temperatura del aire, debido a que no se conto

Anexo III.7

Ficha 3 - Datos ambientales externos - Exterior de la habitación experimental (E) y de la habitación local (L)

Datos ambientales - Exterior de la habitación experimental (E) y de la habitación local (L)
 N° día: / Fecha:

Hora	Exterior del ambiente a evaluar		Datos ambientales del exterior						Anotaciones	
	Habitación de Vivienda Local	Habitación de Edificación Experimental	Temperatura			Humedad Relativa		Radiación Solar		
			min	max	temp-out	Out	min	max		min
Campo	L	E	°C	°C	°C prom	%	w/m2	w/m2	prom	
Mañana										
Tarde										
Tarde-										
Noche										

Anexo III.8

Ficha 4 – Parámetros Personales - Datos de los ocupantes en habitación experimental (E) y en habitación local (L)

Parámetros personales - Datos de los ocupantes en habitación experimental (E) y en habitación local (L)

Nº día: / Fecha: / Tiempo de evaluación: / Nº de personas por evaluación:

Hora	Ambiente a evaluar		Tipo persona		Parámetros Personales				Datos complementarios personales				Nº de encuesta
	Habitación de Vivienda Local	Habitación Edificación Experimental Bambu	Nº Ocupantes	Procedencia *	Variables Personales - Método Fanger		Escala de sensación térmica	Estado de salud	Peso (kg)	Estatura (m)	Sexo		
					Aislamiento de la ropa - Iclo (clo)	Tasa metabólica, met W/m ²							
Mañana	Referencial	Campo - Real											
	06:00 am / 06:20am												
	06:30 am / 06:50am												
	07:10 am / 07:30am												
	07:40 am / 08:00am												
	08:00 am / 08:20am												
Tarde	12:00 pm / 12:20pm												
	12:30 pm / 12:50pm												
	01:10 pm / 01:30pm												
	01:40 pm / 02:00pm												
	02:00 pm / 02:20pm												
	06:00 pm / 06:20pm												
Tarde Noche	06:30 pm / 06:40pm												
	07:00 pm / 07:20pm												
	07:20 pm / 07:40pm												
	07:40 pm / 08:00pm												

* Tipo de personas : A. poblador local peruano - B. no local, visitante peruano - C. no local, visitante extranjero / Edad entre 18 y 40 años

Anexo III.9

Ficha 5 – Características de la habitación

	Descripción	Dibujo	
		Planta	Corte
Orientación			
Forma			
Croquis, indicando la posición de los instrumentos			
Medidas: Largo, ancho, altura			
Tipo de ventilación			
Características de los vanos - Área aproximada			
Materiales			
Muro			
Techo			
Piso			

Anexo III.10

Instrumentos de medición

1. Digital Thermo Hygrometer

Especificaciones generales: Equipo capaz de medir la temperatura interior y exterior, así como la humedad relativa. Cuenta con visualización del reloj. Lectura instantánea de la temperatura del ambiente y humedad relativa, Min / Max memoria para temperatura y humedad relativa, la medición puede ser en °C o °F. Cuenta con una pantalla LCD Jumbo único de tres canales, (la pantalla superior para la temperatura interior, la central para la temperatura exterior y la tercera para humedad) así también con un cable de sensor de tres metros para el exterior.

Rango de medición

Temperatura : -50C A 70C / -58F a 158F (Min-Max) seleccionable.

Humedad : (Min-Max seleccionable)

Estilo Time : 12 Hr o 24 Hr Tiempo Internacional seleccionable en Reloj.

Uso en el estudio:

Se utilizó para medir los parámetros ambientales: temperatura del aire, humedad relativa y estimar la temperatura radiante en el interior de la habitación, así como para medir la temperatura exterior para el uso de modelo adaptativo de confort.

2. Wind Gauge – RadioShack

Especificaciones Generales : Indicador de 12 vías de la dirección del viento, display digital retro iluminado, construido en linterna LED, fácil operación de 1 botón

Rango de medición : de 6 a 30 mph = de 2,68 a 13, 41 m/s

Uso en el estudio:

Se utilizó de manera referencial para medir la velocidad del viento, durante el muestreo la velocidad marco siempre el mínimo, por lo que se consideró 3 m/s para la habitación experimental y 2 m/s para la habitación local, por tener menor área de ingreso de ventilación. Las cifras manejadas para ambientes ventilados, se encuentran dentro de los rangos de velocidad de acuerdo a norma.

3. Solar Power Meter – TM-206- TENMARS

Especificaciones Generales:

Equipo que mide la radiación solar emitida por el sol a partir de una reacción de fusión nuclear que crea energía electromagnética. Pantalla LCD de 3 ½ dígitos con la lectura máxima de 2000. Exhibidores: W / m² (vatios por metro cuadrado) o BTU. Retención de datos / funciones MAX / MIN.

Uso en el estudio:

Se utilizó para estimar la radiación solar en interior de la habitación como información complementaria, generalmente con dirección a una de las paredes sin vano, registrando la orientación con la brújula.

Anexo IV.1

Resultados de las Encuestas – Validación del Modelo – Cabaña de Bambú

Tabla A4.1. Resultados - Percepciones del Modelo - cabaña de bambú en ACCA.

Total de encuestados: 12						
Procedencia de encuestados: Pilcopata, Kosñipata, Paucartambo, Cusco.						
Preguntas	Respuestas					
1 Conoce la cabaña?	Si	12	No	0	100% conoce la cabaña	
2 Esta conforme?, le gusta?	Si	12	No	0	100% le gusta y está conforme	
3 Que es lo que le mas le gusta?	1. no respondió 2. material 3. material 4. bonito 5. los muebles del baño 6. liviano y para casa de campo 7. material 8. bambú, armazón, comedor 9. el color y la dureza, su forma 10. acabado 11. me gusto el diseño 12. no respondió				De la totalidad de la cabaña, el 84% le gusta mas el material, el diseño, los acabados y/o detalles del interior, 16% no respondió.	
4 Conoce el interior de la cabaña?	Si	9	No	3	75 % conoce la cabaña al interior, 25% no conoce la cabaña al interior, 8.3 % no respondió.	
5 Que le gusta más?	1. no respondió 2. baño 3. no respondió 4. no respondió 5. las paredes 6. el acabado estético 7. todo 8. pilotes y divisiones 9. el diseño 10. acabado 11. me gusta el ingenio 12. pared				Del interior de la cabaña, el 75% le gusto mas el diseño, los acabados y/o detalles, 25% no respondió.	
6 Como se siente en el interior de la cabaña	Confortable	9	No confortable	tres no respondieron		75% se siente confortable al interior de la cabaña, 25% no respondió
7 Por qué confortable o por que no confortable?	1. por que si, siento confortable 2. fresco 3. no respondió 4. no respondió 5. es muy cómodo y fresco 6. por ser ventilado 7. fresco y nuevo 8. amplio espacio 9. fresco y seria tipico 10. no respondió 11. si por que es fresco 12. no respondió				67% se siente confortable en el interior de la cabaña porque es fresco, ventilado, amplio los espacios, cómodos, 33% no respondió.	
8 Esta conforme con el material bambú?	Si	12	No	100 % esta conforme con el bambú como material		

9	Por qué?	1. fácil construir y color 2. durable 3. resistente 4. si, re bien 5. tiene duración 6. por la estética 7. algo nuevo 8. esta bonito 9. es duradero 10. no respondió 11. Por que nos presta mas garantia 12. no respondió		84% esta conforme con el material porque es resistente, durable, fácil de construir, por estética, da garantía, 16% no respondió.
10	Conocia esta técnica de construir con bambú?	Si 3 No 7 uno no respondió respondió que conocia un poco		59% no conocia técnica de construcción con bambú, 25% conocia, 8% conocia un poco, 8% no respondió.
11	Habia visto otro modelo igual antes?	Si 4 No 7 uno no respondió		59% no ha visto otro modelo igual antes, 33% ha visto otro modelo parecido, 8% no respondió.
12	Que sugiere para mejorar la cabaña?	1. mantenimiento 2. mantenimiento 3. nada 4. mas bambú 5. que sea mas amplio 6. me gustaria que estudio se selle pared 7. fumiga corto 8. aumentar, mas amplio 9. Esta bien, construir mas cabañas de bambú 10. mas mantenimiento 11. mantenimiento 12. paca madera		33.3% sugirió detalles (variados), 33.3% mantenimiento, 17% que sea mas amplio, 8.3% nada, 8.3% sugiere mas cabañas.
13	Estaría dispuesto hacer su vivienda con bambú?	Si 11 No 0 uno no respondió		92% estaria dispuesto hacer su vivienda de bambú, 8% no respondió.
14	Estaría dispuesto plantar o cultivar bambú?	Si 12 No		100% estaria dispuesto a plantar bambú
15	Estaría dispuesto a capacitarse en construcción con bambú?	Si 11 No uno no respondió		92% estaria dispuesto ha capacitarse en construcciones con bambú, 8% no respondió.
16	Le parece complicado - difícil?	complicado 2 fácil 6 tres no respondieron uno respondió mas o menos		50% le parece fácil, 25% no respondió, 17 % le parece complicado, 8% le parece mas o menos complicado.
17	Que sugeriria?	1. no respondió 2. no respondió 3. no respondió 4. se debe usar mas 5. apoyo 6. que se aprenda mas 7. no respondió 8. mas plantaciones 9. construir mas cabañas 10. promover mas cabañas 11. materiales 12. no respondió		50 % sugirió que se construya, que se promuevan mas cabañas, mayor aprendizaje del material y apoyo, 41.6 % no respondió, 8.4% mas plantaciones.

Sobre la cabaña de bambú y el diseño:

- El 100% conoce, le gusta y está conforme con la cabaña.
- De toda la cabaña, al 84% le gusta más el material, diseño, los acabados y detalles, el resto no respondió.
- El 75% conoce el interior de la cabaña y de este grupo el 75 % le gusta más el diseño, los acabados y detalles, el resto no respondió.
- El 75% se siente confortable al interior de la cabaña, de este grupo el 67 % respondió porque es ventilado, los espacios son amplios y cómodos, el resto no respondió.
- El 59% no ha visto otro modelo igual antes, el 33% ha visto modelo parecido y el resto no respondió.
- Frente a las sugerencias para mejorar la cabaña, las respuestas fueron variadas, refiriéndose principalmente al mantenimiento (33%), algunos otros detalles (33%) y nada (8.3%). Y el 8.3 % sugiere más cabañas.

Sobre el bambú como material, sistema constructivo y técnica:

- El 100% está conforme con el bambú como material, el 84% responde que está conforme porque es resistente, durable, fácil de construir, por estética y da garantía, el resto no expuso por qué.
- El 59% no conocía la técnica de construcción con bambú, el 8% conocía un poco, el 25 % conocía y el resto no respondió.
- El 92 % estaría dispuesto hacer su vivienda de bambú, el resto no respondió.
- El 100 % estaría dispuesto a plantar bambú.
- El 92% estaría dispuesto a capacitarse en construcciones con bambú, el resto no respondió
- El 50% le parece fácil la construcción con bambú, al 17 % complicado y 8% más o menos complicado

Sobre cuál es la sugerencia final?

- 50 % sugirió que se construya, que se promuevan más cabañas, mayor aprendizaje del material y apoyo, el 8.4% más plantaciones y el resto no respondió.