

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y
URBANISMO

MAESTRÍA EN CONSTRUCCIONES
PRIMERA EDICIÓN

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA
CONSTRUCTIVO BAHAREQUE EN
GALLUCHAQUI, PARA LA VIVIENDA
TRADICIONAL DE LA CULTURA SARAGURO

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAGISTER EN CONSTRUCCIONES (MSc)

AUTOR: PABLO FAVIAN QUIZHPE VACACELA

DIRECTOR: ARQ. FELIPE QUESADA MOLINA., PhD.

Cuenca, Mayo 2016

RESUMEN

En la presente investigación se proponen soluciones prácticas y técnicas, para las deficiencias que tiene el sistema constructivo Bahareque de Galluchaqui, mediante el análisis de distintas viviendas con el afán de reincorporar este sistema constructivo, que en la actualidad se encuentra relegada.

El Bahareque de Galluchaqui necesita evolucionar incorporando nuevos sistemas y materiales, que le permitan cumplir con las necesidades básicas de habitabilidad y confort, por ello se han planteado propuestas de mejoramiento tanto en su aspecto físico y mecánico.

La metodología empleada fue la revisión bibliográfica, análisis de campo y de laboratorio, con el afán de poder identificar cada una de las deficiencias que presentar esta técnica constructiva, y de esta forma proponer los correctivos necesarios.

El sistema constructivo tema de estudio, presenta grandes beneficios bioclimáticos y aportes para las construcciones contemporáneas, de madera y tierra; porque propone una cimentación totalmente aislada del suelo, sistemas de refuerzos diagonales que dan mayor estabilidad a la vivienda, maderas labradas que dan un mejor acabado a la vivienda; mientras que en la parte bioclimática se incorporan elementos que ayudan al acondicionamiento ambiental de la vivienda

Con los aportes realizados en este trabajo investigativo, esta técnica puede revitalizarse y constituirse como una alternativa de construcción ecológica, más amigable con el ambiente.

Palabras claves: Bahareque de Galluchaqui, Bioclimatico, Sistema Constructivo, Confort.

ABSTRACT

In this research practices and technical solutions are proposed for the deficiencies that have the Bahareque of Galluchaqui construction system, by analyzing different homes in an effort to reinstate this construction system, which currently is relegated.

The Bahareque of Galluchaqui needs to evolve incorporating new systems and materials that allow them to meet the basic needs of habitability and comfort, therefore have made proposals for improvement in both their physical and mechanical aspect.

The methodology used was the literature review, analysis of field and laboratory , with the aim of being able to identify each of the deficiencies that present this construction technique, and thus propose the necessary corrective measures.

The subject of study construction system presents great bioclimatic and contributions benefits for contemporary constructions , wood and earth, that proposes a totally isolated foundation soil reinforcement systems diagonals that give greater stability to housing, carved wood giving a better finish to housing; while the part bioclimatica environmental elements that help a condition housing are incorporated.

With the contributions made in this research work, this technique can be revitalized and established as an alternative, more eco friendly construction with the environment.

Keywords : Bahareque of Galluchaqui , Bioclimatic , Building System , Comfort .

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
1.3.1 GENERAL	9
1.3.2 ESPECÍFICOS	9
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	10
1.4.1 Contexto cultural y técnico.	10
1.4.2 Desde una óptica constructiva.	10
1.4.3 Desde una óptica estadística.	11
1.4.4 Desde una optica bioclimática.....	12
1.5 METODOLOGÍA	12
1.5.1 Método bibliográfico.	12
1.5.2 Método analítico	13
1.6 POBLACION Y MUESTRA.....	13
1.6.1 Criterios para la selección de las viviendas.	14
CAPÍTULO II	16
2. ESTADO DEL ARTE.	16
2.1. ANTECEDENTE.....	17
2.2 DEFINICIONES Y CONCEPTOS.....	17
2.2.1 Clasificación de sistemas constructivos.	19
2.2.2 Ventajas de los sistemas constructivos tradicionales.	20
2.3 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN TIERRA.....	20
2.3.1 Sistema constructivo de tapial.....	21
2.3.2 Sistema constructivo de adobe.	21
2.3.3 Sistema constructivo de bahareque	22
2.3.4 Definición del bahareque.....	23
2.3.5 Clasificación de edificaciones de bahareque	23
2.3.6 Tipos de bahareque en latino américa	25
2.3.7 El bahareque de galluchaqui.....	27
2.3.7.1 Diferencias entre el bahareque parado y bahareque de galluchaqui.....	27
2.3.8 Materiales de construcción en bahareque de galluchaqui.....	27
2.3.8.1 La madera	29
2.3.8.1.2 Tratamientos de la madera.	31
2.3.8.2 El Suelo.	32

2.3.8.2.1	Clasificación de los suelos.	32
2.3.8.2.2	Propiedades físicas del suelo.	34
2.4	PROCEDIMIENTOS DE SELECCIÓN DE MATERIALES EN SITU.	34
2.4.1	Selección de la tierra.	34
2.4.2	Selección de fibras vegetales: El bejuco la jarcia y la paja.	36
2.4.3	Mezclado de paja y barro.	36
2.4.4	La piedra. (Basas)	39
2.4.5	La teja de barro cocido.	39
2.5	PROCESO CONSTRUCTIVO DEL GALLUCHAQUI.	39
2.5.1	Trazado de la casa. (Cuchajapina)	40
2.5.2	Ubicación de las basas.	40
2.5.3	Soleras y vigas de piso.	43
2.5.4	Los esquineros	43
2.5.5	Las tijeras	43
2.5.6	Los parantes	45
2.5.7	Los parantes intermedios	45
2.5.8	Umbrales de puertas y dinteles.	45
2.5.9	Conformación de ventanas	45
2.5.10	Pilores superiores.	46
2.5.11	El galluchaqui	46
2.5.12	Los pisos	46
2.5.13	Las vigas	47
2.5.14	Los horcones	47
2.5.15	Las paredes divisorias.	47
2.5.16	Las viguillas.	47
2.5.17	Chacllana.	48
2.5.18	Embarre.	48
2.5.19	Cubierta	48
2.5.20	Las barrilas	49
2.5.21	Cumbrera.	49
2.5.22	Los caimanes	49
2.5.23	Tentemozo.	49
2.5.24	Los limatones.	49
2.5.25	Las barras.	50
2.5.26	La chacla	50
2.5.27	El barro	50
2.6	AVANCES DE LA TÉCNICA DEL GALLUCHAQUI.	51

2.7	NORMATIVA EN LAS CONSTRUCCIONES DE BAHAREQUE.	
	57	
2.7.3	Norma ecuatoriana de la construcción NEC 10	57
2.7.4	Zonificación sísmica.	57
2.7.5	Configuración estructural.....	57
2.7.6	Forma estructural.	57
2.7.7	Simetría.-	58
2.7.8	Simetría de vano y llenos	58
2.7.9	Distribución simétrica de vano y llenos	59
2.7.10	Continuidad vertical.....	59
2.7.11	Continuidad horizontal.....	60
2.7.12	Dimensiones según diferentes normativas	61
2.7.13	Condiciones generales (ver tabulación y letra)	62
2.7.14.	Condiciones específicas para muros portantes de bahareque o quincha:	62
2.7.15	Condiciones mecánicas constructivas	63
2.7.16	Cimentaciones:.....	64
2.7.17	Muros.....	65
2.7.18	Cubierta	66
2.7.19	Normativa de la madera en la construcción.....	67
2.7.20	Principios de sismo resistencia	69
CAPÍTULO III	70
3.	ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LAS VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON BAHAREQUE DE GALLUCHAQUI.	71
3.1.	ESTUDIO DE CASO.....	71
3.2	DELIMITACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO.	72
3.2.1	Parroquias.	72
3.2.2	Límites.	72
3.2.3	Orografía.	72
3.2.4	Hidrografía.....	73
3.2.5	Vialidad.....	73
3.3	UBICACIÓN DE CASOS DE ESTUDIO.....	73
3.3.1.....	Análisis de los factores mecánicos en los elementos constructivos y sus deficiencias en las viviendas construidas con bahareque de Galluchaqui.	74
3.3.2	Ubicación.....	74
	Cimentación.....	77
	Vigas y Pisos.....	79

Cubiertas	83
3.3.3 Instalaciones.....	85
3.3.4 Generalidades de las deficiencias encontradas en las casas construidas con bahareque de galluchaqui.....	86
3.3.5 Deficiencias encontradas en la Cimentación de las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.....	86
3.3.6 Tipos de cimentaciones en el sistema constructivo bahareque de galluchaqui.....	86
3.3.7 Elementos de cimentación.....	88
3.3.8 Deficiencias encontradas	90
3.3.9 Pisos.....	92
3.3.10 Deficiencias encontradas en los Muros de las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.....	94
3.3.11 Deficiencias encontradas	94
Resumen de deficiencias encontradas en los muros de las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.....	99
3.3.12 Deficiencias encontradas en las cubiertas de las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.....	100
3.3.13 Deficiencias encontradas.....	100
3.3.14 Deficiencias del material de recubrimiento de cubierta.....	103
3.3.15 Deficiencias encontradas en las instalaciones eléctricas y sanitarias en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui. 107	107
3.3.16 Instalaciones eléctricas	107
3.3.17 Instalaciones hidro-sanitarias.....	109
3.3.18 Análisis de las condiciones de resistencia sísmica en las edificaciones de bahareque de galluchaqui.....	109
3.3.19 La ubicación y emplazamiento de las edificaciones.....	110
3.3.20 Módulos de relación en planta de las viviendas tradicionales. 110	110
3.3.21 Dimensiones.....	111
3.3.22 Análisis de los factores físicos de la viviendas en galluchaqui. 111	111
3.3.23 Antecedente.....	111
3.3.24 Análisis de la orientación de las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.....	112
3.3.25 Análisis de la Iluminación en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.....	114

3.3.26 Datos de iluminación reflejadas en las viviendas analizadas.	116
3.3.27 Análisis de la Humedad relativa en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.	120
3.3.28 Datos de humedad relativa reflejadas en las viviendas analizadas.....	120
3.3.29 Análisis de la ventilación en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.	126
3.3.30 Análisis de temperatura en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.	128
3.3.31 Rangos de temperatura recomendados para lograr un confort térmico.	128
3.3.32 Datos de temperaturas exteriores en el mes de noviembre del 2015.....	129
3.3.33 Datos de temperaturas interiores obtenidas con equipos de medición en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui	130
3.3.34 Datos de temperatura de los ambientes en estado actual, obtenidos por simulación en software ECOTEC.	133
3.3.35 Confort térmico	137
3.3.36 Análisis del confort acústico en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui	138
3.3.37 Análisis de la calidad de aire en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui	138
CAPÍTULO 4	141
4 PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TECNOLÓGICO EN LOS FACTORES MECÁNICOS Y FÍSICOS EN LAS VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON BAHAREQUE DE GALLUCHAQUI.	142
4.1 ANTECEDENTE	142
4.2 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO TECNOLÓGICO EN LOS FACTORES MECANICOS	142
4.2.1 Mejoras mecánicas en cimentaciones	142
4.2.2 Cimientos y sobre cimientos	143
4.2.3 Propuesta N 1. Plintos.....	143
4.2.4 Propuesta N 2. Cimientos de piedra	144
4.2.5. Propuesta N 3. Cimentación mixta base de hormigón con pilotes de madera arriostrada.	144
4.2.6 Solera inferior.	148

4.2.7 Mejoras mecánicas vigas de pisos.....	150
4.2.8 Mejoras mecánicas en paredes	152
4.2.9 Propuesta de estructura de soporte.	152
4.2.10 Mejoras mecánicas en cubierta.....	161
4.2.11. Propuesta de mejoras en los materiales de relleno y acabados. 163	
4.2.12 Selección de la tierra para rellenos de muros.	163
4.2.13 Prueba del cigarro:	163
4.2.14 Prueba granulométrica	164
4.2.15 Prueba del muñequedo para determinar el contenido de humedad.....	165
4.2.16 Propuesta de adición de estabilizantes para mejorar las características de los materiales de relleno y recubrimientos.....	166
4.2.17 Selección de estabilizantes adecuados.	166
4.2.18 Estabilizantes en relleno para paneles de galluchaqui	167
4.2.19 Estabilizantes en revoque grueso para paneles de galluchaqui 167	
4.2.20 Estabilizantes en revoque fino para paneles de galluchaqui	168
4.2.21.. Propuestas de tratamientos para el correcto uso de la madera en la construcción de viviendas con bahareque de galluchaqui.	168
4.2.22 Propuesta de uso de paja en recubrimientos.....	169
4.3 PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TECNOLÓGICO EN LOS FACTORES FÍSICOS DE LAS VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON BAHAREQUE DE GALLUCHAQUI.	169
4.3.1 ANTECEDENTES.	169
4.3.2 Propuesta para el mejoramiento de la orientación de las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.....	170
4.3.3 Propuesta de mejoramiento de la Iluminación de las viviendas construidas con bahareque de Galluchaqui	170
4.3.4 Propuesta de mejoramiento de Temperatura de las viviendas construidas con bahareque de Galluchaqui	172
4.3.4.1 Incorporación de muro trombe	172
4.3.4.2 Incorporación de Invernaderos.....	174
4.3.5 Propuesta de mejoramiento de calidad de aire de las viviendas construidas con bahareque de Galluchaqui	176
4.4 APLICACIÓN DE MEJORAS AMBIENTALES A LA VIVIENDA DEL SR. MANUEL GUAMA.....	178
FACHADAS	183

CORTES	184
DETALLES CONSTRUCTIVOS	185
PERSPECTIVAS	186
SIMULACIONES Y VALIDACIÓN EN SOFTWARE ECOTEC....	189
CONCLUSIONES	194
RECOMENDACIONES.....	197
BIBLIOGRAFÍA	198
ANEXO	208



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

PABLO FAVIAN QUIZHPE VACACELA, autor/a de la tesis "PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO BAHAREQUE EN GALLUCHAQUI, PARA LA VIVIENDA TRADICIONAL DE LA CULTURA SARAGURO", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, mayo 2016

PABLO FAVIAN QUIZHPE VACACELA

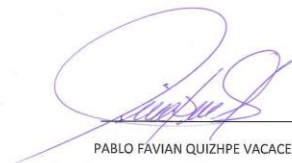
C.I: 110359691-0



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

PABLO FAVIAN QUIZHPE VACACELA, autor/a de la tesis “PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO BAHAREQUE EN GALLUCHAQUI, PARA LA VIVIENDA TRADICIONAL DE LA CULTURA SARAGURO”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magister en Construcciones. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, mayo 2016



PABLO FAVIAN QUIZHPE VACACELA

C.I: 110359691-0



CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La arquitectura vernácula desde siempre ha sido la manifestación más pura de una arquitectura de protección, adaptándose al medio ambiente que le rodea, ocupando los materiales disponibles en la naturaleza, interrelacionándose con las personas más allegadas, formando una red social y cultural propia de un pueblo.

“La arquitectura vernácula es testimonio de una manera de ser, anónima y colectiva, de una comunidad dentro de las circunstancias históricas determinadas” (Calderon, 1985)

Estas manifestaciones se fueron modificando, adaptándose paulatinamente en el tiempo, y fusionándose culturalmente a sus pueblos, pero desde la revolución industrial se inició un cambio global, afectando a todas las culturas del mundo. Así sucede que en los años 1970 ya se planteaban teorías de globalización (Jiménez Vicario & Cirera Tortosa, 2014). Se podría decir sin lugar a dudas que la globalización llegó a los pueblos originarios del Ecuador y en especial al pueblo de Saraguro, más sin embargo estos cambios globales le han dado un giro entorno a sus costumbres y en especial a la arquitectura local, viéndose esta última afectada de manera directa.

Sin embargo a pesar de la gran influencia exterior debido a la migración, al cambio de estilos de vida, el pueblo de Saraguro se resiste a su desaparición, pues la globalización puede generar dos fenómenos, la anulación de las culturas o el *“reflorecimiento de culturas regionales o folclóricas y valores individuales”* (Jiménez Vicario & Cirera Tortosa, 2014)

Es evidente que el pueblo de Saraguro está más inclinado a la segunda posibilidad, por tal razón la arquitectura vernácula debería empezar un proceso de transformación o mejoramiento adaptándose a los nuevos requerimientos de sus usuarios, sin dejar de usar la esencia misma de su ser inicial, rescatando la tecnología, materiales y mano de obra característicos de esta parte de la zona sur del Ecuador.

Los aspectos expuestos han provocado que se realicen varios estudios de los sistemas constructivos vernáculos de la región andina particularmente del Ecuador, que han sido enfocados al área constructiva y socio-cultural; sin embargo, se ha detectado que los aspectos bioclimáticos y de confort, no se han desarrollado a la par con las necesidades actuales del ser humano, lo que sin duda ha provocado que exista una recesión en la



Fig. 1 Cimentación débil en construcciones de bahareque de galluchaqui. San Lucas.
Fuente: Investigador 2013



Fig. 2 2012 Asentamientos en cimentación. Laguna
Fuente: Investigador 2012



Fig. 3 Asentamiento por deficiente cimentación, comunidad de Pichic
Fuente: Investigador 2013

construcción, mediante los sistemas constructivos de bahareque en Galluchaqui.

Lo manifestado no significa que efectivamente se haya dejado de usar el referido sistema de bahareque de Galluchaqui, sino que debido a la poca importancia dada, ha hecho que este sistema poco a poco entre en un estado de olvido.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sistemas constructivos tradicionales en Saraguro como el bahareque, han sido utilizados históricamente, y se ha ido modificando paulatinamente en el tiempo, adaptándose a las condiciones ambientales de cada época, dando origen al denominado bahareque de Galluchaqui; “el sistema constructivo Galluchaqui lo comienzan a usar los Saraguro desde hace aproximadamente 30 o 40 años” (Calderon, 1985), es decir, a la actualidad son 70 años.

Sin embargo con el devenir de los tiempos, el desarrollo tecnológico, la gran variedad de ofertas constructivas en el mercado de la construcción, y la migración, han provocado una recesión del uso del sistema constructivo Bahareque de Galluchaqui.

Esto se viene dando debido a la poca importancia en mejorar este sistema constructivo de bahareque de Galluchaqui, y este olvido está generando varios problemas en los aspectos técnicos mecánicos y físicos que son motivo de esta investigación, y también sociales que serán motivo de otras investigaciones.

En el ámbito **técnico mecánico**, podemos observar que se presentan patologías en varios de los elementos que conforman este sistema constructivo.

Debo manifestar que debido a la falta de antecedentes bibliográficos respecto a las patologías que afectan al sistema constructivo bahareque de Galluchaqui; se recurrió a investigaciones, sobre el Bahareque Tradicional para establecer la problemática existente, debido a la similitud que presentan los dos sistemas.

El bahareque de Galluchaqui está compuesto por una técnica mixta, entre madera entramado (variedad de bambú) y relleno de tierra, con una pequeña diferencia al Bahareque tradicional; de que sus arrostros



Fig. 4 Vivienda con deficiencias en muros, deficiente mano de obra, Comunidad de Pichic.

Fuente: Investigador 2013



Fig. 5 Desprendimiento en el material de recubrimiento y de relleno, por acción del agua. Comunidad de Pichic.

Fuente: Investigador 2013



Fig. 6 Deformación del carrizo por acción del peso del barro.

Fuente: Investigador 2013

esquineros de la estructura de la vivienda, tienen la similitud a la pata de un gallo.

Las patologías que presentan en sus componentes, son por múltiples razones, siendo la más común la humedad (Andrea, 2008). Para una mejor comprensión de los problemas técnicos mecánicos, que le afectan a la técnica del Galluchaqui, debemos separar en sus diferentes componentes como son: la cimentación; la estructura de madera, el relleno o embarre, la cubierta y las instalaciones.

Deficiencias en **cimentaciones**, aunque este problema no es muy común, en algunos casos están asociadas con la inestabilidad del terreno, pero la mayoría se presentan por la precariedad de los sistemas utilizados para transmitir las cargas, la mínima preocupación de los constructores, que se satisfacen únicamente con transmitir las cargas al suelo, con escasos o nulos sistemas de anclajes al suelo y el uso de materiales frágiles como la mampostería de piedra sin refuerzos (Ver fig. 1), a esto se suma la humedad, que sube por capilaridad hasta la solera inferior, incrementando así el riesgo a fallar por asentamientos (Ver fig.2).

Deficiencias en **muros**, en este elemento principal de la vivienda; es donde se observan las mayores deficiencias del sistema constructivo bahareque de Galluchaqui. Los problemas aquí encontrados son adjudicados a diversas causas y elementos que constituye el muro; y en cada vivienda existen deficiencias específicas, pero algo en común que ataca a este elemento es la humedad (Andrea, 2008).

Algunas de las deficiencias que se manifiestan con frecuencia son:

- Desconocimiento de los constructores anónimos, en cuanto a la importante función mecánica que tienen las cimentaciones. (Ver fig. 1 y 3)
- Deficiente práctica constructiva, debido al desconocimiento de los maestros en cuanto al trabajo con la madera, dimensionamiento irregular, maderas que se usan en estado fresco, que suelen producir torceduras durante el proceso de secado, uniones y distancias inadecuadas entre las mismas.(Ver fig. 4)
- Desprendimiento del relleno (formado por tierra batida con paja) a causa de la humedad, dejando a la intemperie el carrizo y los parantes. (Ver fig. 5 y 6).
- Degradación del carrizo, por falta de protección y la exposición al ambiente, estos elementos se van fraccionando y desapareciendo, disminuyendo así la estructura que sostiene al relleno. (Ver fig. 6, 7, 8)



Fig. 7 Desprendimiento de material de relleno.
Fuente: Investigador 2013



Fig. 9 Degradación del entramado de madera por contacto directo con el suelo. Comunidad de Pichic.
Fuente: Investigador 2013



Fig. 8 Vista de perfil de pared de bahareque de Galluchaqui.
Fuente: Investigador 2013

- Sobre dimensionamiento en el grosor del relleno, incrementando el peso en el entramado de carrizo y la solera inferior, produciendo roturas del entramado de carrizo. (Ver fig. 8 y 10)
- Invasión de vegetación por falta de mantenimiento, o por uso de tierra con materia orgánica en el relleno. (Ver fig. 11)



Fig. 11 Cimentación superficial y desprendimiento de relleno.
Fuente: Investigador 2013



Fig. 10 Zócalo invadida por capa vegetal, por falta de mantenimiento y protección.
Fuente: Investigador 2013



Fig. 12 Pendiente de cubierta, vista interior de cubierta.
Fuente: Investigador 2013



Fig. 13 Estructura de madera en cubierta de vivienda.
Comunidad de Laguna.
Fuente: Investigador 20013



Fig. 14 Elementos de cubierta, solera superior y canchillos.
Fuente: Investigador 2013

En la **cubierta**, la humedad es el principal problema sobre esta parte de la vivienda, debido a la mínima pendiente con la que se construye este elemento.

Las cubiertas no cumple con las normas de construcción exigidas (ver fig. 12); al parecer los maestros consideraban una altura de cumbre, más o menos uniforme, independientemente del ancho, por esta razón se puede ver pendientes que varían desde 37% hasta 24%.

En las cubiertas con mínima pendiente, se encuentran los problemas, de humedad; y como consecuencia el pudrimiento de los elementos estructurales, y por ultimo estos elementos son propensos a ataques de xilófagos, hongos, etc. (Ver fig. 12 y 13)

Otro factor importante a tomar en cuenta es el trabajo de carpintería en las estructuras, como se puede ver en las fig. 14, existe una despreocupación por la estética y la eficiencia de la estructura, algo normal para 1930, donde las herramientas de carpintería son escasos, sin embargo en la actualidad la forma y el detalle constructivo son elementos importantes que se analizan antes de construir una vivienda.

Deficiencias en **instalaciones**, las diferentes instalaciones que requiere una vivienda son construidas de manera improvisada o sin un conocimiento adecuado de su función y las consecuencias que genera el inadecuado uso de las mismas.

Sistema de canalización de aguas servidas; al ser sistemas constructivos vernáculos, no están pensados en dar soluciones a estas necesidades, por tanto en la actualidad, se observa cómo se realizan soluciones improvisadas para evacuar aguas servidas desde el interior de la vivienda, hacia pozos ciegos y afluentes naturales, creando conflictos ambientales.

Sistemas eléctricos sobrepuestos, que no es un problema, sino que en algunos casos se presenta con sobrecarga de energía, otras veces los constructores realizan instalaciones para satisfacer la necesidad inmediata, sin la seguridad necesaria.

En el aspecto **técnico físico**, las viviendas de bahareque de Galluchaqui fueron diseñadas en función de una forma de vida propia del pueblo Saraguro, adaptándose a las condiciones tecnológicas, ambientales e incluso sociales de su época. Sin embargo en la actualidad esos parámetros han cambiado y por tanto exige unas mejoras para satisfacer el bienestar de las personas que lo habitan.



Fig. 15 Pared de Galluchaqui con relleno de tierra, se observa el asentamiento del barro generando fisuras y espacios.

Fuente: Investigador 2013



Fig. 17 Columna, Monterilla y viga de Eucalipto.

Fuente: Investigador 2013



Fig. 16 Vista inferior de piso, luces de vigas muy grandes.

Fuente: Investigador 2013

Encontrando así deficiencias, en cuanto a su iluminación interior, a la ventilación, temperatura y calidad de aire.

Los materiales que observados en campo y que presentan aparentes deficiencias son:

La **tierra** que se utiliza como relleno, no tiene una adecuada dosificación en sus partes constitutivas, provocando grandes fisuras y asentamientos en toda la pared, sumado a esto la ausencia de revestimientos finales, provoca por un lado la pérdida del calor interior y por otro lado permiten el alojamiento de agentes patógenos nocivos para la salud del habitante. (Ver fig. 15)

La **madera** ancestralmente muy utilizada, para la misma existen conocimientos ancestrales de corte y curado, sin embargo la mala práctica constructiva, el desconocimiento, y la escases de materia prima hace que los nuevos constructores ignoren los conocimientos acerca de esta técnica.

En las construcciones de bahareque de Galluchaqui, el eucalipto es la materia prima con que se trabaja la estructura, el mismo que es muy vulnerable a los agentes patógenos, debido a que su recolección la realizan antes de que la misma haya cumplido su maduración, sumado a esto la falta de impermeabilización de la misma, y el adecuado secado, hace que la humedad o los agentes patógenos penetren con facilidad en la madera. (Ver fig. 16)

La **teja** utilizada es de fabricación artesanal, esta presenta un alto porcentaje de porosidad y la falta de impermeabilización permite el paso de la humedad, afectando así la estructura de la cubierta, además la falta de cielo raso produce la pérdida de calor interior, sobre todo durante las noches cuando la temperatura puede bajar hasta los 8 grados centígrados.

El **piso** es deficiente debido a la falta de mejoras, en cuanto a dimensionamiento en los apoyos para las vigas de piso y características de los materiales utilizados, otro elemento como las tablas que se emplean sin amachimbrado y sin aislante térmico, lo que genera una excesiva ventilación a través del piso. (Ver fig. 17)

La **relación muros y vanos**, es la que permite el ingreso de iluminación al interior de los ambientes, dicha iluminación se considera muy deficiente, debido a que en épocas de los 70 las casas construidas bajo el sistema Bahareque en Galluchaqui, disponían de ventanas muy pequeñas, siendo muy común en viviendas de esta época, debido al



Fig. 18. Vivienda Tradicional de Saraguro. Comunidad Toctepamba.

Fuente: Investigador.



Fig. 19 Vivienda tradicional. Comunidad de Toctepamba.

Fuente: Investigador 2012



Fig. 20 Cocina de vivienda tradicional. Taita Luis Francisco Lozano.

Fuente: Wilman Sarango 2015

estilo de vida. Sin embargo, actualmente si se toma en cuenta las normativas establecidas en la norma ecuatoriana de la construcción para ambientes habitables, la misma que indica que la cantidad de lux mínima es de 300L, existen serias dudas de que esta normativa se cumpla en el sistema Galluchaqui tradicional.(Ver fig. 18 y 19)

En el aspecto **social** aunque no es de interés de esta investigación, se cree pertinente mencionar, como este proceso influye de manera directa en la conservación y continuidad del uso de esta técnica constructiva.

En el sistema constructivo Bahareque de Galluchaqui, se ha podido evidenciar la pérdida de las tradiciones en el tejido social, que tradicionalmente giraba alrededor de las construcciones, como son las mingas y los rituales; la migración desde los años de 1998 hasta la fecha, ha incidido fuertemente, insertando nuevos sistemas constructivos debido a un cambio en las necesidades de vida.

Como se puede observar, existen muchas variables para que actualmente este sistema constructivo se encuentre en riesgo de desaparecer en el pueblo Kichwa Saraguro; por lo tanto, la presente investigación se enfoca exclusivamente al problema de la vulnerabilidad física y estructural del sistema constructivo Galluchaqui, entendiéndose dentro de la vulnerabilidad, los daños que pueden manifestarse, por agentes ambientales como son: la humedad, los insectos, etc.; y en los aspectos mecánicos, las cargas de servicio (como el peso propio, carga normal de los usuarios, sus muebles y accesorios), movimientos sísmicos u otros fenómenos sean estos naturales o causados por el hombre.

En la actualidad, varios investigadores han incursionado en proponer soluciones constructivas para las diferentes deficiencias mencionadas, las cuales se tomaran en consideración a la hora de proponer nuestras alternativas.

Entonces la presente investigación, está dirigida a dar un paso más en la búsqueda de mejoras o alternativas, para que los sistemas constructivos tradicionales como el Bahareque de Galluchaqui, vuelva a ser una alternativa de construcción en el pueblo kichwa Saraguro, y con esto recrear y fortalecer su cultura, la misma que se resiste a perder.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 GENERAL

Desarrollar una propuesta de mejoramiento tecnológico, para el sistema constructivo de bahareque de Galluchaqui, para beneficio de las viviendas tradicionales del pueblo Kichwa Saraguro, en las parroquias de Saraguro y San Lucas, de tal forma que estas mejoras tecnológicas, en los aspectos físicos (iluminación, ventilación, temperatura, y humedad), y mecánicos (dimensiones, forma estructural, y agentes patógenos), cumplan con las exigencias de los usuarios y esta tecnología ancestral vuelva a ser aplicada, y se constituya en una alternativa constructiva frente a las tecnologías de albañilería y metal.

1.3.2 ESPECÍFICOS

1.-Realizar una investigación bibliográfica, de los diferentes aspectos a analizar en las viviendas construidas con el sistema constructivo Bahareque de Galluchaqui.

2.- Analizar el estado actual de 5 viviendas construidas con el sistema Galluchaqui, en el pueblo Kichwa Saraguro, los análisis estarán enfocados en los aspectos físicos (iluminación, temperatura, ventilación, y humedad) y mecánicos (dimensionamientos, forma estructural, y agentes patógenos).

3.- Desarrollar propuestas de mejoramiento tecnológico, en cada uno de los aspectos mecánicos como son: dimensionamiento, forma estructural, y prevención de agentes patógenos.

4.-Desarrollar propuestas de mejoramiento tecnológico, en cada uno de los aspectos físicos como son: iluminación, ventilación condiciones térmicas y humedad, realizando mejoras en las características físicas de los materiales de recubrimiento, incorporando nuevos materiales contemporáneos.

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 Contexto cultural y técnico.

Sin duda que la arquitectura está íntimamente relacionado con la cultura y la identidad de un pueblo; esto se puede observar en las diferentes construcciones que son hitos y referencias de una cultura. Sin embargo, es innegable que la arquitectura va cambiando y modificándose en el contexto que se desarrollan las personas, las comunidades y los pueblos. Lo que da como resultado que costumbres tradicionales como la arquitectura; si no sufren un proceso de innovación o mejoramiento, corren el serio riesgo de desaparecer y con ello se estaría perdiendo tradiciones y conocimientos ancestrales, que identifican plenamente a este pueblo Saraguro.

Las construcciones de bahareque en Saraguro, por ejemplo, se las construía después de realizar una serie de protocolos propios de este pueblo, los mismos que se perderán conjuntamente con esta técnica constructiva bahareque de Galluchaqui, si este sistema desaparece.

1.4.2 Desde una óptica constructiva.

Según Constanza (2007): “Las construcciones de bahareque son una técnica que se ha desarrollado desde los inicios mismos del hombre” (p. 52).

En Saraguro el bahareque es una muestra clara y fehaciente de su existencia, pues se lo pueden encontrar en sus construcciones tradicionales, como es el caso del Bahareque de Galluchaqui, “él mismo que es el resultado de una continua evolución del bahareque parado”, como lo manifiesta Alfonso Calderón (1985).

En el sistema Galluchaqui se pone de manifiesto la técnica artesanal, de trabajo de los maestros propios del lugar, tanto en la madera y la tierra; esta técnica constructiva que se basa en conocimientos ancestrales heredados, y que por la influencia exterior de otras tecnologías se ha quedado rezagada sin tener mayores cambios; por lo tanto con esta propuesta se pretende que este sistema constructivo sea una alternativa más para las comunidades del pueblo Saraguro.

1.4.3 Desde una óptica estadística.

Actualmente los registros en el Ecuador, indican que el 15,9% del total de las viviendas particulares, son construidas con tecnología de tierra, se trata de construcciones en adobe, tapia, bahareque, y madera. De este universo, en la región de los Andes existe la mayor cantidad de viviendas construidas con este material; y del total de viviendas de tierra, las construcciones de bahareque representan el 22,34% a nivel nacional.(INEC, 2010)

Consecuentemente en el pueblo Saraguro el uso de la tierra en combinación con la madera y piedra, ha sido el principal tipo de construcción de viviendas hasta finales del siglo XX, debido a su facilidad de construcción, accesibilidad a la materia prima, al conocimiento ancestral, la solidaridad de los diferentes familias a la hora de construir sus viviendas (las mingas), y el bajo costo que significaba construir con el sistema Galluchaqui.

Según datos del censo del año 2010 realizados por el INEC, (ver tabla N°1) de donde se obtienen los datos, nos demuestran que en la actualidad las viviendas particulares, en la parroquia de Saraguro y San Lucas, construidas con tecnología de tierra, superan a las construcciones de otras tecnologías. Los datos muestran que el 5% de las viviendas de Saraguro, actualmente son de bahareque y de igual manera en la parroquia San Lucas es el 7%, otro dato interesante es que, si tomamos en consideración las viviendas de adobe o tapia, que son tecnologías en tierra podemos observar que en Saraguro son el 70% y el 84% en San Lucas; continuando con este análisis, con respecto al tipo de piso utilizado en estas viviendas existe un 32% en Saraguro y un 29% en San Lucas; donde el material predominante es la tierra, y finalmente la cubierta de teja representa el 73% en Saraguro y 81% en San Lucas.

En conclusión el material predominante en las viviendas de Saraguro y San Lucas es **tierra**, en sus diferentes tecnologías ancestrales; sin embargo, esto no significa que se continúe construyendo con la misma tendencia, por el contrario, se puede apreciar visualmente en campo, que las familias actualmente están optando por otros sistemas constructivos, como la albañilería, y el metal, debido a diversos factores; mientras que, las construcciones con tierra aún existen pero están siendo ocupadas para otros fines.

TOTAL DE VIVIENDAS PARTICULARES CON PERSONAS PRESENTES POR TIPO DE MATERIAL DEL TECHO O CUBIERTA, SEGÚN PROVINCIA, CANTÓN Y PARROQUIA DE EMPADRONAMIENTO							
Nombre de la Parroquia	Material del techo o cubierta						Total
	Hormigón (losa, cemento)	Asbesto (elemento curolit)	Zirco	Teja	Palma, paja u hiza	Otros materiales	
SARAGURO	181	205	186	1.611	10	2	2.198
SAN LUCAS	51	25	117	883	9	1	1.087

Nombre de la Parroquia	Material de paredes exteriores							Total
	Hormigón	Ladrillo o bloques	Adobe o tapia	Madera	Caña revestida o bahareque	Caña no revestida	Otros materiales	
SARAGURO	93	571	1.232	195	104	2	2.198	
SAN LUCAS	18	152	607	233	77	1	1.087	

Nombre de la Parroquia	Material del piso							Total
	Duela, parquet, tablón o piso flotante	Tabla sin tratar	Cerámica, baldosa, vinil o mármol	Ladrillo o cemento	Caña	Tierra	Otros materiales	
SARAGURO	543	485	151	306	-	703	2.198	
SAN LUCAS	50	575	14	24	1	314	1.087	

Tabla 1 Viviendas de tierra en Saraguro y San Lucas.

Fuente: INEC censo 2010

1.4.4 Desde una optica bioclimática.

La arquitectura vernácula actualmente se la viene vinculado a la arquitectura bioclimática, debido a los principios en las que se fundamentan cada una de ellas.

Las construcciones tradicionales del pueblo Kichwa Saraguro son una variante de arquitectura vernácula y no se ha realizado estudios en las que se establezca una correlación Vernácula-Bioclimática de las construcciones tradicionales, en especial de las construcciones en Bahareque de Galluchaqui. Es importante estudiar a profundidad este campo, con la finalidad de discutir científicamente el nivel de eficiencia energética que brindan estas edificaciones.

Estas son razones absolutamente pertinentes y necesarias, para una mirada al pasado y retomar estas tecnologías ancestrales que se mantienen por años en este pueblo milenario, para una mejor proyección del futuro constructivo.

1.5 METODOLOGÍA

La metodología para el presente trabajo de investigación, se basó en el análisis, la descripción y la comparación de las viviendas, enfocándose en los diferentes objetivos planteados.

1.5.1 Método bibliográfico.

Se apoyó en este método científico, para reforzar los conocimientos, al mismo tiempo utilizando la técnica de la entrevista, a maestros albañiles y arquitectos, conocedores del sistema constructivo Galluchaqui o equivalente, se recopilaron conocimientos importantes para este estudio.

También se realizó un conversatorio con hombres y mujeres, adultos mayores (taita cuna, mama cuna) de las comunidades, para recopilar diversas historias de vida relacionadas a la construcción de las viviendas tradicionales, y de esta forma comprender mejor esta técnica constructiva.

Para la toma de información, se diseñó una ficha de identificación por cada vivienda. En los aspectos físicos se tomaron datos de iluminación, ventilación, humedad relativa, y CO₂.



Fig. 21 Mapa de distribución de poblaciones rurales en el sur del Ecuador.

Fuente: Belote Jim 2000

En los aspectos mecánicos se realizó un levantamiento planimétrico del estado actual de las viviendas y una descripción de la forma de las estructuras de las viviendas.

Se consideró además, el hecho de poder localizar y estudiar nuevamente algunas de las viviendas analizadas por Alfonso Calderón, quien realizó un estudio minucioso del sistema de construcción de las viviendas en las comunidades de Saraguro, las mismas que se basaban en el Sistema Bahareque, en el año 1985 y culminó su estudio con la publicación del libro Saraguro Huasi. Sin embargo, esta condicionante no es fundamental pero en caso de conseguirlo sería muy importante llevar a cabo.

1.5.2 Método analítico

La metodología utilizada para el análisis de las viviendas fue el método analítico, para la selección de la muestra se consideró el número total de comunidades, que existen en las parroquias de Saraguro y San Lucas, a partir de este universo se realizó una selección al azar de 5 comunidades, (ver Fig. 21) distribuidas de la siguiente manera, 3 comunidades en la parroquia Saraguro, y 2 comunidades en la parroquia de San Lucas; realizando el muestreo de 1 vivienda por cada comunidad.

Una vez seleccionadas las viviendas se efectúa el análisis de cada uno de los aspectos físicos y mecánicos mencionados en los objetivos específicos, y posteriormente se realiza una síntesis de los resultados obtenidos.

Para el análisis de los aspectos físicos, se consideró aquellas viviendas que actualmente se encuentran habitadas. Mientras que para el análisis mecánico, se consideró aquellas viviendas que se encuentran deshabitadas, ya que el deterioro de las mismas permite apreciar de mejor manera las fallas mecánicas existentes.

1.6 POBLACION Y MUESTRA

La población con la que se trabajó la presente investigación, fue de 5 viviendas, distribuidas de la siguiente manera: 3 viviendas en la parroquia Saraguro, en las comunidades de Lagunas, Ilincho y Matara; y 2 viviendas en la parroquia de San Lucas, en las comunidades de Pichic.

Para la selección de las viviendas se tomó en consideración los siguientes criterios:

1.6.1 Criterios para la selección de las viviendas.

Durante la selección de las viviendas, para realizar el presente trabajo de investigación, se consideraron los factores de existencia y desarrollo de la técnica constructiva Bahareque de Galluchaqui.

Para lo cual se realizó un primer recorrido a las parroquias de Saraguro, y San Lucas donde se reconoce el uso frecuente de la técnica constructiva en estudio, sin embargo hay que manifestar que de estas dos parroquias existen solamente algunas comunidades en donde se dan estas manifestaciones arquitectónicas. Por lo tanto se procedió a identificar las viviendas, usando el método de observación y cuantificación rápida de las comunidades con mayor número de viviendas, una vez identificadas dichas comunidades se procede a una elección al azar,

Para la elección de las diferentes viviendas, se tomó en cuenta los siguientes aspectos, que se consideran importantes para la obtención de datos confiables.

1. Que para el análisis físico, la vivienda este habitada en el momento de la investigación, este factor nos garantizara que las mediciones bioclimáticas sean lo más apegado a la realidad, para lo cual se escogerán dos viviendas, una en la parroquia San Lucas y otra en la Parroquia Saraguro.
2. Para el análisis mecánico de las viviendas no es necesario que todas las viviendas estén habitadas, tampoco es necesario la presencia de todos sus elementos constructivos. (Puede faltarle los complementos como revestido, pintura, cielo raso, etc.)
3. Para la ubicación geográfica, es necesario que las muestras sean de la parroquia Saraguro y de la Parroquia San Lucas, ya que debido a su ubicación presentan diferentes orientaciones de la vivienda, quizás esto ayude a entender más profundamente las concepciones espaciales y culturales del pueblo indígena de Saraguro, aunque esto no es lo primordial de la investigación, si ayuda a entender el proceso constructivo, su evolución y sus implicaciones tradicionales, para poder mantener y potencializar esta forma particular de construcción (ver fig. 21.)

4. Lugares donde se ha dado la mayor evolución, del sistema constructivo Bahareque en Galluchaqui.
5. Con estas consideraciones se ha tomado muestras de viviendas ubicadas en la parroquia de Saraguro en las comunidades de Ilincho y Lagunas, y en la parroquia San Lucas, la comunidad que se eligió es Pichic, en el sector de Acacana.(ver fig. 21.)



CAPÍTULO II

2. ESTADO DEL ARTE.

En este capítulo trataremos de recopilar los avances que han tenido las construcciones en tierra desde sus inicios hasta la actualidad, las mismas que nos servirán de sustento bibliográfico para una mejor comprensión del sistema constructivo Bahareque de Galluchaqui

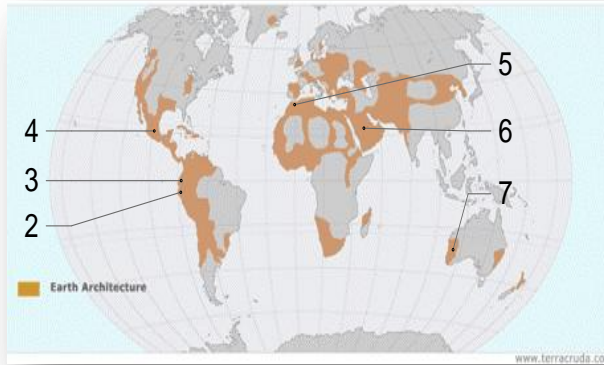


Fig. 22Arquitectura en tierra alrededor del mundo
Fuente: www.terracruda.com



Fig. 23Ciudadela de Chan Chan Perú. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Chan_Chan)

2.1. ANTECEDENTE

Desde los inicios de la humanidad; resolver el tema acerca del refugio ya sea temporal o definitivo, ha sido un constante cambio y adaptación de los sistemas constructivos (Monjo Carrió, 2005) al entorno y por ello la evolución y modificación en el tiempo, en cuanto al uso de la tierra en los asentamientos humanos.

Los testimonios edificados nos dan la certeza que la tierra ha estado presente en todas las culturas del mundo, (ver figs. 13 al 19)

De igual manera se puede apreciar el uso frecuente del bahareque en el Ecuador. (Patricio Cevallos s., n.d.)

Los diferentes sistemas constructivos utilizados en Ecuador son el Bahareque, el Tapial, el Adobe, Pared de Chamba, Pared de Mano, Pared de Cangagua (Patricio Cevallos s., n.d.). Estas técnicas tradicionales de construcción se niegan a morir; pues se han logrado mantener a lo largo del tiempo en el hacer constructivo de las zonas rurales.

2.2 DEFINICIONES Y CONCEPTOS

Es importante tener en cuenta el conocimiento básico de cada uno de los términos utilizados en esta investigación, con el objeto de tener una mejor comprensión del contenido.

La definición de **sistema** en el diccionario de la Real Academia tiene varias conceptos pero la más acercada a la construcción es “Conjunto de reglas o principios sobre una materia racionalmente enlazados entre sí.” y **constructivo**, “Que construye o sirve para construir, por oposición a lo que destruye.”(Asociación de academias de la lengua española, 2014).

Otro autor define al sistema constructivo como “un conjunto funcional y ordenado de elementos constructivos que forman una unidad completa y autónoma en que puede subdividirse un edificio” Muñoz C. et al (2004) pp. 737.

A partir de estas definiciones se puede deducir que un sistema constructivo es un conjunto de elementos que unidos entre sí, de forma organizada, da como resultado una infraestructura.



Fig. 25 Vista superior del centro Histórico de Quito.

Fuente: Universidad Simón Bolívar. Recuperado de http://portal.uasb.edu.ec/contenido/centro_programa_noticia_cont_n1.php?cd_centro=30&cd_link=6205&cd=6204&cd_op=6184

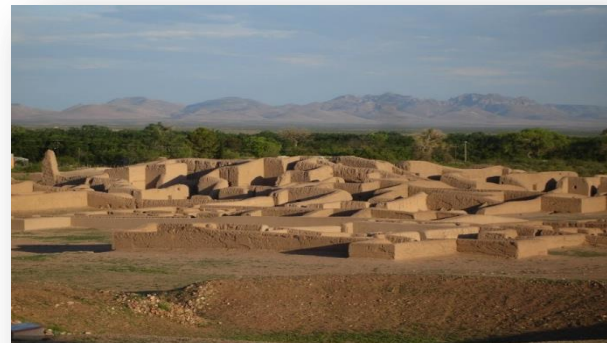


Fig. 24 PAQUIME, Chihuahua México

Fuente: Centro INAH CHIGUAGUA. Recuperado de (https://inahchihuahua.files.wordpress.com/2015/10/82_bf4f0d4edb.jpg)



Fig. 27 Valle del Draa

Fuente: Recuperado de <http://www.sahara-vivo.com/trekking-7dias-kasbahs-playa.html>)



Fig. 28 Casa e iglesia de suelo cemento compactada

Fuente:

<http://ingenieriasismicaylaconstruccioncivil.blogspot.com/2013/07/resistencia-sismica-del-suelo-cemento.html>)



Fig. 26 Ciudadela de Arg-e Bam

Fuente: Recuperado de (<http://www.rozanehmagazine.com/JanFeb04/abamhistory.html>)

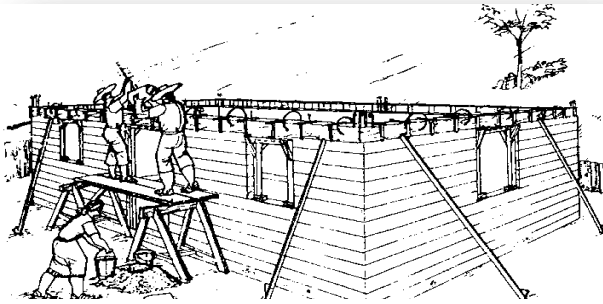


Fig. 29 Construcción de vivienda de Adobe.
Fuente: (Roland Stulz, 1997), Recuperado de
<http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms00.htm#Contents>

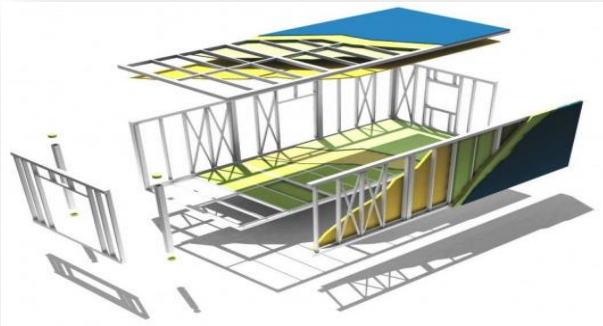


Fig. 30 Sistema constructivo industrializado MOHA, Fuente:
(<http://modularhabit.com/es/project/sistemas-constructivos/>)

Otro de los conceptos que se debe tener claro, debido al enfoque de este trabajo, es el significado de “**Mejoramiento**”. es una palabra cotidiana sin embargo conlleva un significado muy profundo “orientado a la búsqueda continuada del nivel de excelencia”.(Wikipedia, 2016)

Finalmente y no menos importante la palabra “**Tecnología**”, término muy utilizado en la actualidad para definir un “Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico. Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto”(Asociación de academias de la lengua española, 2014)

En este caso, definiremos como **Mejoramiento Tecnológico** al proceso de aplicar cambios técnicos que ayuden a incrementar la eficiencia y los desempeños de una estructura, tanto en sus aspectos mecánicos como físico-ambientales.

2.2.1 Clasificación de sistemas constructivos.

Algunos autores dividen a los sistemas constructivos en dos: tradicionales e industrializado, (Caro, Administrativas, & Negocios, 2013).

Los sistemas constructivos tradicionales son aquellos que tiene un bajo contenido de industrialización. Por tanto mayor cantidad de mano de obra, (Ver fig. 29)

Mientras tanto, los sistemas constructivos industrializados son aquellos que tienen un grado de industrialización muy elevado, y estos sirven para realizar edificaciones en serie, (Ver fig. 30)

De acuerdo a lo expuesto el sistema constructivo en Galluchaqui se pueden considerar como un sistema constructivo artesanal, debido al bajo contenido de industrialización.

Tabla 3 cuadro de ventajas de sistemas constructivos tradicionales.

VENTAJAS DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS TRADICIONALES EN TIERRA		
VENTAJAS	SISTEMAS CONSTRUCTIVOS TRADICIONALES	SISTEMAS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS
1. AHORRO DE ENEGIA EN EL PROCESO DE TRANSFORMACION	✓	X
2. MATERIALES BIO DEGRADABLES	✓	X
3. RECICLABLE	✓	X
4. ECONOMICO	✓	X
5. LOS ELEMENTOS TIENE LA CAPACIDAD DE AISLAR	✓	DEPENDIENDO EL CASO
6. SE PROYECTA LA OBRA DE ACUERDO AL CLIMA LOCAL	✓	X
7. UTILIZA MATERIALES PRODUCIDOS LOCALMENTE	✓	X
8. NO AFECTAN EL ENTORNO VISUAL SE ADAPTAN MEJOR	✓	X
9. DE FACIL ELABORACION, NO NECESITA MANO DE OBRA ESPECIALIZADA.	✓	X

Fuente: Recuperado de <http://www.construccionecologica.com/bioconstruccion.html>

Tabla 2 Características del tapial mejorado, Capilla de Reconciliación de Berlín.

Fuente: Martin Rauch

Características del material	
Contenido inicial de humedad	8,20%
Retracción	0,15%
Resistencia a compresión	3,2 N/mm ²
Módulo de elasticidad	650 N/mm ²
Resistencia a flexión	0,63 N/mm ²
Resistencia a cortante	0,79 N/mm ²

2.2.2 Ventajas de los sistemas constructivos tradicionales.

Los sistemas constructivos tradicionales se han desarrollado a partir de un constante uso de materiales disponibles en el entorno, generando soluciones habitables con el uso de energías renovables, esto actualmente tiene una gran ventaja, que es la disminución notable del consumo de recursos fósiles por concepto de transporte, e industrialización de materia prima.

A continuación describiremos algunas de las ventajas puntuales en el uso de sistemas constructivos tradicionales. (Ver tabla 2)

- No necesita procesos de transformación industrial, lo que significa un ahorro de energía.
- Los residuos son biodegradables, no causan mayores daños o cambios ambientales.
- Son materiales que aíslan el sonido, controlan las altas o bajas temperaturas, también resisten al fuego.
- Es un material de bajo costo,
- Es de fácil preparación y puesta en obra.
- Entre otras ventajas, es que no se requiere de mano de obra calificada, es de fácil manipulación.

“No requiere de un gasto de energía por no tener que llevarse a cavo ninguna transformación industrial”,. (Uruguay., 2015)

2.3 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN TIERRA

La tierra ha sido protagonista del desarrollo de las culturas en el mundo, y sobre todo como material de construcción en conjunto con otros materiales biológicos, (Vivas, 2015). De esta forma se van generando diferentes técnicas constructivas que con el tiempo lo denominaremos sistemas constructivos.

Existen diferentes sistemas constructivos en tierra los cuales veremos de manera general algunas de las técnicas más frecuentes en las diferentes culturas, por supuesto poniendo

énfasis en el Bahareque porque de esta se desprende el motivo de esta investigación, a continuación veremos las técnicas más comunes como son: El tapial, el adobe, el bahareque. (Vivas, Fruto. Claveran Gonzalez Jorge. Ramos Borges Juan, 2015)

2.3.1 Sistema constructivo de tapial

Este sistema de construcción muy popular en todas las regiones del Ecuador que consiste en construir muros únicamente con tierra apisonada y sobre esta se ubica la cubierta.

El tapial es una técnica definida como tierra amasada y apisonada en un encofrado para formar muros monolíticos (Bestraten, Hormías, & Altemir, 2011). El proceso inicia con una cimentación y sobre ella se coloca el encofrado de madera, que consiste en dos tableros paralelos con separadores, además existen dos formas de encofrados una lineal y la otra forma en L.

Posterior se coloca la tierra estabilizada, en capas de 20cm hasta 60cm (Minke, 2014) también se utiliza piedras para dar mayor resistencia a la compresión, seguidamente se compacta con un pisón de madera, finalmente se desencofra y se deja secar al sol.

En muchas investigaciones este sistema está siendo catalogado como antisísmico, por la flexibilidad y estabilidad que brindan los materiales utilizados, además las innovaciones recientes como refuerzos internos, (Minke, 2014) y las mejoras en cuanto resistencia a la compresión (ver tabla 3) que han logrado en la Capilla de la Reconciliación de Berlín, (Bestraten et al., 2011) nos muestran en sus detalles (ver fig. 31) cómo esta técnica innovada es una alternativa de construcción en otros países de Europa.

2.3.2 Sistema constructivo de adobe.

Esta técnica tradicional de construcción consiste en elaborar piezas de barro mezclada con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol (Ver Fig. 32), con ellos se construyen paredes y muros de variadas edificaciones de índole popular.

Es un sistema muy antiguo; su uso era muy frecuente en los palacios, en murallas, en viviendas, etc. Así en el antiguo Egipto utilizaban adobes “elaborados con limo del Nilo, en la construcción de casas, tumbas, mastabas, fortalezas, e incluso palacios” (Wikipedia, 2016).

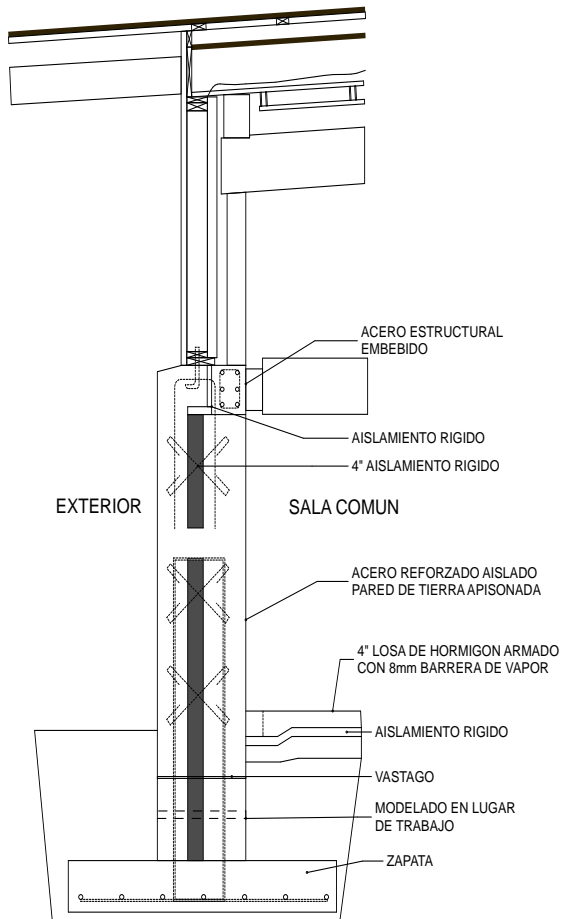


Fig. 31 Detalle del muro en la Biblioteca Sublette County. Fuente: CarneyArchitects

Propiedades	Unidad	clase A	clase B
resistencia a compresión a los 28 días	N/mm ²	5-7	2-5
resistencia a tracción a los 28 días	N/mm ²	1-2	0,5-1
resistencia a flexión a los 28 días	N/mm ²	1-2	0,5-1
resistencia a cortante a los 28 días	N/mm ²	1-2	0,5-1
módulo de Young	N/mm ²	700-1000	
densidad aparente	Kg/m ³	1900-2200	1700-2000
coeficiente de expansividad térmica	mm/m°C	0,010-0,015	
hinchamiento tras inmersión 24 horas	mm/m°C	0,5-1	1-2
retracción por secado	mm/m°C	0,2-1	0,2-1
permeabilidad	mm/sec	1,10 ⁻⁵	
absorción de agua total	% del peso	5 - 10	10 - 20
calor específico	KJ/Kg	0,85	0,65-0,85
coeficiente de conductividad térmica	W/m°C	0,46-0,81	0,81-0,93
coeficiente de transmisión de vapor	%	5-10	10-30
desfase térmico	horas	10-12	5-10
aislamiento acústico muros de 40 cm	dB	50	40

Tabla 4: Tabla de características técnicas del BTC.

Fuente:(Bestraten et al., 2011)



Fig. 32 PRODUCCION Y VENTA DE ADOBES.

Fuente: VILLA DE LEYVA, BOYACÁ (Arquitectura de Tierra en Colombia Procesos y Culturas Constructivas)

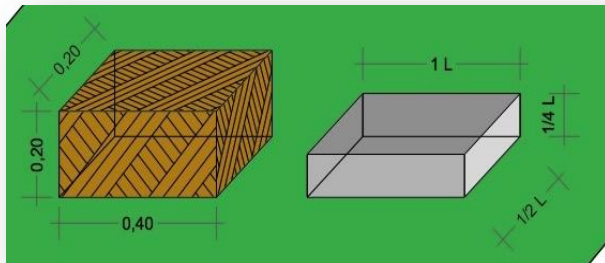


Fig. 33 Dimensiones de Adobe
Diseño: Investigador

El adobe tiene una forma rectangular $L=40\text{cm}$; $h=20\text{cm}$; $A=20\text{cm}$. Sin embargo estas pueden variar, pero su relación usual es de 1:1/2:1/4 respecto de la dimensión mayor (Carcedo Fernández, 2012) (Ver Fig. 33). Para su modelado es indispensable una mayor cantidad de agua por este motivo es necesario el uso de fibras vegetales, con la intención de disminuir las retracciones plásticas que sufre al momento del secado.

Una variante innovadora del adobe, que está tomando fuerza en la actualidad, debido a sus notables mejoras con respecto al adobe original es el BTC (Bloque de Tierra Comprimida) este material muestra una excelentes comportamientos a la compresión y humedad (Ver tabla 4), destacando que la diferencia con el adobe tradicional está en la cantidad de agua necesaria para su elaboración.

Una de las mayores ventajas del Adobe es que los materiales son de fácil acceso y su costo es relativamente bajo; así lo menciona que “en los Estados Unidos se utiliza mucho en residencias de Nuevo México y es un método constructivo que resulta muy barato, ya que entre otras cosas, el material para su fabricación está en el propio terreno.” (Red, 2010)

2.3.3 Sistema constructivo de bahareque

Esta técnica ha sido y sigue siendo protagonista en el desarrollo urbanístico y rural de Latino América (Mar & Neves, 1991), siendo alternativa de solución habitacional para un sector importante de la población. Sin embargo en cada país se ha desarrollado con pequeños cambios y en algunos con diferente nomenclatura. Esto debido a la adaptación del entorno.

Como se puede observar el Bahareque toma diferentes nombres sin embargo la técnica de manera general es igual en todo Iberoamérica y se conforma por un entramado de madera de 10 a 15 cm de diámetros, ubicados verticalmente y anclados al piso, en algunos casos se rigidiza con un elemento horizontal, en la parte media de los elementos verticales, se coloca un elemento de 10 cm X 5cm, perimetralmente, denominado *Pilor* (Calderon, 1985). en otros casos se rigidiza con elementos diagonales en las esquinas, conformando la estructura soportante.



Fig. 34 Quincha de Panamá. Fuente: (Cortez, 2015)

Posteriormente se colocan varas de bambú horizontalmente por dentro y por fuera cada 10 cm, amarrados con fibras vegetales o clavados con clavos de 21/2, para luego recibir el relleno, que usualmente es de tierra batida (barro), con ello queda conformado el tabique soportante, sobre el cual se realizan revestidos. Finalmente lo más común es realizar la cubierta con teja

2.3.4 Definición del bahareque.

“Denominación genérica de la construcción, por extensión de la denominación de los muros, es un compuesto de madera, guadua, rellenos de tierra y recubrimientos diversos, pañete de cagajon y tierra, mortero de cemento, tablas o laminas metálicas.”(Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2004). Ver. Fig. 34

En las poblaciones de Saraguro y San Lucas, desde hace algunas décadas han adoptado esta técnica del bahareque para edificar viviendas que los protejan de las inclemencias del tiempo.

2.3.5 Clasificación de edificaciones de bahareque

En la literatura se encuentra dos tipos de clasificación, el primero se clasifica por nombre y procedencia de bahareque, y el segundo por el tipo de material utilizado.

a) **Por el nombre y procedencia:** (tabla 5-6) El bahareque ha logrado extenderse por el continente americano; con distintas denominaciones y variaciones; así por ejemplo.

En Panamá se denomina Quincha, un entramado de madera con relleno de barro. (Ver fig. 34)

En Brasil el sistema de entramado de madera rústica, relleno con tierra; en Argentina se presenta la técnica del estanteo-quincha, con entramado de madera rústica colocada sobre horcones, y con las sujeciones de los listones horizontales a los pilares, por medio de tientos de cuero, alambre o clavos y con un revoque de tierra con cal.

En Bolivia se conoce la técnica denominada Tabique con entramados de madera, rellenos de la pared con barro.

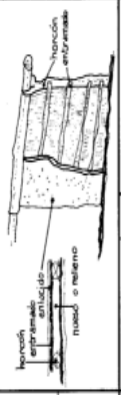

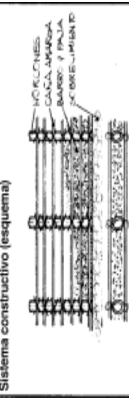
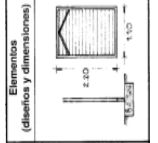
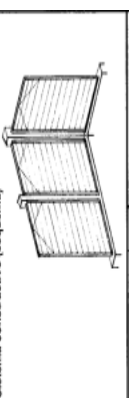
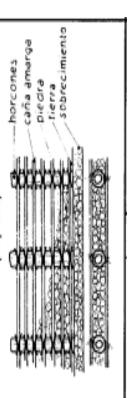
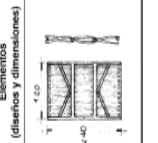

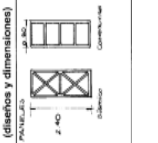

En Venezuela se conocen cuatro sistemas dentro de la familia del bahareque: el bahareque tradicional con entramado de madera con horcones y cañas, relleno de la pared con tierra y paja; el bahareque prefabricado, con entramado formado por paneles de madera prefabricados fijados al piso, relleno de paredes con arcilla, paja y cal; el bahareque con piedra, con entramado de madera con horcones y cañas, relleno de paredes con piedra ligada con tierra-cemento; y, por último, el bahareque con coco, entramado de madera y cañas, relleno de las paredes de concha de coco ligados con arena, cemento.

De acuerdo a ((Mar & Neves, 1991), existen tres técnicas de bahareque en el Ecuador: bahareque con entramado de madera rústica; el bahareque mejorado, y el bahareque prefabricado, en caso de los dos primeros la diferencia es el uso de un entramado de madera aserrada, y en caso del prefabricado es el relleno de la pared con paneles entramado de bambú (usualmente con cubierta de teja).

A las tres técnicas conocidas en el Ecuador, se puede agregar el bahareque en Galluchaqui, que es una estructura combinada de madera rústica y madera aserrada con entramados de carrizo o chinchá (variedades de bambú), sobre una cimentación de pilotes de piedra o madera, (Calderon, 1985) el entramado se rellena con barro, y la cubierta generalmente es de teja artesanal, en algunos casos dependiendo de la economía de la familia suelen tener revestidos y acabados finales.

Técnica tradicional que ha sido empleado por la cultura Saraguro, que habitan las localidades de Saraguro, San Lucas, y pobladores de la región Amazónica, donde habitan los Saraguros; con ciertas variaciones estructurales, dependiendo del medio y de los materiales.

b) **Por el material utilizado.** La (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2004) propone una clasificación diferente, dependiendo del material utilizado a nivel de recubrimiento de los muros (tierra, madera, metal o mortero de cemento). Estos se clasifican en: bahareque de tierra, bahareque de tierra relleno, bahareque de tierra hueco, bahareque de tabla, bahareque metálico, bahareque encementado, bahareque contemporáneo.

ARGENTINA	ESTANTEO= QUINCHA	<p>CONCENTRAMIENTO DE MADERAS EN LOS PUNOS VERTICALES Y ORCIONES HORIZONTALES. ALAMBRE DE ALACRANES EN LOS PUNOS VERTICALES Y TIERRA EN LOS ALACRANES.</p>	<p>Denominación ESTANTEO / QUINCHA Familia Estanteado Sistema constructivo (esquema)</p> 
BOLIVIA	TABIQUE	<p>CONCENTRAMIENTO DE MADERAS EN EL ENLACE CON BARRIO.</p>	<p>Denominación TABIQUE Familia Estanteado Sistema constructivo (esquema)</p> 
VENEZUELA	BAHAREQUE TRADICIONAL		<p>Denominación BAHAREQUE TRADICIONAL Familia Estanteado Sistema constructivo (esquema)</p> 
	BAHAREQUE PREFABRICADO	<p>Elementos (diseños y dimensiones)</p> 	<p>Denominación BAHAREQUE PREFABRICADO Familia Estanteado Sistema constructivo (esquema)</p> 
VENEZUELA	BAHAREQUE CON PIEDRA	<p>SEMISARAJA MARGA BEJUCO NEGRO, SOBRECIMENTOS</p>	<p>Denominación BAHAREQUE CON PIEDRA Familia Estanteado Sistema constructivo (esquema)</p> 
	BAHAREQUE CON COCO	<p>ENTRAMADO DE MADERAS EN EL ENLACE CON BARRIO Y SOBRECIMIENTO</p>	
PERÚ	QUINCHA PREFABRICADA	<p>Elementos (diseños y dimensiones)</p> 	<p>Denominación QUINCHA PREFABRICADA Familia Estanteado Sistema constructivo (esquema)</p> 
	QUINCHA MEJORADA	<p>Elementos (diseños y dimensiones)</p> 	<p>Denominación QUINCHA MEJORADA Familia Estanteado Sistema constructivo (esquema)</p> 

2.3.7 El bahareque de galluchaqui.

Definición.- La palabra Galluchaqui, proviene del vocablo “Gallu= Gallo” y de la palabra Kichwa “Chaqui = pie”; el uso de este nombre para esta técnica constructiva es debido a que sus arrostros esquineros de la estructura de la vivienda, tienen una similitud a la pata de un gallo (Ver fig. 35, 36,37), esta técnica, es una variante en la forma de construir las paredes en bahareque. (Calderon,1985)

2.3.7.1 Diferencias entre el bahareque parado y bahareque de galluchaqui

La diferencia principal entre el bahareque parado y el Galluchaqui, radica que, en la técnica del Galluchaqui la madera queda totalmente aislada del suelo por una solera inferior soportada por basas de piedra, funcionando a manera de una cadena de amarre, (Ver Fig. 38) así evita los problemas de acción de la humedad. Además este es un sistema más sofisticado en la estructura del propio bahareque,(Calderon,1985) donde las paredes se presentan con arrostros, esto no sucede con el bahareque parado tradicional en el que todas las maderas estaban ancladas al suelo, Ver Fig. 39

De igual forma en la técnica del Galluchaqui, se trabaja con maderas labradas en su mayor parte, debido a los empalmes que se deben hacer y los elementos de palmeado que deben quedar correctamente colocados.

Otra diferencia notable entre estos dos sistemas es el cambio de una cimentación anclada al piso, por una asentada sobre basas de piedra, sin cambiar la forma tradicional de la vivienda, manteniendo así las características autóctonas de las viviendas de Saraguro, Ver Fig. 35

2.3.8 Materiales de construcción en bahareque de galluchaqui.

Diversos son los materiales a ocuparse para la construcción de una construcción de bahareque de galluchaqui, así tenemos: la madera de eucalipto, la chacllana, (carrizo o chinch), la tierra, la piedra labrada y sin labrar, la teja, clavos, Bejuco o jarcia.



Fig. 35 Forma del Galluchaqui
Diseño: Investigador

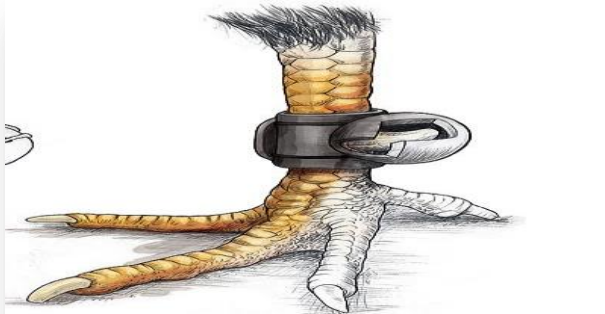


Fig. 36 Pata de Gallo (galluchaqui)



Fig. 37 Casa. Técnica de bahareque en galluchaqui.
Fuente: El investigador 2013

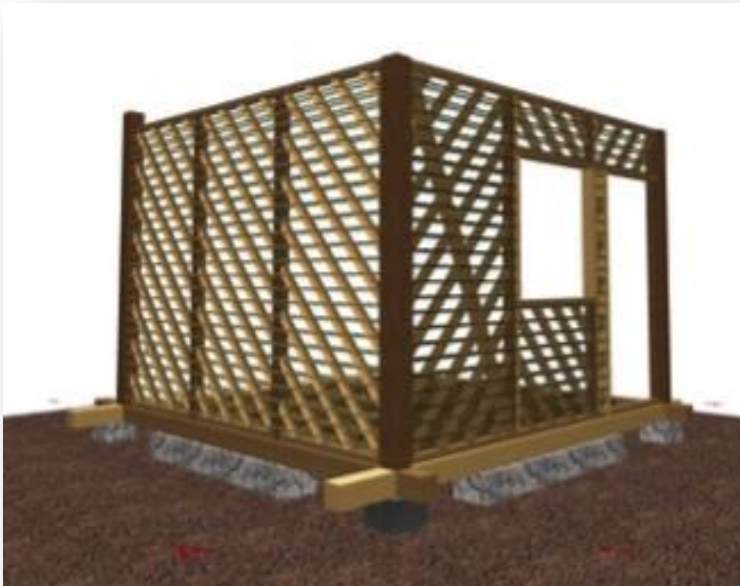


Fig. 38 Técnica de bahareque de galluchaqui
Diseño: Investigador



Fig. 39 Técnica de bahareque parado
Diseño: Investigador

2.3.8.1 La madera

La madera es un material fundamental en esta técnica de construcción, pues es la materia prima principal de la estructura, su uso en las cimentaciones, en los muros y en la cubierta, son característicos; por tanto para su mejor utilidad es importante conocer su composición estructural y durabilidad.

a. **La composición estructural de la madera.-** Toda madera se compone al menos de los siguientes elementos: Corteza; Cambium; Albura; Duramen; Medula; Anillo de crecimiento anual; Células radiales. Cada una de estas conforma la estructura del tronco. (Ver Fig.40)

b. **Durabilidad.-** Tiene una relación directa con la dureza del mismo, y al rendimiento en contacto con el suelo, (Madera, Veta, Dibujo, & Madera, n.d.), clasificándolas en maderas duras aquellas que provienen de la familias de las Latifoliadas y maderas blandas de las Coníferas.

La Llashipa (*Dicksoniasellowiana*).- Esta variedad de madera pose excelentes características de resistencia a la compresión y a la humedad, en las viviendas de Saraguro se usaron como esquineros permitiendo anclar directamente en el suelo, (Calderón, 1985) esto se verifica en la estructura de las viviendas encontradas en Saraguro, (Ver Fig.41)

El Eucalipto (*Eucalyptusglobulus*).- El crecimiento demográfico, el incremento de las viviendas, provocó que la Llashipa y otras especies como el cedro, laurel, sarar, etc., disminuyan notablemente; este hecho condicionó a esta técnica a usar otras variedades de madera como el eucalipto (*Eucalyptusglobulus*), debido a su rápido crecimiento, y disponibilidad en el medio. Esta variedad ha sido utilizada con más frecuencia en los últimos tiempos. Este material se utilizado principalmente en elementos como; soleras inferior y superior, parentes o pies derechos, arrostros, y estructura de cubierta. (Ver Fig.42)

Características del eucalipto blanco (*eucalipto globulus*)

En la ficha técnica de maderas, de la revista inti: maderas y muebles; el ing. Felix Martinuzzi, describe las siguientes características para la clase de *eucalipto globulus* o eucalipto blanco:

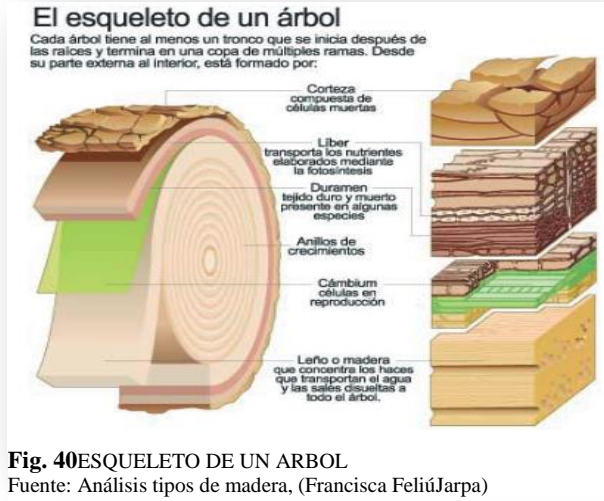


Fig. 40 ESQUELETO DE UN ARBOL
Fuente: Análisis tipos de madera, (Francisca FeliúJarpa)



Fig. 41 Llashipa, (*Dicksoniasellowiana*)
Fuente: (C.G.Tornquist, 2012)



Fig. 42 Bosque de eucaliptos. Fuente:(Artigoo, 2012) recuperado de <http://artigoo.com/eucalipto-ventajas-desventajas-arbol-polemica>.

Tabla 6 Propiedades físicas del eucalipto .
Fuente: (Domoticos, 2014)

DENSIDAD (g/cm ³)	VERDE	SECA AL AIRE	ANHIDRA	BÁSICA
	1.16	0.73	0.70	0.55
CONTRACCIÓN NORMAL (%)	TANGENCIAL	RADIAL	VOLUMÉTRICA	TR
	10.8	4.4	15.2	2.45
CONTRACCIÓN TOTAL (%)	14.2	6.7	20.9	2.11

Comportamiento frente al secado.-

- Madera de difícil de secar debido a sus índices de contracción tiende a deformarse, agrietarse y rajar, por lo cual su secado debe ser cuidadoso para reducir la incidencia de los efectos. Ver tabla
- Tiene fuerte tendencia al colapso.
- Se recomienda tratamientos preventivos contra la polilla.
- Requiere estibas con ventilación intermedia.
- En el secado artificial requiere cuidado aplicando normas de secados muy suaves con temperaturas que no superan los 60° y requiere tratamiento para corrección de colapso.

Durabilidad natural.- Madera poco durable en contacto con el suelo, entre 5 y 10 años, si está aislada es durable
Duramen poco resistente a ataque de hongos, susceptible a ataque de insectos. La albura es susceptible al ataque de polillas.

Impregnación.- se realiza impregnación en los siguientes:

Albura fácilmente penetrable por los perseverantes, mientras que el duramen resulta impenetrable (con los métodos tradicionales).

El Centro de Innovación y Servicios de la Madera. Determinación de la durabilidad, manifiesta que la madera de *Eucalyptus globulus* está dentro de la clase 3 de durabilidad, es decir con una vida media del duramen en contacto con el suelo comprendida entre 5 y 15 años, sin embargo la norma EN 350-2 le da una categoría de inferior durabilidad.

Durabilidad del duramen:

En tierra: medio durable

Al aire libre: durable

A insectos xilófagos: resistente

Durabilidad de la albura:

En tierra: poco durable

Al aire libre: poco durable

A insectos xilófagos: poco durable.

Manuel C. Touza Vázquez y Oscar González Prieto, del Centro de Innovación e Servicios Tecnológicos da Madeira de Galicia, le asignan las siguientes características al Eucalipto globulus:

Durabilidad natural:

En contacto con el suelo: clase 3 (5 y 15 años)

Al exterior, sin contacto con el suelo: clase 2 (15 a 40 años)

Impregnabilidad:

Albura: impregnable; Duramen: poco impregnable, posibilidad de alcanzar penetraciones 3 y 6 mm

Dureza: Madera dura (50 N/mm²)

Tabla 7 Propiedades mecánicas del eucalipto.

Fuente (Domoticos, 2014) **Recuperado de**

<http://mueblesdomoticos.blogspot.com/2014/04/el-eucalipto-usocaracteristicas-y.html>

CONDICIÓN	FLEXIÓN ESTÁTICA			COMPRESIÓN				
	ELP (Kg/cm ²)	MOR (Kg/cm ²)	MOE x 10 ³ (Kg/cm ²)	PARALELA			PERPENDICULAR	
				ELP (Kg/cm ²)	MOR (Kg/cm ²)	MOE x 10 ³ (Kg/cm ²)	ELP (Kg/cm ²)	MOR (Kg/cm ²)
VERDE + 30%	383	702	104	232	288	----	58	----
SECO AL AIRE 12 %	509	1068	138	337	470	----	80	----

CONDICIÓN CH%	DUREZA			CIZALLADURA Kg/cm ²		TENACIDAD Kg-m		EXTRACCIÓN DE CLAVOS Kg	
	Lados	Tang.	Extrem.	Tang.	Radial	Tang.	Radial	Lateral	Extremos
VERDE +30%	478	----	480	----	97	----	4.81	----	----
SECO AL AIRE 12%	442	----	557	----	117	----	3.45	----	----

Resistencia al fuego:

Velocidad de carbonización nominal 0,55 -0,47 mm/min

La chinchá.- Material empleado para el entramado de paredes, se colocan en pares cada 10cm, amarrados con fibra vegetal (cabuya), en forma horizontal o diagonal a 45 grados. También se usa en la cubierta, como base para sustentar la teja, sin embargo con el tiempo fue reemplazada por el carrizo, varas de eucalipto y posteriormente por la chonta.

Fibras vegetales.- En este sistema constructivo se usan diferentes tipos de fibras vegetales, así podemos decir en la elaboración del relleno, se usa la paja mezclado con el barro, en el empañetado, se usa fibra que son sestos de la eces de las acemilas, otro tipo de fibras más fuertes son el bejuco y la jarcia, que se usan para amarrar el carrizo, y sujetarlo al soporte de madera.

El uso frecuente de la paja en el embarrado es para disminuir la retracción plástica que se produce al momento de secado del relleno.

2.3.8.1.2 Tratamientos de la madera.

Tratamientos preventivos realizados en Saraguro.- Antiguamente para el corte de madera de eucalipto se procedía de la siguiente forma.

“Cuando se trataba de vigas y columnas, tumbaban el árbol y dejaban secar por varios meses antes de aserrar, para evitar torceduras. Mientras que si se trataba de tablas procedían a aserrar inmediatamente pero estas no se terminaban de aserrar la puntas para que permanecieran unidas y así evitar la torcedura, luego se sumergía en agua durante 15 días, para lavar la savia y luego se secaba a la sombra hasta su posterior uso”.(Calderon, 1985)

Actualmente se puede observar como esto ha cambiado, la madera ya no es tratada de forma natural, el proceso de secado no se realiza; los maderos son utilizados inmediatamente después de haber sido cortadas y sin ningún proceso de secado; son pocos los casos donde se utilizan productos químicos para el curado de la madera para evitar los xilófagos. Sin embargo, estos son utilizados inadecuadamente, el desconocimiento es principal factor en contra.

Tabla 8 clasificación de los suelos según su tamaño.

Fuente:(Wikipedia, 2016). Recuperado de:

https://es.wikipedia.org/wiki/Textura_del_suelo

Dimensión de la partícula elemental (mm)	Attemberg – (Sistema Internacional)	U.S. Dep. De Agricultura	Ex – U.R.S.S.
<0,001	Arcilla	Arcilla	Arcilla
<0,002			Limo fino
0,005	Limo	Limo	Limo medio
0,01			Limo grueso
0,02			Arena muy fina
0,05	Arena fina	Arena fina	Arena fina
0,1			Arena media
0,25	Arena gruesa	Arena gruesa	Arena gruesa
0,2		Arena muy gruesa	
0,5		Grava fina	Grava fina
1,0	Grava	Grava	Grava
2,0			
3,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
5,0			
10,0			
20,0			
>20,0			

2.3.8.2 El Suelo.

Definición.- Es la “capa superficial de espesor variable que recubre la corteza terrestre, procedente de la meteorización física y química de la roca preexistente y sobre la que se asienta la vida.” (IES Santiago Grisolia, 2013)

2.3.8.2.1 Clasificación de los suelos.

Los suelos tienen una clasificación muy variada, pero para nuestro estudio clasificaremos según el tipo de partícula y su textura.(FAO, 2009) Este método de clasificación es muy práctico para identificar los suelos en campo. Con el uso de un tamiz y las tabla N8 juntas podemos realizar una clasificación(Ver Fig.43)

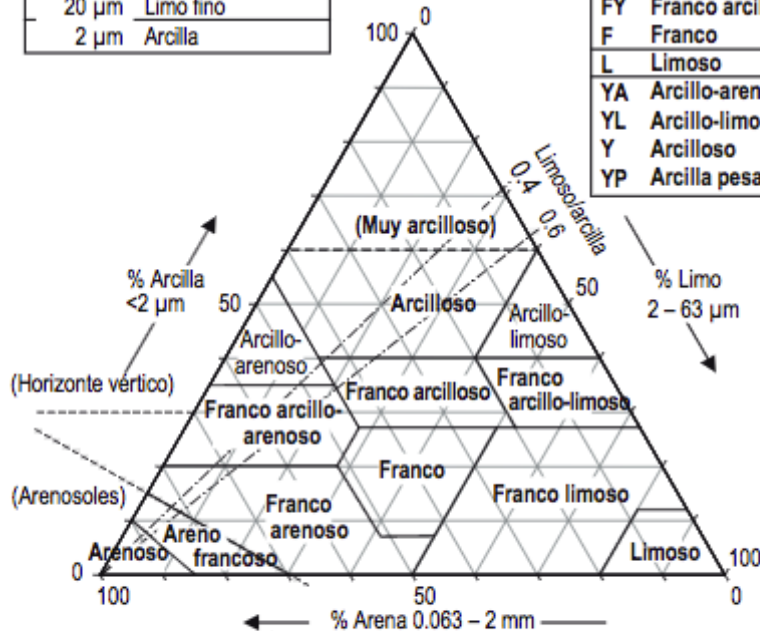
Relación de los constituyentes de tierra fina por tamaño, definiendo las clases texturales y subclases de arena

Clases del Tamaño de Partículas

2 000 µm	Arena muy gruesa
1 250 µm	Arena gruesa
630 µm	Arena media
200 µm	Arena fina
125 µm	Arena muy fina
63 µm	Limo grueso
20 µm	Limo fino
2 µm	Arcilla

Clases texturales

A	Arena (no especificado)
AF	Areno francoso
FA	Franco arenoso
FYA	Franco arcillo-arenoso
FL	Franco limoso
FYL	Franco arcillo-limoso
FY	Franco arcilloso
F	Franco
L	Limoso
YA	Arcillo-arenoso
YL	Arcillo-limoso
Y	Arcilloso
YP	Arcilla pesada



Subdivisiones de la clase textural arena

AMF	Arena muy fina	
AFI	Arena fina	
A	AM	Arena media
AG	Arena gruesa	
AN	Arena no clasificada	
AMFR	Arena muy fina franca	
AF	AFF	Arena fina franca
AFG	Arena fina gruesa	
FA	FAF	Franco arenoso fino
FAG	Franco arenoso grueso	

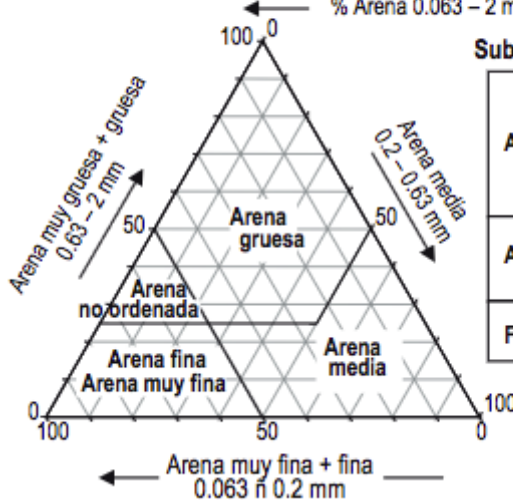


Fig. 43 Triángulo de Feret. Clasificación de los suelos según su tamaño y textura. Fuente:(FAO, 2009) recuperado de <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>

2.3.8.2.2 Propiedades físicas del suelo.

Las propiedades físicas están determinadas por la granulometría y textura, el color, estabilidad natural, poder de adhesión, densidad, contenido de humedad, porosidad, capilaridad, poder de absorción, permeabilidad, capacidad de cambio de iones, contracción linear, fuerza seca, etc.

Por su textura.- La textura de la tierra está dada por la distribución y predominancia de las partículas de tierra, y se reconocen tres tipos importantes de texturas, orgánica, arenosa, y arcillosa. (Filho, 2007) (Ver. Fig. 43,44)

Otra clasificación internacionalmente conocida está determinada por el tamaño de las partículas, así tenemos: arcilla, limo, arena, grava, canto rodado, bloques. (Fig. 41). (Wikipedia, 2016)

Según Hays y Matuk, la tierra más conveniente para la técnica del bahareque, son las que tienen granos finos aquellas donde las partículas pasa por la malla No 200 (0,075mm).

Por otro lado la arquitecta Lucia Garzón indica las cantidades adecuadas: arena 50%; limo sugiere que no supere un 30%, debido a que la mayor cantidad de la misma produce degradación rápida frente a la humedad, y arcilla, que es el elemento que cohesiona, esta debe estar presente entre el 7% y el 20%, esta cantidad es suficiente para la utilización en la técnica del bahareque.

2.4 PROCEDIMIENTOS DE SELECCIÓN DE MATERIALES EN SITU.

2.4.1 Selección de la tierra.

Para la selección correcta del tipo de material a utilizarse, existen varios procedimientos artesanales comprobados por diferentes autores como Silvana Jaguaco, quien manifiesta que

“se puede hacer una prueba rápida del suelo usando un frasco con agua, donde se introduce un puñado de tierra. Tápelo y agítelo fuertemente. Déjelo asentar, la arena y el limo es el primero en depositarse, mientras que la arcilla permanece en suspensión formando una nube opaca antes de asentarse. La estratificación en el



Fig. 44 Clasificación de suelos por su textura.
Fuente: (“UNAM-DGS-344,” 2015) Recuperado de <http://viaorganica.org/mexico-tiene-30-de-los-32-tipos-de-suelo-existentes/>



Fig. 45 Prueba de tierra en frasco de agua;
Fuente: Investigador

fondo le dará una idea de las proporciones”(Canchig et al., 2007) (Ver Fig.45)

Mientras que (Carazas Aedo & Olmos Rivero, 2002) proponen varios procedimientos de selección correcta del terreno, de las cuales se mencionan las siguientes:

a) **Prueba de manipulación y olor**, con el agua permite identificar los componentes de la tierra, el desprendimiento del olor ayuda a determinar si es tierra orgánica; si es arenosa entonces es rugoso y quebradizo, limosa es fácil de reducirla a polvo, y arcillosa difícil de romper y lento para deshacerse en el agua.

b) **La prueba del cigarro**, en primer lugar, se debe retirar las gravas de la muestra. Luego se procede a mojar, mezclar y dejar reposar la tierra una media hora, hasta que la arcilla pueda reaccionar con el agua. Sobre una plancha, moldear un cigarro de 3 cm de diámetro; empujar lentamente el cigarro hacia el vacío, hasta que este se desprenda; medir el largo del pedazo que se desprendió. Realizar esta actividad un mínimo de tres veces (Carazas Aedo & Olmos Rivero, 2002). Para que un terreno se considere como idóneo, el tramo de desprendimiento debe estar entre 7 y 15cm, (Ver Fig.46)

c) **La prueba de la pastilla**, moldear dos pastillas con un tubo de plástico pvc, después de secado observar las características (Ver Fig.47).Lo más conveniente es que la pastilla no presente retracciones mayores a 1mm y torne difícil de reducir en polvo.

Con los resultados de las pruebas de campo se puede determinar qué tipo de suelos son aptos para la construcción.

Otro autor recomienda que el suelo debe tener arcilla entre el 10 y 20%, limo 15 y 25% y arena de 55^a 70%. (Morales, Torres, Rengifo, & Irala, 1993) para así conseguir una buena dosificación.

De estos tipo de procedimientos no hay evidencias en la práctica cotidiana los maestros constructores, tanto para la selección del suelo como para su identificación en situ.

Sobre este mismo tema, en libro Saraguro Huasi manifiesta que “el barro se elaboraba junto a la vivienda, el tamaño del lote para esta actividad es más grande que la superficie de la vivienda, y el trabajo previo a la mezcla de tierra y agua es el limpiado de rastrojo, y elementos vegetales” (Calderon, 1985); quedando claro que las



Fig. 46 PRUEBA DEL CIGARRO;
Fuente: Investigador

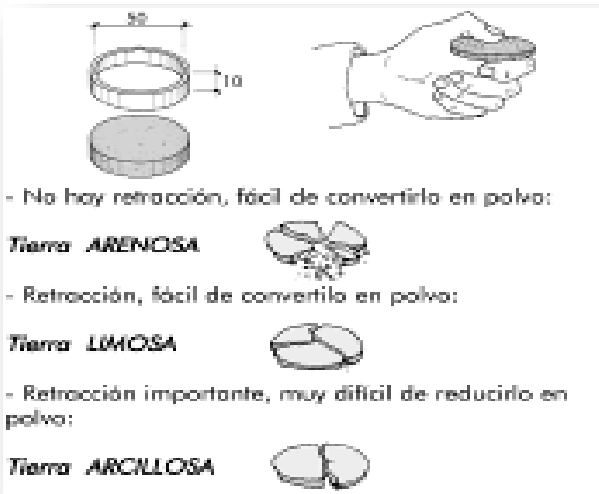


Fig. 47Fig. 31: PRUEBA DE la pastilla;
Fuente: (Carazas Aedo & Olmos Rivero, 2002)

construcciones tradicionales y hasta la actualidad no hay un proceso de selección de la tierra; la única condición para seleccionar la tierra es que la tierra este cerca de la construcción y en su mayoría son terrenos de cultivo (Ver Fig.48)



Fig. 48Elaboración de barro in situ
Fuente: Investigador

2.4.2 Selección de fibras vegetales: El bejuco la jarcia y la paja.

El mayor agregado de fibra vegetal utilizado para las construcciones con tierra en general es la paja del páramo, para ello las personas realizan una selección visual de las especies más resistentes y finas; producto de la experiencia, tiene plenamente identificada y se la denomina “sacama”. (Ver Fig.49)

Sin embargo es difícil encontrar esta especie puesto que crece solo en ciertos lugares.

La fibra se emplea de distintas maneras y momentos diferentes de la construcción; para el caso del Bahareque, una vez que el barro este cocido se añade la paja y se forman bolas de lodo para luego aplicarlas sobre el entramado. La paja de paramo se emplea al momento del revoque para darle consistencia evitar excesivas fisuras

Además de la paja se ha empleado también la jarcia o fibra de maguey; esta práctica no fue muy popularizada, porque el proceso hasta obtener el producto es bastante laborioso y demanda más tiempo; y debido a las grandes cantidades que se requieren para una construcción, la mayoría ha optado por la primera alternativa.

Para ciertas construcciones también llegaron a emplear tallos de trigo, sin embargo esta fibra es quizá la menos utilizada, por la baja resistencia de la fibra.

2.4.3 Mezclado de paja y barro.

Con el fin de evitar las fisuras y otros inconvenientes los maestros optaron por incorporar aditivos, como mezclar la tierra húmeda con trozos de paja (15 cm aproximadamente); pasto que crece en abundancia en los páramos andinos, además el uso de este material ayuda a evitar la contaminación, pues sus restos se degradan de forma natural y en poco tiempo sin causar ningún daño al ambiente o pueden ser utilizados como abono orgánico, dependiendo del lugar también se utilizaban tallos de avena y trigo. (Ver Fig. 50)



Fig. 49 Pajonal Fuente: (“Proyecto Quema de pastizales,” 2015) Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/Zootecnia/Leup/SSD/pastizales.html##>



Fig. 50 Mezcla de barro y paja. Embarre de casa comunal. Comunidad de. Fuente Ortega Toa. 2013



Fig. 51 Fisuras en pared. Fuente Investigador. 2013



Fig. 52 Vivienda del sr. Daniel Chalan Cango. Fuente Investigador. 2016

Para Rodríguez L. (2009) “la utilización de estos materiales permite que el barro trabaje adecuadamente, evita los agrietamientos por deshidratación.” (pág. 9). Y “Antes de aplicar la mezcla, el barro debe madurar durante cuatro días, para obtener una mejor adherencia y resistencia”(PREDES, 2008) después de este tiempo se puede agregar la paja.

Las viviendas tradicionales cumplen con esta premisa pues antes de aplicar la paja, la tierra se somete a un proceso de degradación y mezcla, para ello se emplea agua en grandes cantidades y se revuelve hasta que el barro quede completamente uniforme, sin partículas de piedra u otros materiales; este proceso puede tardar varios días.

La fibra vegetal denominado paja es utilizado con la finalidad de reducir la retracción plástica que se produce por acción del secado. (Morales et al., 1993)

Se recomienda utilizar paja picada de unos 10 cm y, de preferencia, en un porcentaje de alrededor del 1% en peso.(PREDES, 2008).

Las viviendas tradicionales viene empleando la paja como complemento del barro, con el fin mejorar sus características. Sin embargo esto no es suficiente, pues los inconvenientes están presentes; los más comunes son: fisuras, grietas y desprendimientos, esto se da por retracción plástica del material en el proceso de secado, otras causas son la falta de mantenimiento, la acción de la humedad o la fricción. (Ver Fig.51)

En la tabla N°9 se exponen los datos tomados en la vivienda del Sr. Daniel Chalan Cango, construida hace 40 años y actualmente se encuentra habitada. (Ver Fig.52)

Cabe mencionar que en la vivienda analizada, los muros están cubiertos por cagajón (mezcla de tierra blanca, estiércol de caballo, cal) y pintura, que en conjunto suman un espesor promedio de 4 mm; las fisuras son inherentes al acabado, esta vivienda es una de las mejores conservadas, la cual no presenta mayores problemas. Estos datos varían considerablemente en viviendas donde únicamente presentan revoques de tierra.

Tabla 9 Datos de características de la vivienda del Sr. Daniel Chalan.

Zona del muro	Área. Total	Área afectada	Nivel	%	Causa
pared posterior externo	37 m ²	7,4 m ²	recubrimiento	18%	Lluvia
pared anterior externo	37 m ²	2,22 m ²	recubrimiento	2,7%	El hombre
Pared izquierdo	3,75 m ²	0 m ²		0	
pared derecho	3,75 m ²	0 m ²		0	
Paredes internas	35 m ²	0 m ²		0	



Fig. 53 Basa de piedra labrada. Vivienda de Bahareque. Parroquia San Pablo de Tenta. Fuente Investigador 2015

2.4.4 La piedra. (Basas)

Es un elemento común en las construcciones tradicionales, se emplea básicamente para el armado de las cimentaciones, para aislar la madera del piso y protegerla de la humedad. (Ver Fig. 53)

La piedra tiene una forma rectangular, de la familia de las calizas, proviene de una cantera, y sus dimensiones generales que son de 20cm de largo, por 20cm de ancho y 60cm de altura. (Calderon, 1985), tiene una sección superior labrada, en esta parte superior tiene un agujero redondo de 6cm de diámetro por 5cm de profundidad, que sirve para el anclaje de la madera con la piedra. Dependiendo del lugar y su función esta puede ser tallada o no; así por ejemplo las que forman la base de los pilares son talladas, algunas llevan impregnadas el año de construcción, mientras que otros presentan figuras antropomórficas.

La utilización de la piedra ha ido cambiando con el paso del tiempo, ahora es común encontrar cimientos realizados con ladrillo, hormigón, mampostería de piedra



Fig. 55 Teja de barro cocido. Fuente: Hidalgo Patricio. 2015

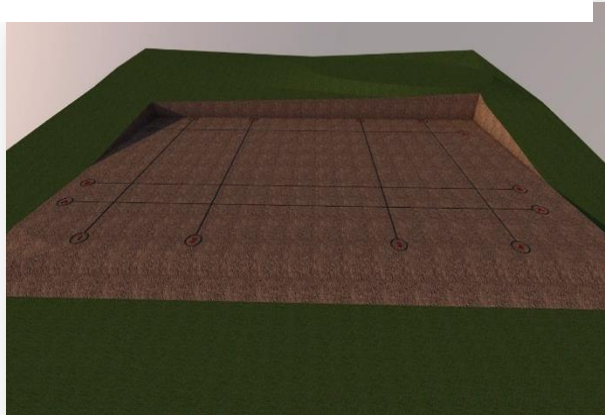


Fig. 54 Perspectiva de trazado de vivienda Saraguro
Fuente: Investigador

2.4.5 La teja de barro cocido.

La teja de arcilla cocida empleada para cubrir la vivienda, en principio era elaborada por los propios pobladores, estos materiales presentaban deficiencias especialmente es su forma, y porosidad. (ver Fig. 54)

Posteriormente aparecieron en el mercado las tejas de arcilla con formas y dimensiones más uniformes pero de menor resistencia y tamaño.

2.5 PROCESO CONSTRUCTIVO DEL GALLUCHAQUI.

Una vez detallado los materiales a utilizarse en la técnica del Galluchaqui, se procedemos a sintetizar el proceso de ejecución de la obra, aunque algunos procesos son estrictamente secuenciales, otros por el contrario se pueden ejecutar al mismo tiempo.

A continuación describimos el proceso constructivo desde la óptica técnica de la ejecución.

2.5.1 Trazado de la casa. (Cuchajapina)

Considerando que este sistema se puede adaptar a las diferentes pendientes, sin embargo se debe realizar un terraplén para el trazado de la vivienda, el cual se conoce como Cuchajapina, o coger el nivel, con el uso de una piola se traza un rectángulo del tamaño de la casa que se va a construir, (Ver Fig. 55)

Al momento de formar el talud, siempre se debe dejar una ligera pendiente del 3% aproximadamente en el sentido de la pendiente original, esto servirá como un sistema de drenaje natural.

2.5.2 Ubicación de las basas.

Una vez realizado el trazado se procede a excavar los huecos para la ubicación de las basas, iniciando por los esquineros, (ver Fig. 55. 56) Continuando con las basas de las intersecciones de las paredes (Ver Fig. 56) y finalmente con las basas intermedias. (ver Fig. 57,58,59, 60)

Las dimensiones de las basas son de 20cmX 20cm X 80cm; sin embargo estas medidas pueden variar.

Por otra parte para la técnica del Galluchaqui también se usan piedras sin labrar, con la condición de tener al menos un lado plano donde se asentara la solera.

Luego de la colocación de las soleras, se procede a colocar más piedras para evitar el asentamiento de las soleras, estas piedras no son labradas, sino que son colocados en los lugares donde las luces entre las basas, son considerables. (ver Fig. 59)

Otras alternativas de cimentación que se han ido incorporando a este sistema son el ladrillo y basa de hormigón armado. (Ver Fig. 61, 62)

En otros casos para adaptarse a la topografía del terreno, se usa un sistema mixto de basas soportantes y pilares sobre basas, esto genera espacios inferiores que los utilizan como bodegas o espacios para animales menores. (Ver Fig. 63)

Este sistema de cimentación también es de uso para viviendas de adobe, los espacios entre las basas o pilares sobre basas, pueden dejarlos sin cubrir o cubiertos con el mismo sistema Galluchaqui. (Ver Fig. 64)

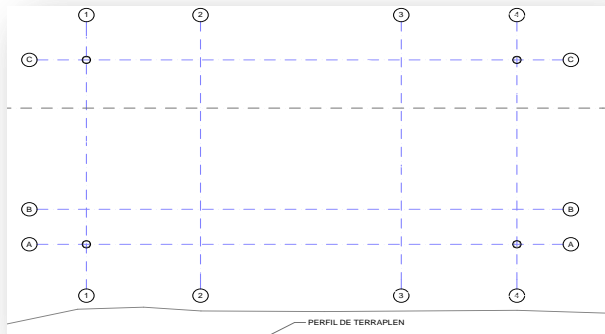


Fig. 56 Planta de trazado de vivienda Saraguro.
Fuente: Investigador

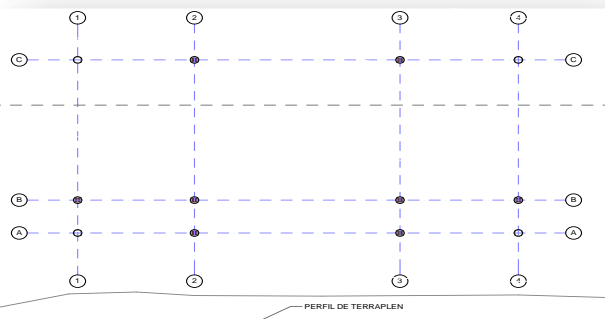


Fig. 57 Basas de piedra en intersección de paredes.
Fuente Investigador

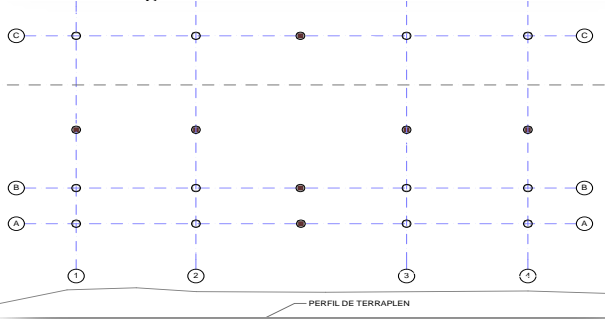


Fig. 58 Ubicación de basas intermedias.
Diseño: Investigador



Fig. 62 Cimentación de vivienda en galluchaqui.
Fuente: Investigador

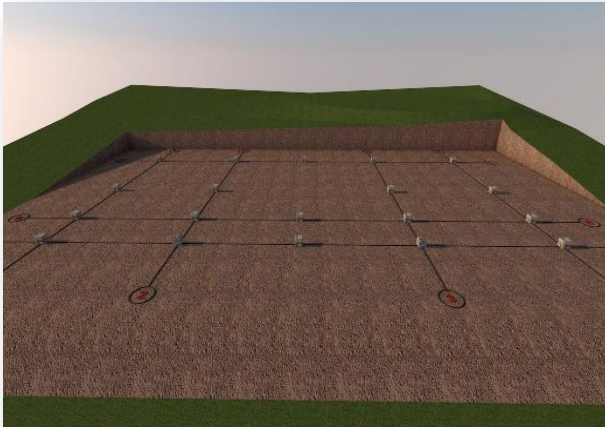


Fig. 61 Perspectiva de ubicación de basas
Diseño: Investigador



Fig. 60 Basas de hormigón armado.
Fuente: Investigador



Fig. 59 Basa de ladrillo:
Fuente: Investigador



Fig. 66 Pilares sobre basas.
Fuente: Investigador

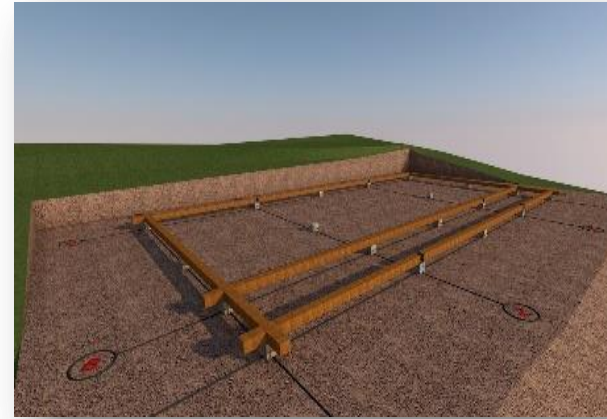


Fig. 63 Solera inferior.
Fuente: Investigador



Fig. 65 Pilares sobre basas.
Fuente: Investigador

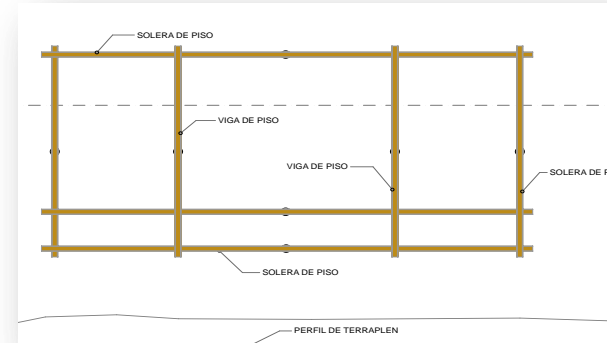


Fig. 64 Planta de ubicación de soleras inferiores. Fuente: Investigador.

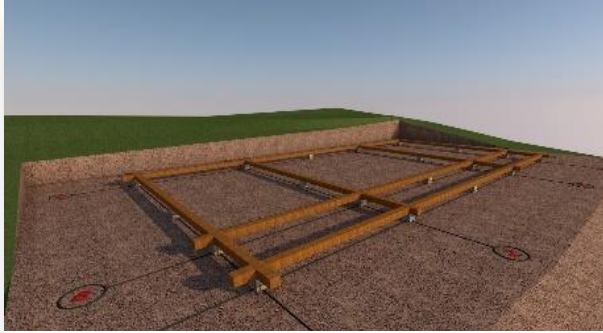


Fig. 67 Perspectiva de solera inferior.
Fuente: investigador.

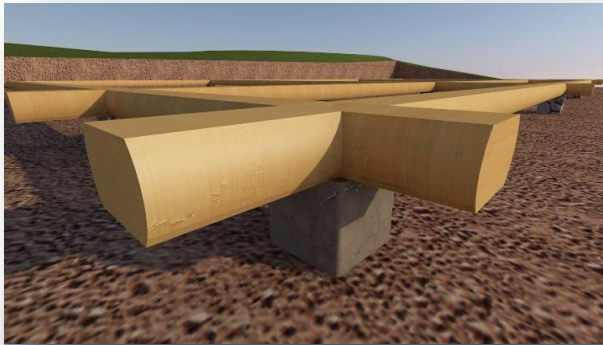


Fig. 68 Detalle de intersección de soleras inferiores.
Fuente: Investigador

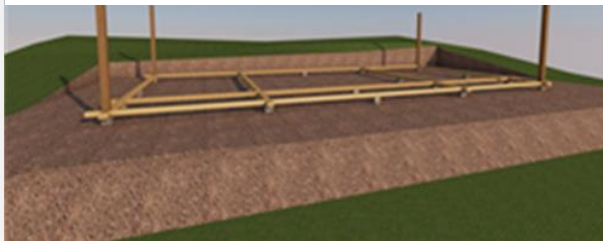


Fig. 69 Detalle de esquineros
Diseño: Investigador

2.5.3 Soleras y vigas de piso

Las soleras son elementos que amarran la estructura y que transmiten los esfuerzos verticales a las basas y estas al suelo (Ver Fig. 65, 66, 67)

Las dimensiones no son estándares, se pueden encontrar entre 18cm x 15cm y otros más antiguos de 20cm x 20cm.

La solera está conformada por una sola pieza de madera de eucalipto, que se ensamblan en las esquinas con un empalme a media madera, para la fijación se usa clavos o simplemente apoyado (Ver Fig. 68)

En cuanto a su labrado, se pueden observar que en las viviendas antiguas, se labraban las cuatro caras en las soleras, y solo dos caras en las vigas, en la actualidad se puede ver en algunos vigas y soleras labradas solo por las dos caras. (Ver Fig. 68)

2.5.4 Los esquineros

Los esquineros son maderas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), de 2,7m de longitud, y 15cm x 15cm de espesor, que son colocados en las cuatro esquinas de la casa, y es de ahí su nombre (Ver fig. 69,71)

En los extremos superior e inferior se confecciona una espiga de 6cm x 4cm x 4cm, el mismo que encaja en la salera de piso, y cuando el Pilar superior es de sección mayor a 10cm se usa espiga en la parte superior de los esquineros. (Ver Fig. 70)

2.5.5 Las tijeras

Las tijeras se utilizan para arriostrar la estructura, esta es una variante más de la técnica del Galluchaqui, y su diámetro es de 8 a 10cm y una longitud variable, dependiendo de la altura de la casa, y el lugar donde se ubique.

En estas tijeras se practica un talón en la parte inferior y superior, para un acople con la solera y los parantes. Se coloca en un ángulo de 90 grados en dirección de las soleras, y su unión es a través de clavos de acero (ver Fig. 72)

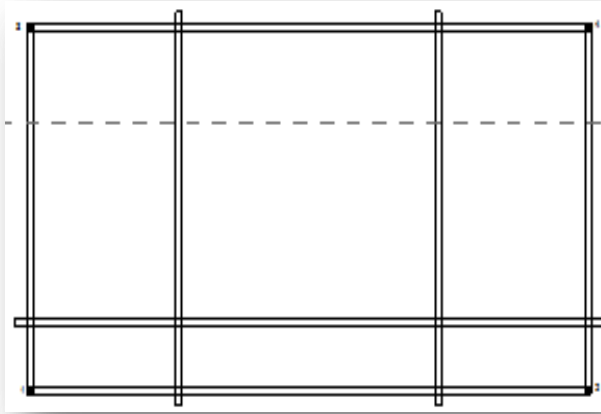


Fig. 72 Planta de ubicación de esquineros.
Fuente: Investigador

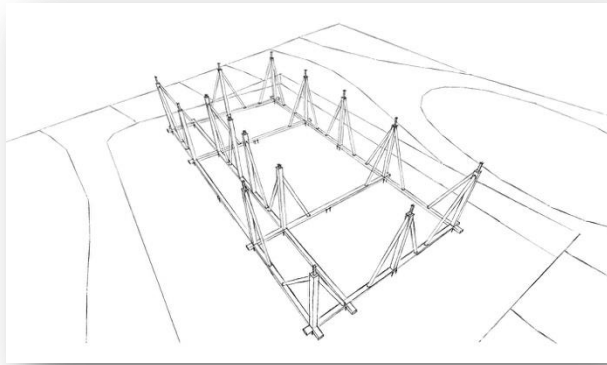


Fig. 70 Detalle de esquineros y tijeras
Diseño: Investigador

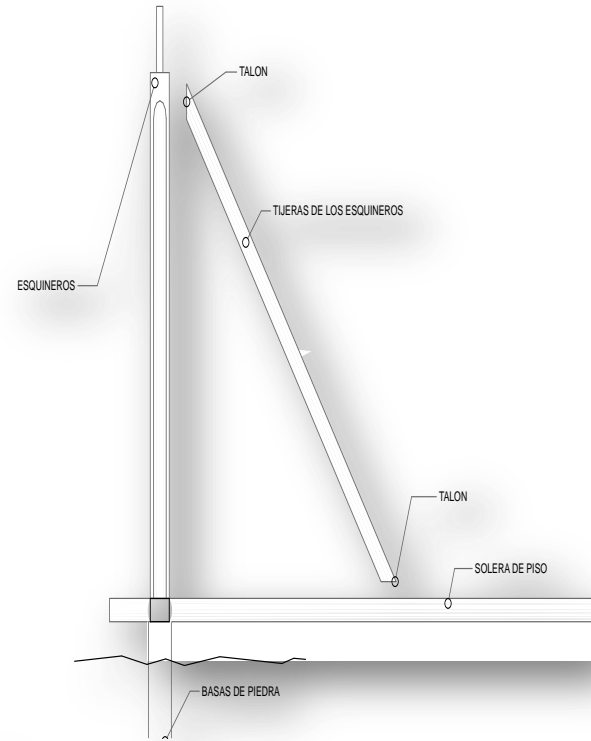


Fig. 71 Detalle de esquineros y tijeras.
Fuente: Investigador

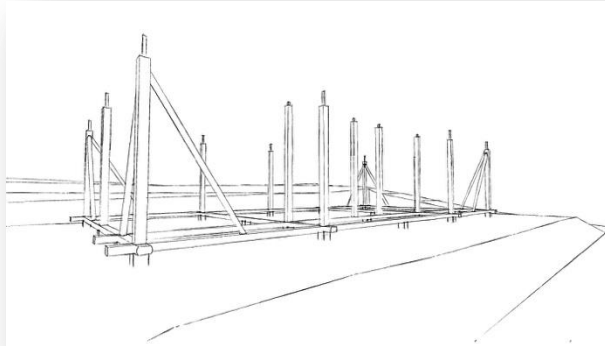


Fig. 73 Distribución de los parantes
Fuente: Investigador

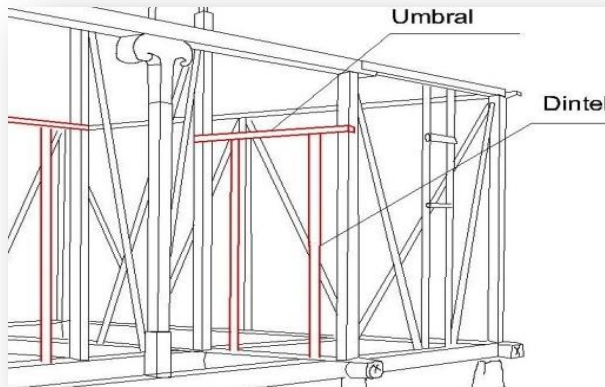


Fig. 74 Detalle de conformación de dinteles
Fuente: Investigador

2.5.6 Los parantes

Los parantes son elementos similares a las características de los esquineros, su nombre cambia debido a su ubicación, ya que estos elementos se colocan entre los esquineros y se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

Un parante en el centro de las paredes laterales, un parante en el centro de la pared posterior; y un parante en cada interacción entre viga-viga y viga-solera de la pared frontal y posterior. (Ver. Fig. 73)

Los parantes permiten además conformar los umbrales de la puerta principal; estos elementos son de menor espesor 12 cm aproximadamente.

2.5.7 Los parantes intermedios

Entre los espacios que queda entre los esquineros y parantes o entre parante y parante, se colocan los parantes intermedios, para reforzar la estructura y facilitar la conformación del entramado.

2.5.8 Umbrales de puertas y dinteles

Los vanos de las puertas se forman con los umbrales, que van colocados sobre dinteles y se extienden hasta los parantes para formar las respectivas puertas de cocina, sala y cuarto. (Ver Fig. 74)

Los umbrales son madera labradas de 12 cm x 12cm de espesor, que se anclan a los parantes a través de uniones a media madera y a los dinteles a través de uniones de caja y espiga.

2.5.9 Conformación de ventanas

Para conformar el recuadro de las ventanas, se emplean parantes intermedios y umbrales, una vez designado el sitio estos elementos se pueden recorrer para ajustarse a las dimensiones deseadas.

Generalmente los vanos de las ventanas son de 50 x 70 cm. Y se ubican en las fachadas delanteras uno en el centro de la pared del dormitorio y otro de iguales características en las en la cocina (Ver Fig. 74).

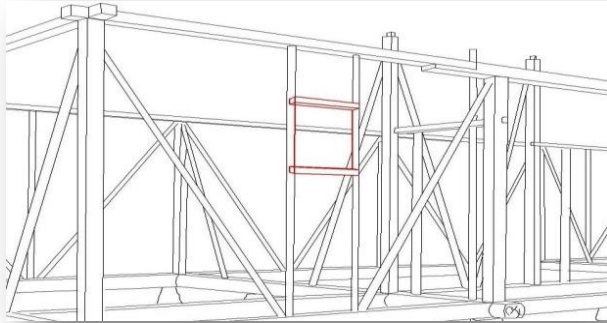


Fig. 75 Detalle conformación de ventanas
Fuente: Investigador



Fig. 76 Detalle de galluchaqui
Fuente: Investigador

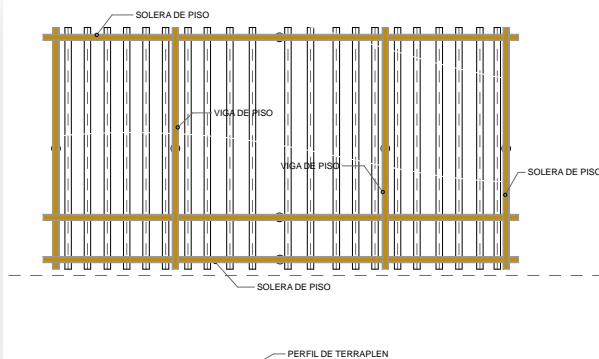


Fig. 77 Detalle de ubicación de pisos y vigas
Fuente: Investigador

2.5.10 Pilores superiores

A diferencia del bahareque tradicional, en este sistema los pilores intermedios desaparecen, esto gracias al sistema de entramado, que amarran perfectamente a los elementos estructurales.

Con este sistema se colocan únicamente las soleras superiores, siguiendo el perímetro de la vivienda; conformando así una estructura sólida; estos elementos se empalman a los esquineros y parantes mediante uniones de caja y espiga. (Ver Fig. 75)

2.5.11 El galluchaqui

Entre la solera, el parante y la tijera se forman ángulos rectos; los cuales son rellenos con un entramado de madera (galluchaqui). La orientación del entramado siempre será en dirección contraria a la inclinación de la tijera.

Además entre tramo y tramo el galluchaqui, siempre va a cambiar el sentido de orientación; es decir si el entramado va de derecha a izquierda; en el siguiente tramo la inclinación será de izquierda a derecha (Ver fig. 76). La distancia del entramado puede variar entre 10 y 15 cm. Y se unen a los parantes, soleras y tijeras mediante clavos de acero.

2.5.12 Los pisos

Se denomina pisos a las vigas que conforman los pisos. Antes de iniciar con el tejido del galluchaqui se debe colocar las vigas, las cuales deberán estar distribuidas de la siguiente manera: una viga a cada lado de las soleras divisorias a 20 cm de distancia. Luego se colocan las vigas lateralmente a una distancia de 60 entre ejes: (Ver Fig. 77) las vigas deben ser labradas a sus cuatro lados y se ensamblan a las soleras mediante un corte a media madera.

Si se toma en consideración que en las viviendas grandes existen luces de hasta 5 m, sin embargo no existen evidencias de que se hayan colocado refuerzos auxiliares para evitar vibraciones; la sección de las vigas (16 cm) es suficiente para garantizar estabilidad y evitar hundimientos o desniveles

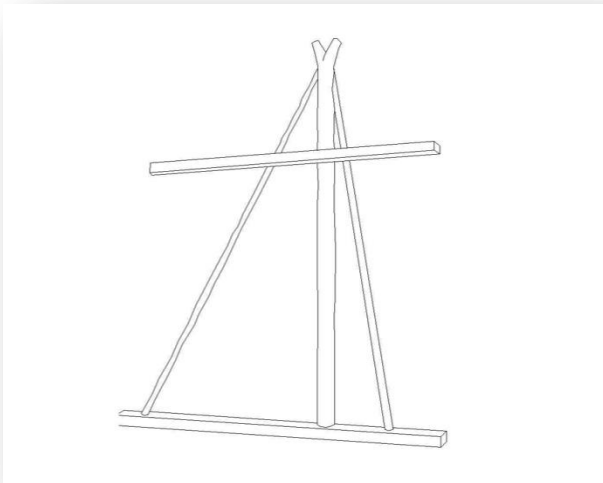


Fig. 78 Detalle de horcón.

Fuente: (Calderon, 1985)

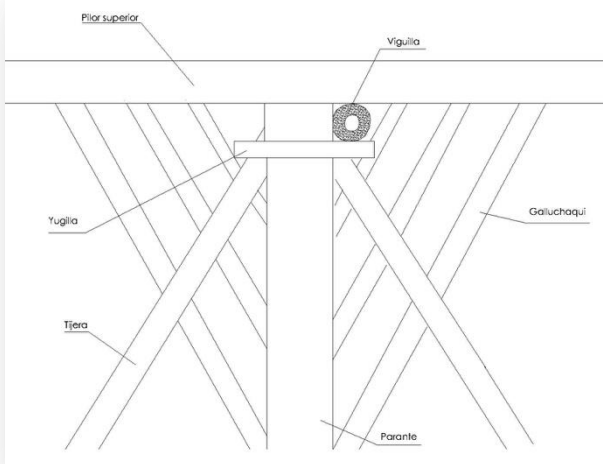


Fig. 79 Detalle de viguillas

Fuente: (Calderon, 1985)

2.5.13 Las vigas

Las vigas son de madera labrada por los cuatro o dos lados de 14 cm de espesor. Y van desde la fachada frontal hacia la posterior; paralelas entre sí y se unen a las soleras superiores a través de destajes. (Ver Fig. 77)

Por lo general se ubican seis vigas, distribuidas de la siguiente manera: una que atraviesa la habitación, otra sobre la pared divisoria entre el cuarto y la sala, dos vigas que atraviesan la sala, ubicadas a una misma distancia, una quinta viga que va sobre la pared que divide la cocina de la sala y una sexta viga que atraviesa la cocina.

2.5.14 Los horcones

Son elementos que en un extremo tiene la forma de una Y, donde ira colocado el cumbrero, en su base los horcones tienen espigas las cuales van encajadas sobre las vigas de las paredes divisorias. (Ver Fig. 78)

Tiene una dimensión aproximada de 30 cm de espesor y entre 90 y 100 cm de longitud.

2.5.15 Las paredes divisorias

Para formar la pendiente de la cubierta; una vez colocado los horcones ya se puede determinar la altura de las culatas y la estructura de las paredes divisorias, la lienza y determinar la pendiente de la cubierta, para ello se colocan tijeras a cada lado de los horcones; los parantes intermedios y los parantes de la lienza iniciando por los extremos y a la misma altura de la culata.

Una vez situados todos estos elementos estructurales se procede a colocar las barrilas de la culata formando así las pendientes de la cubierta

2.5.16 Las viguillas.

Son dos elementos y se colocan de forma transversal en el cuarto y la cocina, (Ver Fig.79) su función es enganchar las paredes laterales con las divisorias. Las viguillas no se pueden ensamblar con las soleras en la parte superior, por lo tanto van dispuestas por debajo de estas sobre soportes horizontales clavados en los parantes.

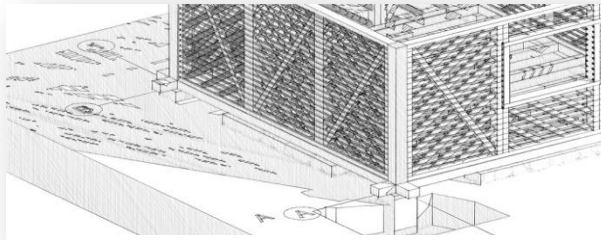


Fig. 80 Detalle de chacllana
Fuente: Investigador



Fig. 81 Detalle de embarre
Fuente: Investigador 2015.



Fig. 82 Yunta de bueyes
Fuente: (Burgos, 2015) Recuperado de
<http://www.soychile.cl/Chiloe/Policial/2015/11/05/356315/Tribunal-lo-formalizo-ancuditano-descorno-a-golpes-a-yunta-de-bueyes.aspx>

2.5.17 Chacllana.

Con este término se denomina a la actividad de atar varas de madera o chinchá a cada lado de la estructura de las paredes, formando así una canastilla que será rellena con barro. (Ver Fig.80)

Las varas son de dos y tres centímetros de espesor y de 3 m de largo aproximadamente; van colocadas en forma horizontal; paralela a las soleras atadas y con cabuya o bejuco, esta debe estar muy bien ajustada para evitar deslizamientos.

2.5.18 Embarre.

El embarre consiste en rellenar el entramado con el lodo, previamente preparado; para esta actividad es necesario la ayuda de un gran número de personas (mingados), (Ver Fig.81) a los cuales se les conoce como embarradores; los cuales se distribuyen por tramos y lanzan bolas de lodo con fuerza sobre la estructura, desde abajo hacia arriba. Cuando se ha concluido con las paredes interiores, se procede de la misma forma con las paredes exteriores.

Cabe recalcar que previo al embarre el lodo debe estar preparado y en cantidad suficiente.

Para preparar el barro es necesario disponer un terreno amplio, para la mezcla o batido del lodo se ayuda con las yuntas (ganado vacuno, unidos en su cabeza por un yugo) hasta triturar completamente la tierra y (Ver Fig.82) luego se procede a mojar la tierra y con las yuntas se apisona la tierra hasta obtener la consistencia deseada.

El barro se deja cocinar por alrededor de 48 horas antes de aplicar el embarre. El día del embarre nuevamente se mezcla el barro y se agrega trozos de paja o trigo picado.

2.5.19 Cubierta

Luego del embarre se espera un tiempo mínimo de 15 días hasta que el barro se seque antes de retomar los trabajos en la cubierta.(Calderon, 1985) (Ver Fig.83)



Fig. 84 Cubierta a 4 aguas
Fuente: Investigador

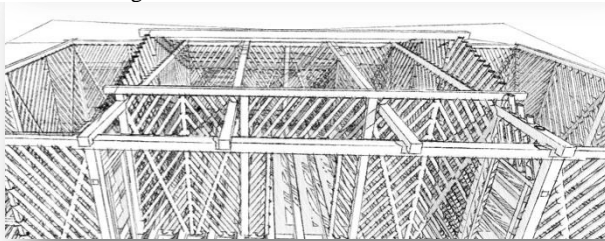


Fig. 85 Cunbrera y caimanes en estructura de cubierta
Fuente: Investigador

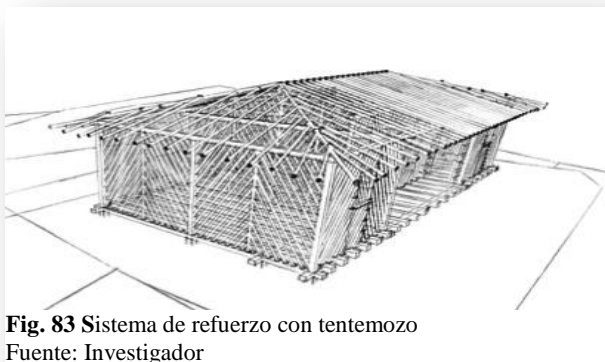


Fig. 83 Sistema de refuerzo con tentemozo
Fuente: Investigador

2.5.20 Las barrilas

Estos elementos unen los horcones con la solera frontal y posterior, formando así la pendiente de la cubierta. Su espesor es de 4 a 6 cm. se ubican uno a cada lado de los horcones. Las barrilas deberán salir entre 80 y 120 cm de la pared para así formar los aleros de la cubierta.

2.5.21 Cunbrera

Es un tronco redondo de 20 cm de espesor aproximadamente, y va ubicada sobre los horcones sin ningún tipo de anclaje solamente apoyada en la misma. (Ver Fig.84)

2.5.22 Los caimanes

Son maderas redondas que se ubican uno a cada lado de la cunbrera, de forma paralela y hacia la mitad del espacio que hay entre la cunbrera y la solera, van asentados sobre las barrilas que están formando la inclinación de la cubierta (Ver Fig.84) El espesor de los caimanes es de 14 cm y de mayor longitud que la cunbrera, esto con el fin de ayudar a sostener los limatones que formaran la culata.

2.5.23 Tentemozo

Son maderos que sirven de soporte a los caimanes, trabajan a compresión y distribuyen el peso de los caimanes hacia las vigas. Para evitar desplazamientos en las construcciones antiguas, los tentemozos en su extremo inferior terminaban en espiga, la cual encajaba sobre la caja diseñada en la viga

Sin embargo este tipo de unión de caja y espiga es cada vez menos frecuente, en la actualidad emplean clavos para unir estos elementos.

2.5.24 Los limatones.

Son elementos de madera que unen las esquinas con la cunbrera, ubicada sobre tres puntos de apoyo, en la parte superior sobre la cunbrera, en el intermedio sobre los caimanes y la parte inferior sobre las soleras. Los limatones se unen a la cunbrera a través de destajes diagonales y clavos de acero. Los limatones deberán sobre

salir de las paredes entre 80 y 120 cm para formar los aleros de la cubierta. (Ver Fig.86) .

2.5.25 Las barras

Forman la base del entramado de la cubierta; son varas de ocho centímetros de espesor, su longitud varía dependiendo del lugar donde se ubique y la forma del techo y se colocan de forma perpendicular a la cumbrera. (Ver Fig.85)

2.5.26 La chacla

Son varas de dos y tres centímetros de espesor y de 3 m de largo aproximadamente; van colocadas en forma horizontal paralela a los pilores, atadas con cabuya o bejuco, formando un entramado uniforme para colocar las tejas de barro. (Ver Fig.86)

2.5.27 El barro

Para nivelar la superficie del entramado y fijar las tejas se emplean porciones de barro, dependiendo de las necesidades, se empleará en mayor o menor cantidad, pues en los lugares donde se necesite nivelar, se utilizará mayor cantidad de barro.

Formas de la cubierta de viviendas en Galluchqui.- Las cubiertas presentan dos formas básicas; a cuatro aguas (Ver. Fig. 88) y a dos aguas (Ver. Fig. 86) el diseño de la cubierta depende principalmente de la economía y el gusto del dueño de la construcción.

Las dos formas presentan beneficios y problemas. Las viviendas con cubierta a cuatro aguas, sus paredes laterales quedan mayormente protegidas, no así con las cubiertas a dos aguas. Por otro lado este tipo de cubierta mejora notablemente la estética. Mientras que los aspectos negativos son: la cantidad de material se incrementa, mayor dificultad al momento de armar la cubierta y para la colocación de las tejas.;

Para la presente investigación se analizaron las viviendas que, poseen cubiertas de cuatro aguas.



Fig. 86 Vista de Limatones y barras, estructura de cubierta
Fuente: Investigador



Fig. 87 Cubierta a dos aguas
Fuente: Investigador



Fig. 88 Chacla en cubierta.
Fuente: Investigador



Fig. 89 Vivienda con cubierta a cuatro aguas. Fuente : Investigador



Fig. 90 Entramado de la cubierta
Fuente: Investigador



Fig. 91 Estructura de alero, barras y caimán.
Fuente: Investigador

Las cubiertas a dos aguas, no son muy apreciadas por su estética, además las paredes laterales quedan expuestas a la lluvia. Pero el armado de la cubierta es más sencillo, la cantidad de material es menor y la instalación de las tejas es menos compleja.

Estructura de la cubierta.- las cubiertas de todas las viviendas emplean como material: madera, chincha, barro y la teja artesanal; pero en conjunto estos elementos significan un peso muy importante que debe soportar la estructura (Ver. Fig. 90, 91)

Cambios en el sistema de entramado.- Con el paso del tiempo el sistema de entramado de las cubiertas ha cambiado; han desaparecido ciertos materiales: las varas de chincha o carrizo, han sido reemplazadas por varas de chonta (Ver. Fig. 92, 93), el bejuco por clavos de acero y el barro se emplean únicamente para fijar las tejas a nivel de cumbrera y limatones, pues las viviendas han logrado nivelar la superficie de la cubierta. Las tejas van colocadas sobre las varas de chonta. Pero tampoco emplea elementos de fijación

Este cambio de entramado se dio aparentemente porque el acceso a los materiales (chincha, bejuco), era cada vez más complicado y se requería de mucho tiempo. Obviamente este cambio disminuyó significativamente las cargas de la cubierta; la cantidad de material, lo que significa un beneficio estructural y económico muy significativo.

2.6 AVANCES DE LA TÉCNICA DEL GALLUCHAQUI.

Desde el estudio realizado por Alfonso Calderón en 1985 hasta la fecha se ha evidenciado algunos cambios en la forma de construir.

Estos cambios han sido propuestos por los maestros constructores, y actualmente por los nuevos profesionales arquitectos, con el propósito de seguir aportando al mejoramiento del bahareque de galuchaqui.

Sin embargo no todos estos cambios propuestos han sido acogidos debido a un lento proceso de aceptación en la población.

Los cambios más notorios mencionamos a continuación:



Fig. 94 Entramado de chota en cubierta.
Fuente: Investigador



Fig. 92 Vista interior de entramado de chota en cubierta.
Fuente: Investigador



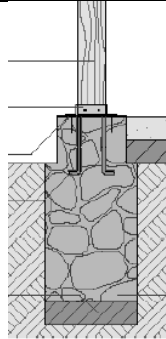
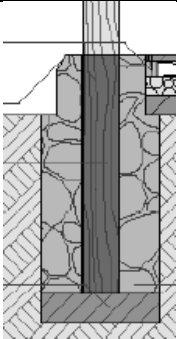
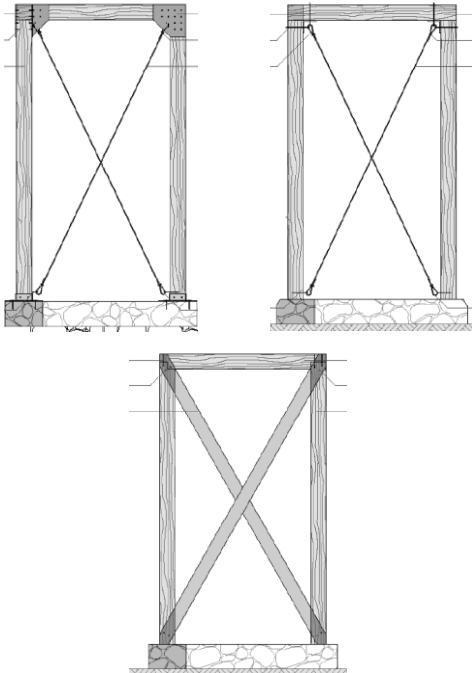
Fig. 93 Vivienda con cimientos de madera y relleno de ladrillo. Lagunas. Fuente: Investigador

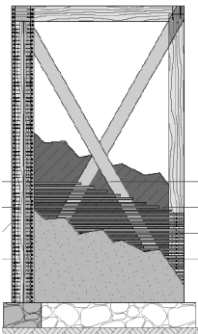
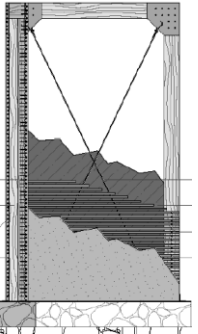
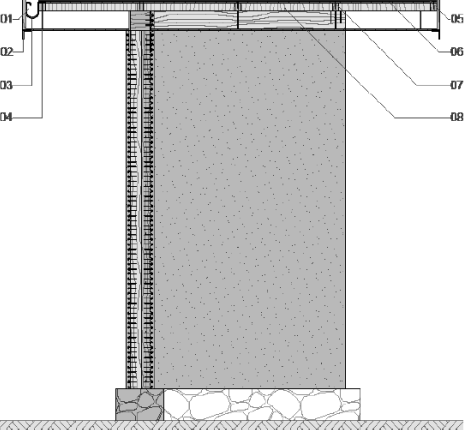
Cambio de material de cimentación.- las basas de piedra labrada actualmente son reemplazadas por cimiento de hormigón, ladrillo o mixtas.



Material de relleno.- la estructura de madera en paredes se mantiene pero el relleno de tierra ha sido desplazado por ladrillo artesanal. (Ver. Fig. 94)

Material de cubierta.- la chincha y el carrizo han quedado de lado, actualmente se emplean tiras de chonta, este cambio ayuda a economizar material, tiempo y disminuye considerablemente el peso de la cubierta, puesto que para fijar las tejas únicamente se emplea barro en las cumbreras y ya no en toda la cubierta.

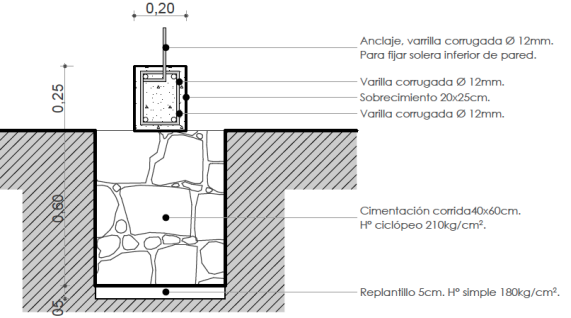
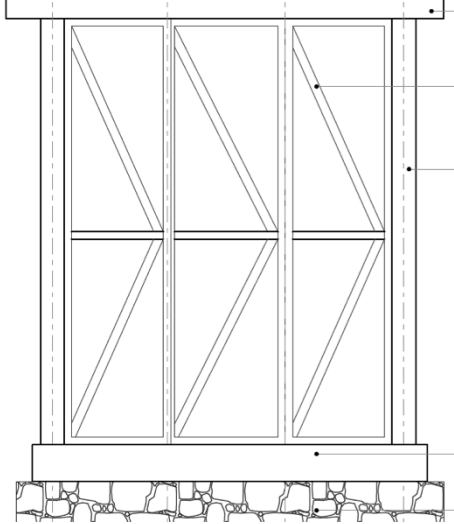
Diseño de vivienda.- las viviendas modernas ya no se limitan a dividir las viviendas en tres áreas, existen construcciones con más de tres habitaciones, diseños de cubiertas menos conservadoras, etc.

Cuadro de cambios en los componentes de la construcción de bahareque de galluchaqui			
AUTOR	OBRA	LUGAR DE PROPUESTA	FIGURA
JESICA PINOS Y TERESO BACULIMA ENERO 2014	TESIS: Recuperación del sistema constructivo en la técnica del bahareque en la contemporaneidad	Cimentación.- Propone 3 propuesta que consisten en: <ul style="list-style-type: none"> • Cimiento de hormigón ciclópeo con anclajes metálicos. • En la propuesta 2 y 3 los pilares son embebidos en hormigón ciclópeo utilizando un impermeabilizante en la madera. 	  <p>Fig. 95a Propuesta 1 Fig. 96 propuesta 2 y 3</p>
		Estructura. <ul style="list-style-type: none"> • Propone colocación de solera superior ensamblado en las esquinas con placas metálicas y arriostrado con cables. • Se coloca un ángulo metálico se emperna y se arriostra con cable • Se une pilar y madera mediante destaje de media madera, y se arriostra con una tira de zinc. 	 <p>Fig. 97 Desde la parte superior izquierda Propuesta 1, 2, 3.</p>

Cuadro de cambios en los componentes de la construcción de bahareque de galluchaqui			
AUTOR	OBRA	LUGAR DE PROPUESTA	FIGURA
JESICA PINOS Y TERESO BACULIMA ENERO 2014	TESIS: Recuperación del sistema constructivo en la técnica del bahareque en la contemporaneidad	<p>Revestimiento.- Propone 3 propuesta que consisten en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En las 3 propuestas se clavan carrizos al soporte de madera. • Se diferencian por el tipo de relleno en cada uno de las propuestas. 	  <p>Fig. 98a Propuesta 1 Fig. 99 propuesta 2 y 3</p>
		<p>Cubierta y Cielo raso.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propone un diseño con tres tipos de recubrimiento. • Recubrimiento con carrizo y yeso • Recubrimiento con carrizo y policarbonato • Planchas de OSB con juntas impermeabilizadas. 	 <p>Fig. 100 Propuesta 1, 2, 3.</p>

Cuadro de cambios en los componentes de la construcción de bahareque de galluchaqui			
AUTOR	OBRA	LUGAR DE PROPUESTA	FIGURA
CENTRO DE ESTUDIOS Y PREVENCIÓN DE DESASTRES 2008	LIBRO: Construyendo Viviendas con QUINCHA MEJORADA	<p>Cimentación.- Propone realizar una cimentación corrida con hormigón ciclopeo en el mismo quedan enveidas los parantes. Y se amarra con una cadena de hierro.</p>	 <p>Fig. 101a Parante y cadena Fig. 102 Parante de madera</p>
		<p>Estructura. Propone una estructura de madera con anclajes de clavos y colocación de carrizo en forma vertical.</p>	 <p>Fig. 103 Desde la parte superior izquierda Propuesta 1, .</p>

Cuadro de cambios en los componentes de la construcción de bahareque de galluchaqui

AUTOR	OBRA	LUGAR DE PROPUESTA	FIGURA
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Luis Chalan y Esteba Chuchuca 2014</p>	<p>TESIS: Análisis arquitectónico de la morfología y sistemas constructivos de viviendas tradicionales en Saraguro para la propuesta de anteproyectos contemporáneos</p>	<p>Cimentación.- Propone realizar una cimentación continua y directa. Y con un anclaje de varillas de hierro (Gabriel, Quizhpe, Vinicio, Pillajo, & Cuenca, 2014)</p>	 <p>Fig. 104a detalle de cimiento y sobre cimiento</p>
		<p>Estructura. Propone una estructura de madera compuesta por columnas y solera superior. Con una solera inferior de hormigón armado. Una mejora se observa en las diagonales continuas que propone en los paneles. (Gabriel et al., 2014)</p>	 <p>Fig. 105 Detalle de paneles de paredes.</p>

2.7 NORMATIVA EN LAS CONSTRUCCIONES DE BAHAREQUE.

2.7.3 Norma ecuatoriana de la construcción NEC 10

En la norma Ecuatoriana de la construcción (NEC) no existen lineamientos referenciales, en torno a las construcciones de Bahareque, únicamente se ponen requisitos generales que deben cumplir las viviendas de este tipo. Las más relevantes para esta investigación son las siguientes.

2.7.4 Zonificación sísmica.

Según la NEC el Ecuador está zonificado en 6 zonas sísmicas y la provincia de Loja tiene 2 zonas sísmicas, así se puede observar en la Fig. 106

Loja estaría ubicado entre la zona IV y V (NEC & MIDUVI, 2014), por tanto todo el territorio estaría catalogado como zona sísmica Alta.

Para esta zonificación los coeficientes de reducción que se aplicaran para cualquier cálculo estructural será de 1.5 R con proyección máximo de dos plantas para construcciones de Bahareque.

2.7.5 Configuración estructural

Debe existir una regularidad tanto en planta como en elevación y una continuidad vertical y horizontal en las estructuras, para garantizar un adecuado funcionamiento del conjunto.

2.7.6 Forma estructural.

Las formas de la vivienda es una característica importante al momento de diseñar una construcción pues de esto dependerá su resistencia y estabilidad,

Para ello se debe considerar evitar las formas irregulares en tamaño y altura: así como “construcciones en “L”; construcción rectangular, construcciones altas, edificaciones en forma de “T” y “C”, vigas de techo sueltas, viviendas sin sobre cimientos, estructuras de techo muy pesadas, evitar grandes espacios abiertos entre los muros”. (Carazas Aedo & Olmos Rivero, 2002) (Ver Fig. 107).

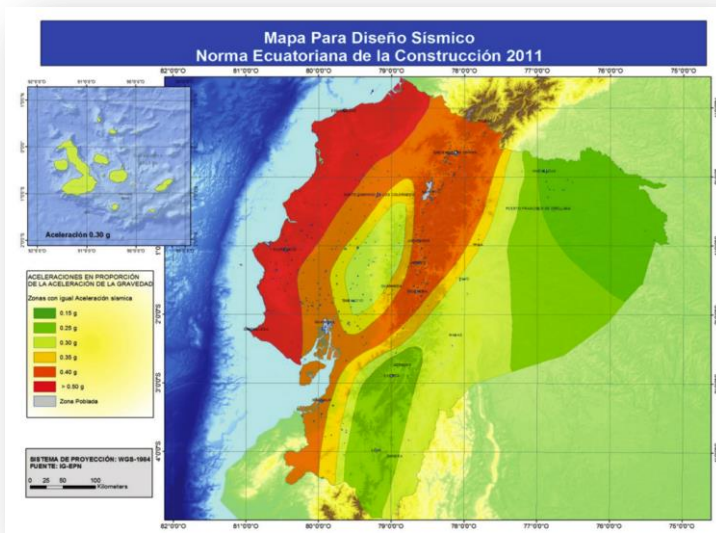


Fig. 106 Mapa de zonificación.
Fuente:(NEC & MIDUVI, 2014)

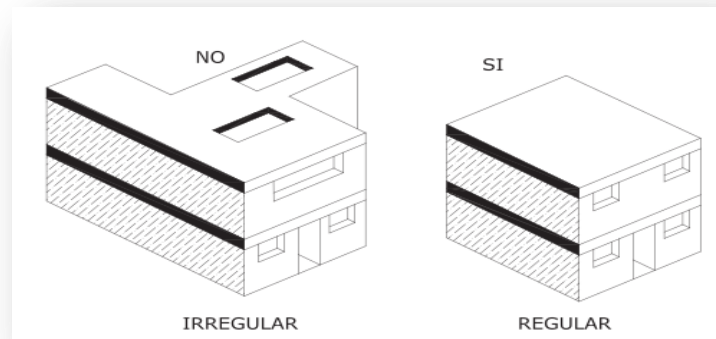


Fig. 107 forma regular e irregular.
Fuente: (NEC & MIDUVI, 2014)

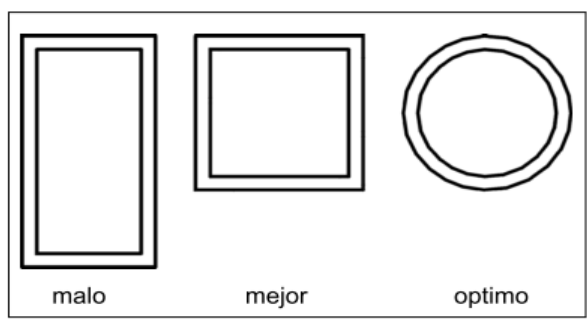


Fig. 108 Formas de distribución en planta de una vivienda.



Fig. 110 Vivienda con forma en L
Fuente: Investigador

Otro autor afirman que mientras más compacta la planta más estable será la vivienda, y propone formas adecuadas en planta para las edificaciones en bahareque, “una planta cuadrada es mejor que una rectangular, y una circular es la forma óptima” (Minke, 2014) (Ver Fig. 108).

Menciona además que las plantas con ángulos, en L, T, C no son recomendables, en caso de ser necesario se recomienda separar las estructuras; y la unión entre estos deberá ser con una estructura muy flexible y liviana. (Minke, 2014).

Ademas “en planta debe ser tan regular y simétrica como sea posible, prefiriéndose formas cuadrangulares o rectangulares, siempre que la relación largo/ancho no supere el valor de 4 y que ninguna dimensión exceda de 30 m.” (NEC & MIDUVI, 2014)

Las casas construidas con estilo Galluchaqui tienen dos formas estructurales básicas en planta que son: la forma rectangular, (Ver Fig. 109). y la forma en L, (Ver Fig. 110).; estas dos estructuras son las más comunes en las localidades de Saraguro y San Lucas

2.7.7 Simetría.-

Con el fin de evitar torsiones de la edificación, “ésta debe tener una planta lo más simétrica posible con respecto a sus ejes”. (NEC & MIDUVI, 2014) La estructura debe ser regular en todos sus ámbitos de lo contrario estas actuaran de forma heterogénea ante un sismo; por tanto la simetría es un aspecto a tener presente al momento de diseñar una vivienda. La distribución simétrica de los muros, de vanos y llenos ayuda a que una vivienda sea más estable.

2.7.8 Simetría de vano y llenos

Los espacios destinados para ventanas y puertas deben estar ubicados de forma proporcionada, para que ninguno de espacios en los muros se debilite. Si la asimetría es inevitable lo que recomienda es que “la edificación debe dividirse en módulos independientes por medio de juntas, de tal manera que los módulos individuales sean simétricos”. (NEC & MIDUVI, 2014).

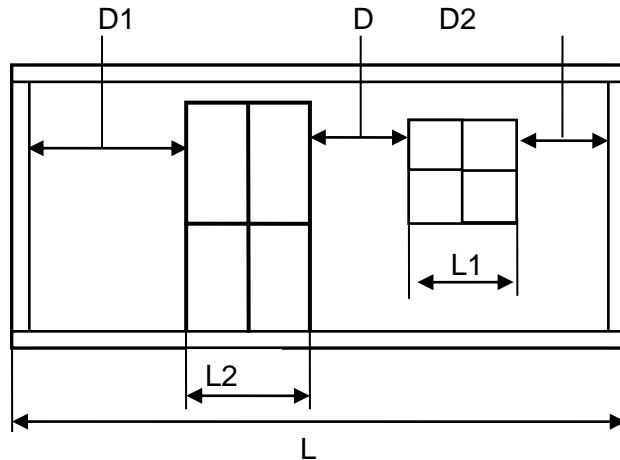


Fig. 111 Vista Frontal de una distribución simétrica de vanos
Diseño: Investigador

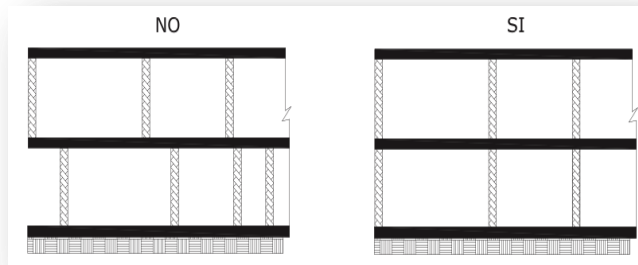


Fig. 112 Continuidad vertical Fuente: (NEC & MIDUVI, 2014)

Las construcciones tradicionales analizadas, se observa que tienen formas irregulares cuadrangulares y en L no están divididas en módulos simétricos; pues sus paredes forman un solo conjunto estructural (Ver Fig. 108).

2.7.9 Distribución simétrica de vano y llenos

Los espacios destinados para ventanas y puertas deben estar ubicados de forma proporcionada, para que ninguno de los espacios en los muros se debilite.

Para otro autor, los vanos deben quedar uno frente al otro y además cumplir con los siguientes requisitos:

“El ancho de la puerta más el ancho de la ventana debe ser menor que la mitad de todo el ancho del muro: $(L1+L2 \leq L/2)$ ”. (Pilar Vílchez Conde Paqui Munuera Montero 2ºI.T.I Mecánica E.P.S Jaén, 2010) Ver fig. 60

“La altura de la puerta debe ser mayor que la altura de la ventana. “El machón de las orillas y centro deben ser mayores de 50 cm. $(D, D1 \text{ y } D2 = 0 + \text{ de } 50 \text{ cm})$ ”(Pilar Vílchez Conde Paqui Munuera Montero 2ºI.T.I Mecánica E.P.S Jaén, 2010)” (Ver Fig.111)

Con las nuevas tendencias arquitectónicas y diseños vanguardista, la asimetría es inevitable en ciertos casos, para lo que recomienda (NSR-98, 1998) “la edificación debe dividirse en módulos independientes por medio de juntas, de tal manera que los módulos individuales sean simétricos”.

Según esta recomendación las construcciones tradicionales analizadas que tienen formas irregulares en forma de L, deberían estar divididas en módulos simétricos, pues sus paredes forman un solo conjunto estructural.

2.7.10 Continuidad vertical

La (Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica, 2014) recomienda diseñar muros continuos que enlacen la cimentación con el diafragma superior; si estos no tiene continuidad deja de ser muros estructurales.

Un muro se dice estructural siempre y cuando mantenga una continuidad en su diafragma, desde la cimentación hasta terminar con la cubierta.(NSR-98, 1998)

Para el caso de dos plantas, los muros que salen desde los pisos deben conectarse con los diafragmas intermedios y continuar hacia la siguiente planta formando un solo sistema hasta la cubierta, siempre y cuando su longitud en el segundo piso no se reduzca en más de limitad de la longitud que tiene el nivel anterior.(NEC & MIDUVI, 2014).

También es necesario tomar en cuenta la disposición de las columnas, las cuales a parte de la continuidad vertical, deben estar ubicadas de forma simétrica.

De igual forma mantener la regularidad en altura; evitando las anomalías en altura, como volúmenes escalonados, cambios bruscos en altura, etc. Son recomendaciones que se deben tomar encuentra a la hora de diseñar una estructura, y por supuesto que eso debe ser tomado en cuenta para construcciones de bahareque.

2.7.11 Continuidad horizontal

La continuidad horizontal se refiere a la disposición de los muros sobre un mismo plano, las normas recomiendan que “deben existir por lo menos dos columnas en un mismo plano. Conformando diafragmas que brinden mayor estabilidad a la vivienda”, (NSR-10, 2010) Ver. Fig. 113

Por otra parte se debe tener presente que “las columnas estén distribuidas simétricamente y en dos direcciones que ayuden absorber esfuerzos de torsión, ya que la ausencia de estos puede afectar a la seguridad de la edificación”. (Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica, 2014)

Para muros portantes “es importante que en el diseño existan suficientes paredes en planta para garantizar un sistema continuo, sin que existan paredes sueltas y contar con un sistema de entrepiso o cubierta que ejerza la capacidad de integrar las paredes”(NEC & MIDUVI, 2014)

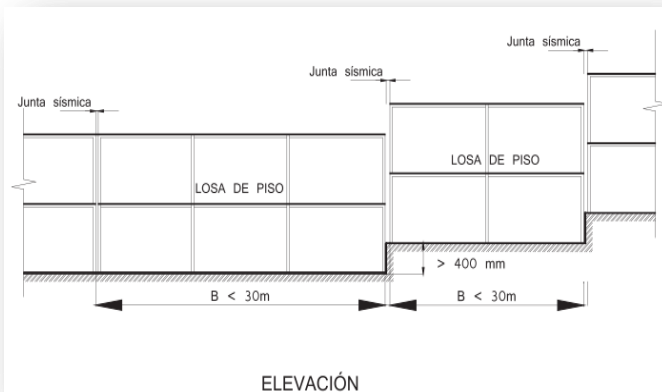


Fig. 113 Juntas sísmicas Fuente: (NEC & MIDUVI, 2014)

2.7.12 Dimensiones según diferentes normativas

Para revisamos la normativa ecuatoriana donde clasifica a las construcciones de bahareque dentro del grupo de “Muro portante de bahareque o quincha”(NEC & MIDUVI, 2014). Partiendo de esta clasificación revisamos las diferentes normativas vigentes para este tipo de construcciones.

Longitud.- La (*Norma-E-070-DE ALBAÑILERIA-2006, 2006*) en su Artículo 17- c y f manifiesta que “la distancia mínima del muro debe ser de 1,20 m y máxima de 8 m, en el caso de muros con unidades de concreto y de 25 m en el caso de muros con unidades de arcilla”.

Espesor.- En cuanto al espesor de las paredes; propone la siguiente ecuación para el cálculo del espesor efectivo de un muro portante:
“ $t \geq h/20$ Para las Zonas Sísmicas 2 y 3.

$t \geq h/25$ Para la Zona Sísmica 1 Donde:

h = la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales.

t = espesor efectivo”(Norma-E-070-DE ALBAÑILERIA-2006, 2006)

Es necesario también hacer mención que las medidas de espesores de muros, en las construcciones de bahareque de galluchaqui son variables en las casas sin revestimientos, pues existen ligeras variaciones entre un muro y otro; al parecer esto se dio porque antiguamente los maestros constructores empleaban unidades de medidas como la vara y la cuarta; estas medidas las relacionaban con ciertas partes del cuerpo, y estas varían dependiendo de la estatura de la persona.

Altura Libre.- “La distancia libre vertical entre diafragmas no puede exceder 25 veces el espesor efectivo del muro” (NSR-10, 2010). De lo contrario se pueden presentar problemas como agrietamiento, deformaciones, etc.

Longitud libre horizontal.- “La distancia libre horizontal para muros portantes no debe exceder de 35 veces su espesor. Se debe tomar como distancia libre horizontal la existente entre columnas de amarre”.(NSR-10, 2010).

Mientras que la Guía de Orientación en técnicas de construcción equipo del Proyecto: Voluntarios para la reconstrucción sostenible tras el terremoto de la región Ica- Perú manifiesta que “la longitud libre horizontal debe ser menor o igual a dos veces el ancho de la construcción”

2.7.13 Condiciones generales (ver tabulación y letra)

“Los muros portantes de mampostería no reforzada (se incluye adobes, tapial, Bahareque sin diagonales, arcilla cocida), no deben utilizarse como parte del sistema resistente a cargas sísmicas en zonas donde el valor de Z sea igual o mayor que 0.25

En casas de dos pisos, los pórticos y muros portantes que continúen a través del entrepiso deben, a su vez, ser continuos hasta la cubierta.

Para que un muro individual sea considerado como muro portante, se debe cumplir que la relación entre la altura y su longitud no puede ser mayor que 4.”(NEC & MIDUVI, 2014)

2.7.14 Condiciones específicas para muros portantes de bahareque o quincha:

Suficientes paredes, en planta, tratando de conseguir un sistema continuo, sin que existan paredes sueltas.

Contar con un sistema de entrepiso ó cubierta, que ejerza la capacidad de integrar las paredes, este diafragma puede ser de madera o similar.

Continuidad vertical, para garantizar que no se acumulen esfuerzos sísmicos en la planta baja y evitar así pisos blandos.

Preferentemente estas edificaciones deben tener máximo dos pisos (NEC & MIDUVI, 2014)

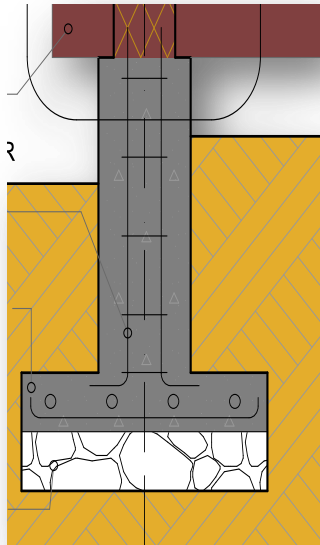


Fig. 114 detalle de cimientos

En vista que la normativa que proporciona la NEC, es muy limitada en lo referente a las construcciones de bahareque; es necesario apoyarnos en otras normativas que tengan similitud al entorno donde se realiza esta investigación.

Por tanto se considera la NORMA SISMO RESISTENTE DE COLOMBIA. NSR10, la misma que propone lineamientos más amplios para las construcciones de Bahareque.

Sin embargo la NEC, es nuestro principal fuente de sustento técnico, en lo referente a normativas.

A continuación recopilamos algunas normativas de la NEC y NSR10, para tener un panorama amplio del sistema constructivo en bahareque.

Requisitos para muros portantes según la NEC.

2.7.15 Condiciones mecánicas constructivas

Para abordar las condiciones mecánicas constructivas en lo referente a construcciones de bahareque, realizaremos un resumen de las normativas vigentes de Ecuador, Colombia y Perú. (NEC & MIDUVI, 2014), (NSR-10, 2010), y (*Norma-E-070-DE ALBAÑILERIA-2006*, 2006).

Este segmento dividimos en tres componentes importantes que constituye las edificaciones de bahareque que son: Cimentaciones, muros y Cubierta.

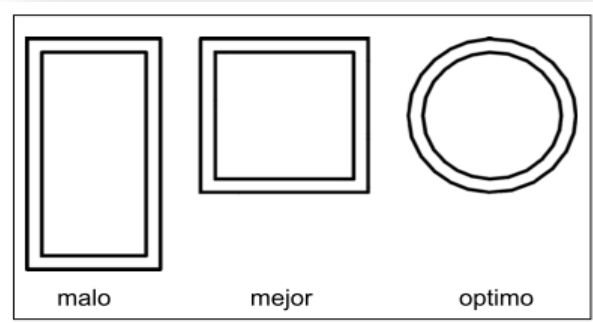


Fig. 115 Detalle de configuración en planta
Fuente: (Minke, 2014)

2.7.16 Cimentaciones:

Para el diseño y construcción de las viviendas y de este tipo en particular; la NSR propone las siguientes condiciones que se deben seguir:

Verificar el comportamiento de las casas similares en las zonas aledañas constatando que no se presenten de verticalidad, etc.

El sistema de cimentación estará compuesta por un sistema reticular de vigas que configuren anillos aproximadamente regulares en planta y que aseguren la transmisión de las cargas, de la superestructura al suelo de forma integral y equilibrada. Debe existir una viga por cada muro estructural. Ningún elemento de cimentación puede ser discontinuo.

Configuración en planta.- si en uno de los anillos la relación largo sobre ancho es mayor a dos o sus dimensiones interiores es mayor a 4m, debe construirse una viga intermedia de cimentación, así no sirva de apoyo a ningún muro y sus dimensiones mínimas serán de 200mm x200mm

Estructuración de los cimientos.- la estructuración de la cimentación se realizará en función del número de plantas que se prenda construir, de acuerdo al detalle propuesto.” Ver tabla 10 (NSR-10, 2010)

Tabla 10 Dimensiones mínimas de cimentación según número de pisos

Fuente: NSR 10 – Título E

	Sistema Estructural	Un piso	Dos Pisos	Resistencia Mínima, MP _a		
				f_y	f_c	
Anchura	Mampostería	250 mm	300 mm	420	17	
	Bahareque	200 mm	250 mm			
Altura	Mampostería	200 mm	300 mm			240
	Bahareque	150 mm	200 mm			
Acero Longitudinal		4 No. 3 (ó 10M)	4 No. 4 (ó 12M)			
Estribos		No. 2 a 200 mm	No. 2 a 200 mm			
Acero para anclaje de muros	Mampostería	No. 3	No. 3	412		
	Bahareque	No. 3	No. 4			

2.7.17 Muros

Aberturas en muros.- las aberturas deben ser pequeñas, bien espaciadas y no pueden estar ubicadas en las esquinas.

El área de vanos no puede ser mayor al 35% del área total del muro.

La distancia mínima entre aberturas deberá ser mayor a 500mm.

Altura libre de los muros estructurales.- la distancia libre vertical entre diafragmas no puede exceder 25 veces el espesor efectivo del muro.

Longitud libre horizontal.- este no puede exceder 35 veces el espesor efectivo del muro.

Espesor mínimo.- en ningún caso el espesor podrá ser menor al establecido por la (NSR-10, 2010), ver tabla 10

Tabla 11 Espesor mínimo de muros portantes
Fuente: (NSR-10, 2010)

Espesores mínimos nominales para muros estructurales en casas de uno y dos pisos (mm)

Zona de Amenaza Sismica	Número de niveles de construcción		
	Un Piso	Dos Pisos	
		1º Nivel	2º Nivel
Alta	110	110	100
Intermedia	100	110	95
Baja	95	110	95

Nota: Para estos espesores mínimos nominales no se deben tener en cuenta los pañetes y acabados

“Unión entre muros en el mismo plano.- Los muros en el mismo plano deben unirse entre sí mediante pernos tuercas y arandelas. Debe haber por lo menos dos conexiones por unión, colocadas cada tercio de la altura del muro. El perno debe tener por lo menos 9,5 mm de diámetro

Unión entre muros en planos perpendiculares.- cuando los muros son perpendiculares entre sí, pueden unirse directamente con pernos, tuercas y arandelas en una sola dirección colocadas cada tercio de la altura del muro.

Unión entre muro y cubierta.- La conexión de las correas con los muros deberá hacerse con los pies derechos, esto se logra mediante un perno embebido en el extremo superior del pie derecho y que atraviese la solera y la correa”. (NSR-98, 1998)

2.7.18 Cubierta

“Los materiales utilizados para cierre de cubierta deben garantizar una impermeabilidad suficiente para proteger de humedad a la madera de estructura de soporte.

Cuando se utilicen en las cubierta de tejas, debe evitarse el contacto directo con la madera o guadua, previniendo la transmisión de la humedad por efecto de capilaridad.



Fig. 116 EucalitoGlobulus

Fuente: (Domoticos, 2014) Recuperado de <http://mueblesdomoticos.blogspot.com/2014/04/el-eucalipto-usocaracteristicas-y.html>

No se permite losas de concreto o de mortero como cubierta de casas de uno y dos pisos en muros de bahareque encementado

Las tejas deben amarrarse a las correas para formar un conjunto

Refuerzo para volados.- Para aleros de más de 500 mm, debe construirse un apoyo inclinado desde el extremo superior del alero hasta las columnas de guadua o madera, con una inclinación no menor a 60° con la horizontal.

Cielo raso.- Debe construirse con material liviano, anclado a la estructura del entrepiso o de la cubierta y deben permitir la ventilación de los elementos estructurales y no estructurales”. (NSR-98, 1998)

2.7.19 Normativa de la madera en la construcción

Para que una especie maderable pueda ser considerada como adecuada para la construcción debe cumplir con ciertas normativas, o ser sometidas a ciertos procesos para mejorar su resistencia y durabilidad. Se recomienda tener presente los siguientes parámetros al momento de seleccionar este material:

“Las maderas deberán estar contempladas dentro de la siguiente clasificación: Estructural Selecta (E.S) aquí constan elementos como: columnas, vigas maestras, vigas de amarre, cerchas, arcos, pórticos, viguetas de piso, dinteles, pies derechos de paneles portantes, voladizos, escaleras, cimbras y formaletas.

Estructural Normal (E.N.) empleada como segunda alternativa, en elementos portantes secundarios, como: correas, contravientos, riostras, separadores, pie-de-amigos, tacos, puntales y elementos temporales” (NSR-98, 1998)

Según la norma ecuatoriana de la construcción NEC-10 la madera debe tener un porcentaje de humedad de acuerdo a cada lugar. Para la localidad de “Saraguro un porcentaje de humedad de equilibrio de la madera es de 18,9%” (NEC-10., 2010)

La madera de uso estructural deberá tener buena durabilidad natural o estar adecuadamente preservada. Según el (Instituto Nacional de normalizacion, 2001) los maderos se pueden clasificar según su durabilidad natural en los siguientes grupos:

“Muy durables (vida útil de más de 20 años), durables (vida útil superior a 15 años), moderadamente durables (vida útil superior a 10 años), poco durables (vida útil superior a 5 años) y no durables (vida útil menor de 5 años). Cabe mencionar que esta clasificación está realizada en ambientes donde las condiciones son favorables para el desarrollo de hongo e insectos”. (Instituto Nacional de normalizacion, 2001)

Las construcciones tradicionales de mayor antigüedad empleaban maderos de gran resistencia, muchas de las cuales no se han podido identificar a simple vista a que especie pertenecen.

Si se toma en cuenta que la antigüedad de las viviendas analizadas oscila entre los 20 y 50 años y estos maderos están en buenas condiciones, se deduce que los maderos pertenecían a la categoría de muy durables.

Sin embargo en la presente investigación se tomó especial consideración a este material, con el objetivo de contribuir con la conservación de las especies maderables en peligro de extinción.

Tabla 12 Principios de sismo resistencia.

Forma regular	Sencilla en planta y regular en altura puesto que las formas irregulares generan un mal comportamiento frente a un sismo ya que favorece que la estructura sufra torsión gire de forma desordenada.
Bajo en peso	Ante un sismo, mientras más peso tenga la vivienda, mayor será la exigencia de fuerza sobre sus componentes
Mayor Rigidez	Al ser una estructura poco sólida favorece a que se presenten daños en paredes y divisiones no estructurales
Buena estabilidad	Las viviendas con poca estabilidad no conservan el equilibrio cuando esta sometidas a vibraciones
Suelo firme y buena cimentación	Los suelos blandos favorecen los asentamientos y amplifican las ondas sísmicas
Estructura apropiada	Las viviendas deben tener una estructura apropiada, pues los cambios bruscos, volados excesivos, falta de continuidad facilitan la concentración de fuerzas nocivas que causan graves daños hasta el colapso
Materiales competentes	Los materiales debe cumplir los requisitos de calidad y resistencia
Calidad en la construcción	El constructor deberá acatar las especificaciones de diseño. Ay que ante un sismo quedan al descubierto los errores que se han cometido al momento de construir
Fijación de acabados e instalaciones	Estos elementos deben estar adecuadamente conectados a la edificación para evitar desprendimientos ante un sismo.

En el siguiente capítulo se plantean varias alternativas para reemplazar a las especies en peligro de extinción por otras especies como el eucalipto y el pino, sin alterar el sistema constructivo tradicional.

En las localidades de Saraguro y San Lucas la especie maderable mayormente empleada en la construcción de viviendas es el eucalipto (*eucalipto globulus*) (Ver fig. 116), esta especie es muy abundante y crece en las inmediaciones de las comunidades.

2.7.20 Principios de sismo resistencia

Según la (Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica, 2014), una vivienda sismo resistente debe cumplir los siguientes principios de sismo resistencia Ver. Tabla. 12



CAPÍTULO III

ANALISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LAS VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON BAHAREQUE DE GALLUCHAQUI..

Este capítulo está dedicado al estudio de las diferentes características constructivas del bahareque de galluchaqui, enfocado a los factores físicos y mecánicos.

Se describirá una vivienda y se analizarán deficiencias similares que presentan varias viviendas construidas con esta tecnología.

3. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LAS VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON BAHAREQUE DE GALLUCHAQUI.

3.1. ESTUDIO DE CASO.

Las viviendas construidas con la técnica de Galluchaqui, son una variante del bahareque parado, es una innovación tecnológica del bahareque parado.(Calderon, 1985).

Este sistema constructivo se diferencia claramente de las otras variedades de bahareques, debido a sus elementos que constituyen la cimentación, y el muro. las mismas que son sobre basa, pilares sobre basas y los muros con un entramado de madera arriostrada, dando la característica a esta técnica.

Las casas de bahareque de galluchaqui en las inmediaciones de Saraguro y san Lucas, durante muchos años han sido una alternativa constructiva para una solución habitacional.

Sin embargo en el transcurso de los años esta tecnología se ha ido transmitiendo de generación en generación, de forma oral, y práctica, y los cambios que se van incorporando son resultados de una práctica artesanal, los mismos que no garantizan un adecuado desempeño.

Por tanto es claro que las nuevas prácticas también tiene deficiencias, que en el proceso de aprendizaje y ejecución se van mejorando.

Estas deficiencias encontradas en esta nueva forma de construir se tratara en este capítulo con el afán de tener un conocimiento más profundo en el comportamiento estructural, físico, y patológico que afectan a este sistema.

Los casos estudiados son escogidos de acuerdo a la metodología, planificada. y enmarcados en los espacios geográficos planteados en esta investigación.

Además es pertinente mencionar que las casas construidas con bahareque de Galluchaqui, en la actualidad tienen diferentes formas (en "U", "L" "Rectangulares", "Cuadradas") y dimensiones, tanto en



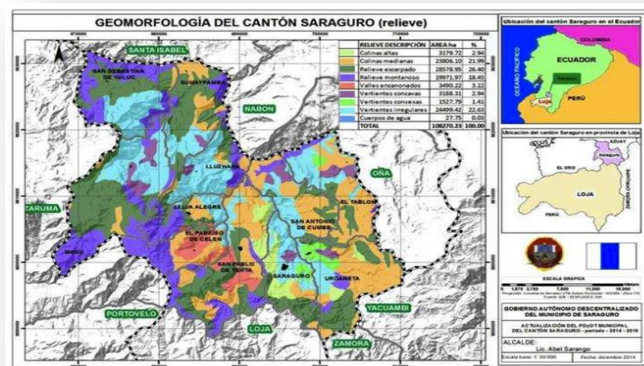
Fig. 118 Casa en forma de "L". Comunidad de Pichic
Fuente: Investigador



Fig. 117 Casa de dos plantas. Comunidad de Pichic
Fuente: Investigador



Fig. 119 Mapa de la provincia de Loja.
Fuente: Investigador



Fuente: IGM, 2010
Fig. 120 Mapa de geomorfología del cantón Saraguro.
Fuente: (Aut et al., 2015)

planta como en elevación (Una planta, Dos plantas) . (Ver Fig. 117 y 118).

Por tanto para un mejor enfoque de la investigación la misma se centrara en casas de una planta, con forma de L , U y rectangular, y así tener un conocimiento global aproximado de las casas construidas con esta técnica.

3.2 DELIMITACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO.

3.2.1 Parroquias.

La parroquia Saraguro y San Lucas, se encuentran ubicado en el sur del Ecuador, Saraguro pertenece al cantón del mismo nombre, mientras que San Lucas pertenece al cantón Loja.

3.2.2 Límites.

Saraguro: Limita al norte con la provincia del Azuay al sur con el cantón Loja específicamente con la parroquia San Lucas. Al este con la provincia de Zamora. Y al oeste con la provincia del El Oro.

San Lucas.- Limita al norte con las parroquias Saraguro y San Pablo de Tenta (cantón Saraguro), al sur con las parroquias Santiago y Jimbilla al este la provincia de Zamora Chinchipe teniendo como límite la línea la Cordillera de Tambo Blanco, al Oeste: con las parroquias Gualiel y Santiago. (Ver Fig. 119).

3.2.3 Orografía.

Saraguro.- Presenta un relieve irregular con elevaciones que oscilan entre los 3470 y 1140 metros. Entre los accidentes orográficos se distinguen los Cerros De Piedras, Gavilanes, Peñas Blancas, Yana Cocha, Ventana Urcu, La Voladora, Loma El Quingueado, Fierro urcu, etc. (Déleg Guazha & Zhunaula Sosoranga, 2010). (Ver Fig. 120).

San Lucas.- Su relieve es irregular, su máxima altura alcanza los 3776 metros. Los accidentes geográficos más característicos son las Cordilleras de Fierrourcu, Timbayacu y Payana; los Cerros Chepel, Nudillo, Palmas, Santa Bárbara; Loma Cebadal, Alta, Chepel, etc.



Fig. 121 Vía panamericana Cuenca Loja.

Fuente:(911, 2015). Recuperado de <https://twitter.com/ecu911loja/status/605147996091727872> 9-05-2016: 10h47m

Tabla 13. Red vial del Cantón Saraguro. Fuente:(Aut et al., 2015)

Descripción	Materia l	Tipo	Competencia	Orden	Long . Km.
Pavimento o asfaltadas, 2 o más vías	Duro/ Pavimento	Vía Panamericana	Estado	Red Primaria	48,20
Revestimiento suelto; 2 o más vías	Suelto/ no rígido	Camino de verano	No estatal	Red secundaria	342,67
Camino de verano	Suelto/ no rígido	Camino de verano	No estatal	Red secundaria	331,48
Calle	Otro.	Vía urbana	No estatal	Red urbana	65,85
TOTAL					788,20

3.2.4 Hidrografía.

Saraguro.- La red hidrográfica es numerosa, en ella sobresalen los ríos Negro, Oña, Quingueado, Paquishapa, etc.; las Lagunas Sarihuiña, Tres Lagunas, de Condorcillo y Grande.

San Lucas.- Los ríos principales son el río Pichic, que más al sur toma el nombre de San Lucas, para finalmente formar el río Las Juntas, con sus principales afluentes: Acacana, Cañi, Raric, Vinoyacu y Censo, cuyo cauce se dirige al sur-este hacia el Océano Atlántico. (Municipio de Loja, n.d.)

3.2.5 Vialidad

El principal eje vial de Saraguro y San Lucas es la vía Panamericana; la cual une a las dos localidades con la ciudad de Loja por el sur y con la ciudad de Cuenca por el norte. Además existen vías secundarias que unen a las comunidades con el centro urbano de estas localidades. Al Hacer referencia a la red vial del cantón Saraguro el cual está clasificado de la siguiente manera. Vía asfaltada 48,20 km, de lastre 342,67 km, 331,48 km de caminos vecinales, y 65,85km de vías urbanas. (Aut, Descentralizado, Intercultural, Cant, & Saraguro, 2015)Ver Tab. 12

La parroquia de San Lucas y Saraguro presentan problemas viales, puesto que la mayor parte de la red vial son Redes secundarias, y en otros casos son vías recién aperturas, que necesitan infraestructura.

3.3 UBICACIÓN DE CASOS DE ESTUDIO.

En las parroquias motivos de este estudio se encontraron comunidades, que tienen viviendas construidas con la técnica de galluchaqui, que son posibles objetos de estudio.

Luego de la elección de las comunidades para seleccionar las muestras se procede hacer un recorrido para identificar las viviendas posibles de análisis de estudio.

Finalmente las viviendas escogidas fueron las que nos permitieron la accesibilidad a la vivienda, la ocupación habitada de la misma para el análisis físico, y para el análisis mecánico se escogieron viviendas deshabitadas pues son más fáciles de inspeccionar sus deficiencias sin embargo se toma en cuenta el aspecto del mantenimiento.

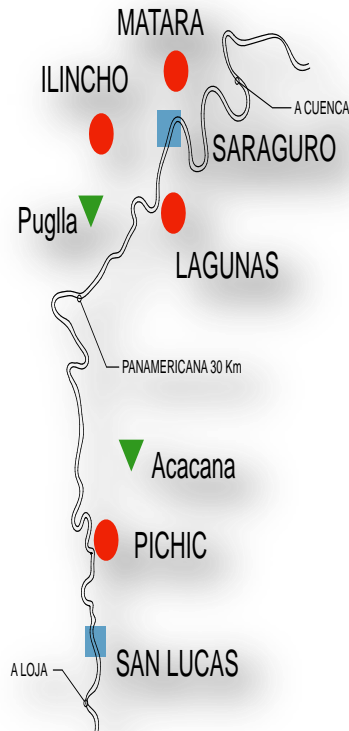


Fig. 122 Mapa de ubicación de los casos de estudio.
Fuente Investigador.

En Pichic se eligieron dos viviendas, una deshabitada y una vivienda habitada. Mientras que en Saraguro se eligieron tres viviendas habitadas, y otras viviendas deshabitadas como referencias para el presente estudio.

3.3.1 Análisis de los factores mecánicos en los elementos constructivos y sus deficiencias en las viviendas construidas con bahareque de Galluchaqui.

Para el análisis coherente de las casas seleccionadas que están construidas con bahareque de Galluchaqui procedemos a realizar un estudio individual y al mismo tiempo subdividiendo en cada uno de sus componentes, como son: Cimentaciones, Muros y revestimientos, Cubiertas, e instalaciones.

A continuación procedemos a describir los factores físicos y mecánicos de la vivienda del Sr. Manuel Antonio Guaman.

3.3.2 Ubicación.

La vivienda del sr. Manuel Antonio Guamán se encuentra ubicada en el sector de Acacana, de la comunidad de Pichic, barrio de la parroquia San Lucas provincia de Loja.

Es una vivienda construida por su propio dueño, es una casa de una planta con una forma de "L", compuesta de 3 habitaciones, que sirve de habitación, cocina y sala. Vinculados por un corredor típico de las construcciones tradicionales de Saraguro.

Tabla 14 Ubicación de viviendas para análisis Físico, Mecánico. Fuente Investigador

Parroquia	Nombre dueño de la vivienda	Ubicación	Condición	
San Lucas	Sin información	Acacana	Deshabitada	
San Lucas		Manuel Guamán	Pichic	Habitada
Saraguro		Francisco Lozano	Lagunas	Habitada
Saraguro		Martha Lozano	Ilincho	Habitada
Saraguro		Daniel Chalan	Lagunas	Habitada
Saraguro		Claudia Namcela	Matara	Deshabitada



Fig. 123 Casa de bahareque Comunidad de Pichic. Fuente Investigador.

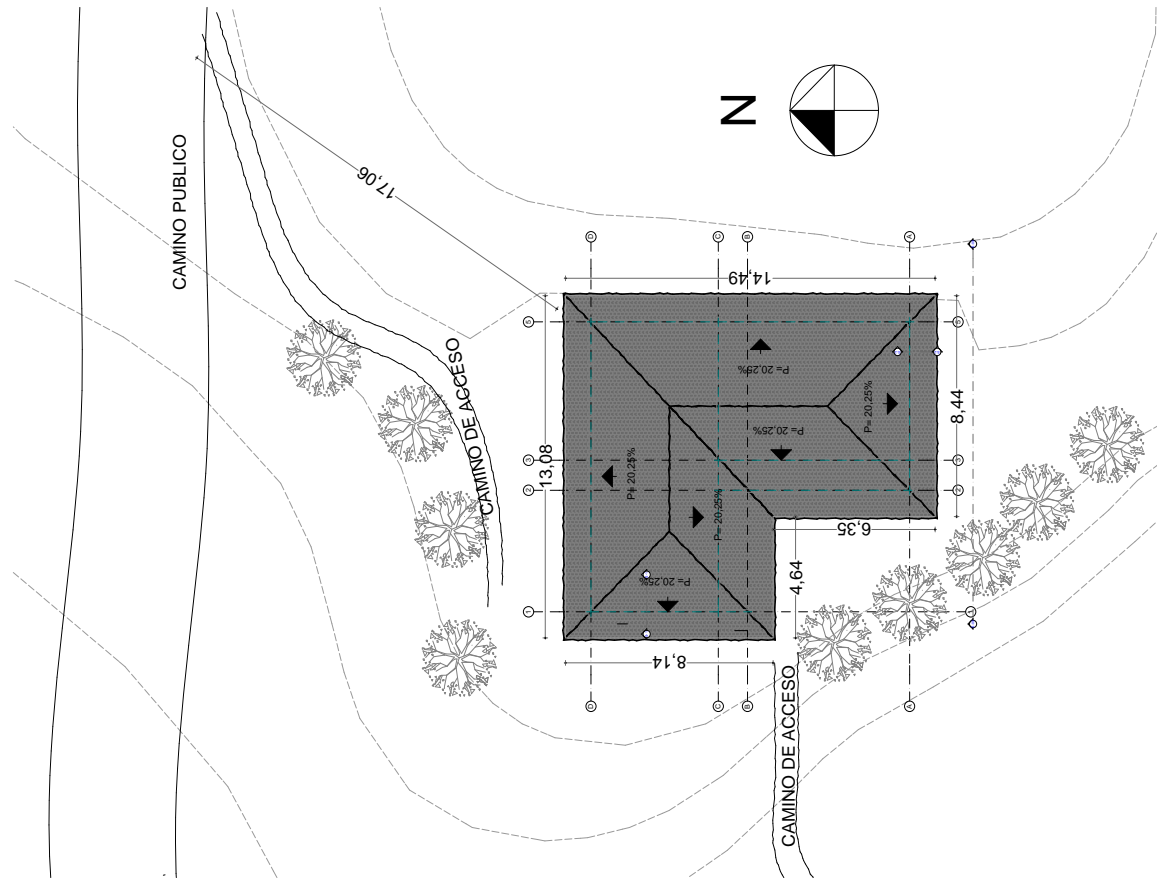


Fig. 124 Emplazamiento de la vivienda del Sr. Manuel Guamán. Fuente Investigador

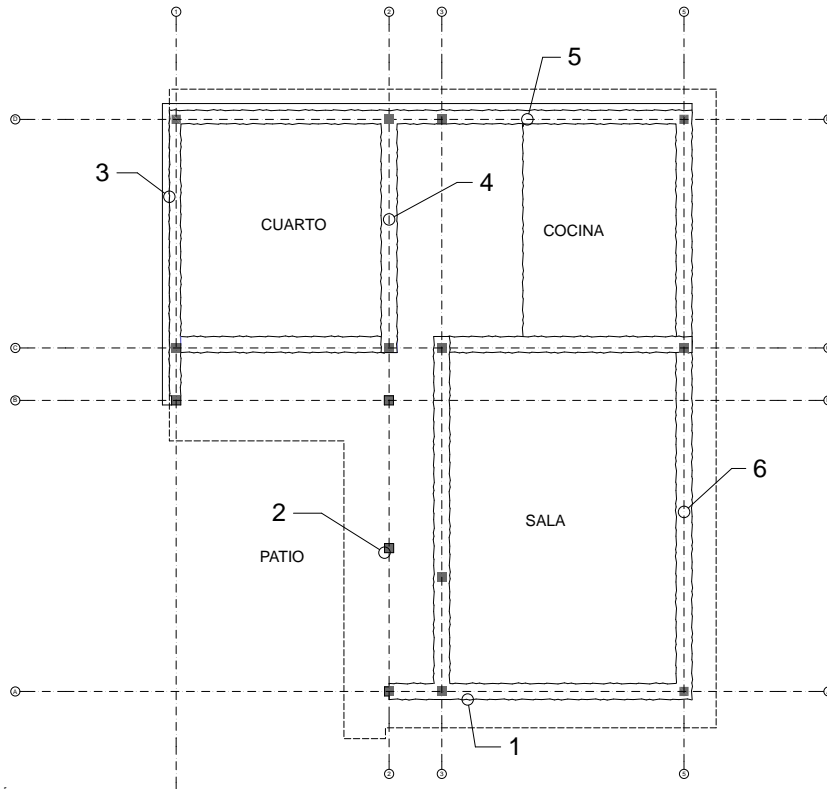


Fig. 125 Planta de cimentación. Vivienda Sr. Manuel Guamán.
Fuente: Investigador.

Cimentación.

La cimentación de las viviendas se encuentra sobre basas con mampostería de piedra y barro.

1. Ausencia parcial de cimientos y humedad en solera inferior. Fig.126
2. Basa de piedra labrada, soporta la columnas de madera del portal. Fig. 127
3. Recubrimiento con mampostería de ladrillo artesanal las mismas que se observa son un recubrimiento realizado posterior a la construcción inicial. Fig. 128
4. Los cimientos tiene un ancho de 20cm por 30cm en la parte visible, forman anillos en dos ambientes, mientras que en la cocina existe un faltante de solera inferior.
5. Cimiento de piedra está recubierto con mampostería de ladrillo.
6. La cimentación está bajo el nivel del suelo por tanto se observa humedad en la solera inferior y asentamiento en cimientos.



Fig. 128 basa de piedra, soportando pilar . Fuente Investigador



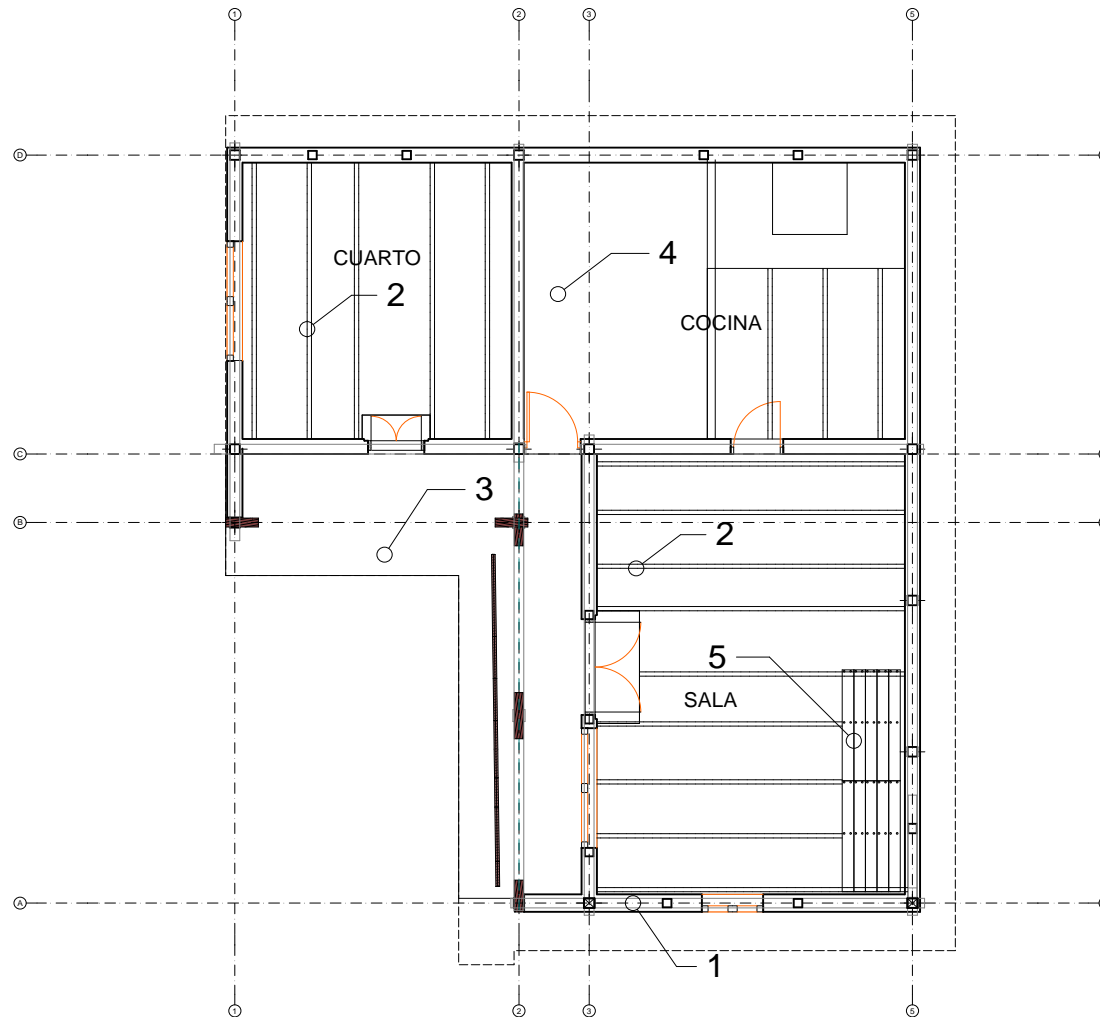
Fig. 129 Humedad en solera sobre piedras. Fuente: Investigador



Fig. 126 Ausencia de cemento y humedad en solera inferior. Fuente: Investigador



Fig. 127 cemento recubierto con mampostería de ladrillo. Fuente: Investigador



Vigas y Pisos.

Las soleras perimetrales son de 20cm x 20cm. Apoyadas sobre las basas esquineras y basas intermedias, formando anillos, en los ambientes, pero no amarran con las columnas de los pórticos. Ver. Fig 131, 132, 133

1. Solera inferior 20X20cm
2. Vigas de entre piso
3. Piso recubierto con mortero de cemento.
4. Piso sin recubrimiento nivel -0,30 m
5. Entablado de madera . Fig. 134

Fig. 130 Planta disposición de vigas y pisos. Vivienda Sr. Manuel Guamán.
Fuente: Investigador.



Fig. 133 Solera inferior y piso sin recubrimiento. cocina.
Fuente: Investigador



Fig. 134 Cocina de leña, piso sin recubrimiento. Fuente: Investigador



Fig. 132 Recubrimiento con mortero de cemento. Portal de acceso.
Fuente: Investigador



Fig. 131 Entablado en sala. Tabla 20cmX 1,9m
Fuente: Investigador

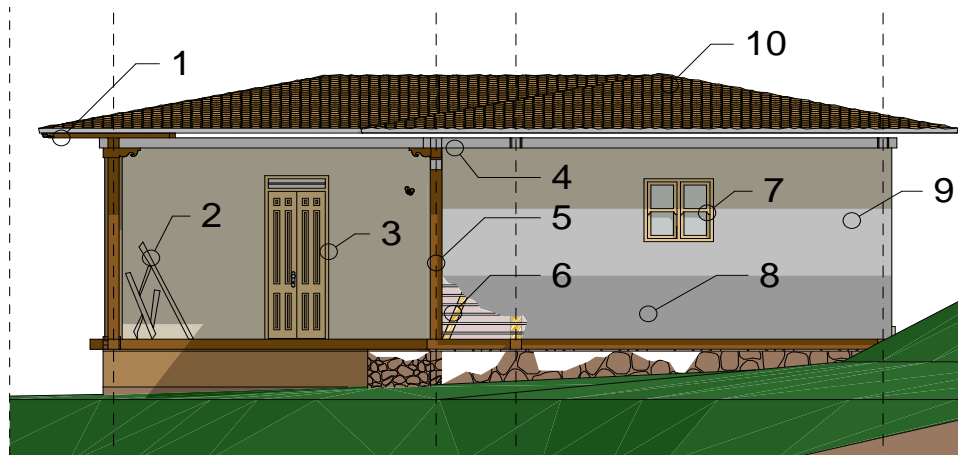


Fig. 135 Fachada lateral izquierda. Casa de Manuel Guamán. Fuente: Investigador

Mamposterías

Fachada Frontal. Ver Fig 135

1. Cimiento revestido de ladrillo
2. Revestimiento con mortero de cemento. Fig. 138
3. Herramientas y leña.
4. Revestimiento con mortero de cemento. Canecillos.
5. Cubierta de teja
6. Columna de madera y revestimiento de tierra. Fig. 140
7. Mampostería de bahareque de galluchaqui. Fig. 137

Mamposterías .

Las paredes perimetrales y divisorias estan construidas con bahareque de galluchaqui.

Fachada Lateral Izquierda. Ver Fig 136

1. Alero: formado por canecillos y barras.
2. Materiales, maderas embodegados.
3. Puerta.
4. Solera superior
5. Pilar de madera.
6. Desprendimientos en recubrimiento Fig. 138
7. Ventana de madera
8. Zócalo revestido con mortero de cemento.

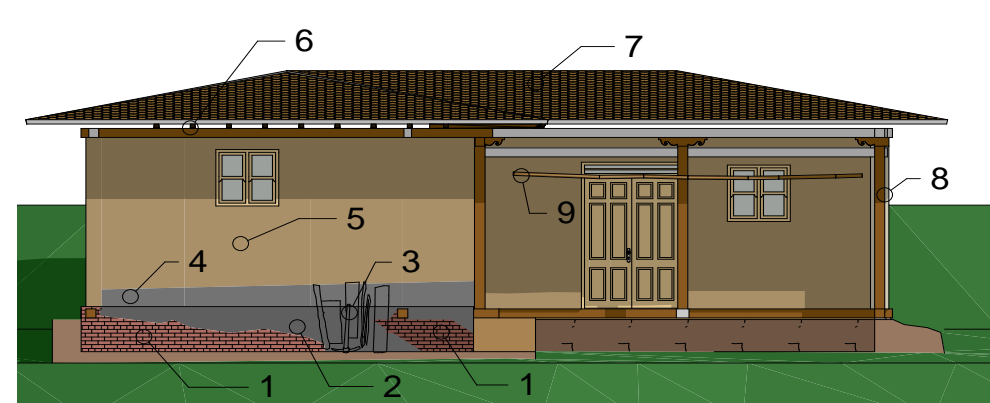


Fig. 136 Fachada frontal. Casa de Manuel Guamán. Fuente: Investigador



Fig. 137 Degradación de la madera . Fuente Investigador



Fig. 140 Desprendimiento de revestimiento. Fuente: Investigador



Fig. 138 Excesivo recubrimiento .
Fuente: Investigador



Fig. 139 Ventana de madera 90X 60cm.
Fuente: Investigador

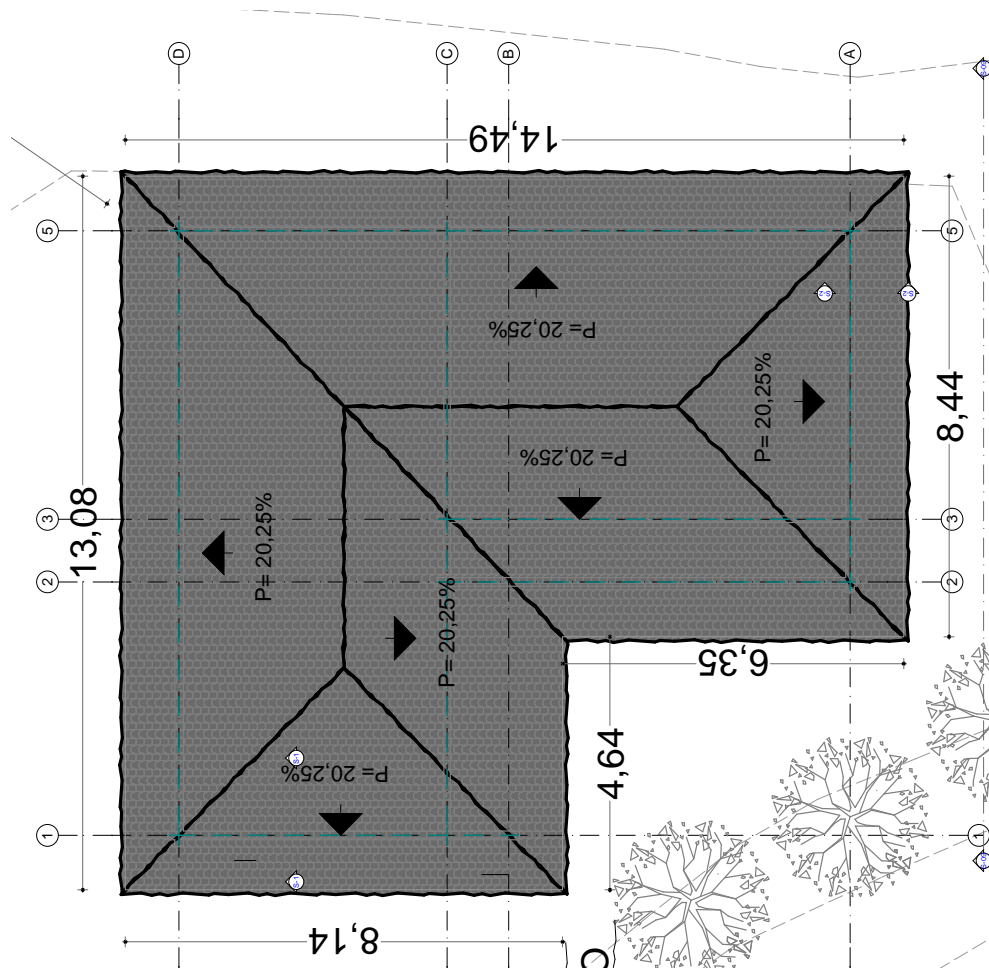


Fig. 141 Planta de cubierta. Casa de Manuel Guamán. Fuente: Investigador

Cubiertas .

Las paredes perimetrales y divisorias están construidas con bahareque de galluchaqui.

1. Cimientos. Fig. 144
2. Viga de piso. Fig. 144
3. Dintel de puerta.
4. Solera superior
5. Monterilla.
6. Cumbreira. Fig. 145
7. Tentemozo. Fig. 145
8. Viga superior de cubierta.
8. Puerta interior.
9. Piso de hormigón
10. Pared de galluchaqui
11. Cielo raso de madera
12. Mampostería de bahareque de galluchaqui.



Fig. 145 Vista de Alero, canecillos y columna. Fuente: Investigador

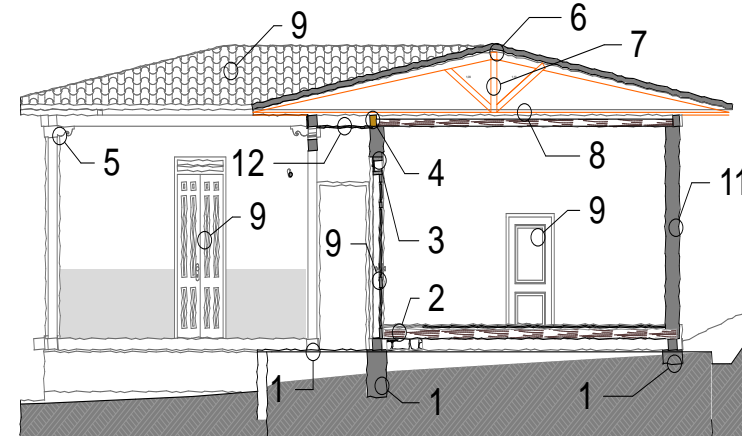


Fig. 143 Corte de vivienda.
Fuente: Investigador



Fig. 144 Entramado de barra y chinchá para soportar la teja. Fuente Investigador



Fig. 142 Vista interior de estructura de cubierta .
Fuente: Investigador



Fig. 147 instalaciones eléctricas sobrepuestas.
Fuente: Investigador.



Fig. 146 Vista de letrina
Fuente: Investigador

3.3.3 Instalaciones.

En lo referente a instalaciones sanitarias electricas las mismas son realizadas posterior a su cosntruccion, no existe un adecuado manejo. Sin embargo la necesidad y la improvisacion se ponen de manifiesto en estos elementos constructivos.

Como se puede observar en la Fig. 146 las instalaciones electricas estan sobre puestas, e instaladas de manera improvisada .

Asi tambien en cuanto a la letrina es una construccion debloque que esta ubicado a 20m de la vivienda, dificultando asi la acesibilidad considerando la edad de las personas que lo ocupan.



Fig. 148 Cementación sobre basas de piedra. Casa de Polivio Paqui.
Fuente: Investigador



Fig. 149 Cementación de piedra sin anclaje. Fuente Investigador

3.3.4 Generalidades de las deficiencias encontradas en las casas construidas con bahareque de galluchaqui.

3.3.5 Deficiencias encontradas en la Cimentación de las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.

Las cimentación es un elemento de suma importancia en las edificaciones independientemente del sistema que se este empleado; pues, es la encargada de soportar el peso de toda la construcción y de transmitir las cargas hacia el piso.

3.3.6 Tipos de cimentaciones en el sistema constructivo bahareque de galluchaqui

Este sistema ha empleado varias técnicas de cimentación, las cuales están condicionadas básicamente por la naturaleza del terreno. Los tipos de cimentación considerados en la presente investigación son:

Cimentación con sistema de basas.- Es la más común en la localidad de Saraguro; el 100% de las viviendas con estilo galluchaqui emplean este tipo de cimentación. (Calderon, 1985) Estos cimientos son de piedra cuadrada o redonda con una superficie plana en la parte superior que sirve de apoyo para el sobre cimiento (Ver Fig.148),

Sistema de anclaje entre cimentación y solera.- las vivienda en galluchaqui: no presentan ningún elemento de anclaje con los sobre cimientos (soleras), estas descasan sobre las rocas únicamente por su propio peso y el de la estructura. (Ver Fig.149).

Sistema mixto: Pilares sobre basas y basas soportantes.- Este sistema de cimentación es muy utilizado en el sector de San Lucas debido a su topografía, la cual presenta fuertes pendientes, aquí se combinan dos sistemas de cimentación. (Calderon, 1985)

En la parte superior de la pendiente se colocan piedras y las soleras se van apoyadas sobre ellas, mientras que en la parte inferior se encuentran anclados pilotes las cuales se apoyan sobre una basa de piedra (Ver Fig. 150 151)

Los pilotes se unen con las soleras a través del sistema de unión de caja y espiga.



Fig. 153 Cimentación mixta. Piedra, mampostería de tierra, y pilares de madera. Fuente Investigador



Fig. 152 Cimentación sobre. Piedra. Fuente Investigador

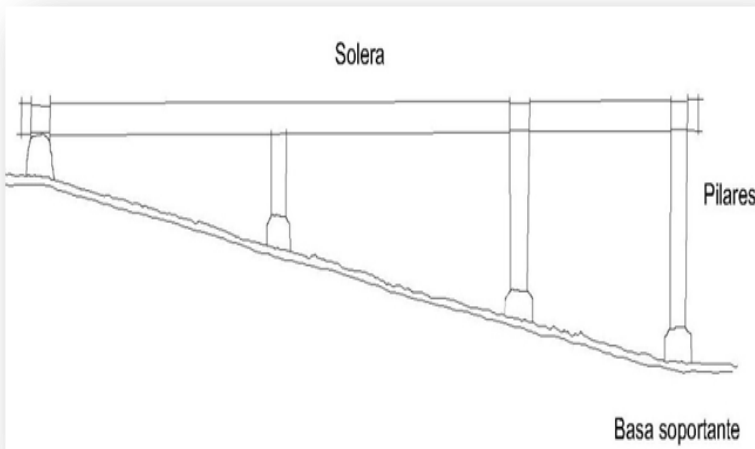


Fig. 150 Sistema de cimentación mixta. Fuente: (Calderon, 1985)



Fig. 151 Cimentación mixta. Piedra, mampostería de tierra, y pilares de madera. Fuente Investigador



Fig. 154 Columna de ladrillo, sin refuerzo.
Fuente: Investigador



Fig. 155 Fig. 156 Basa de hormigón y piedra labrada.
Saraguro
Fuente: Investigador

En general en las viviendas que dejaron de habitar, y por tanto de dar el respectivo mantenimiento, salta a la vista los problemas de una cimentación precaria debido varios factores como La falta de una cimentación sólida y resistente, la ausencia de anclajes entre elementos de cimentación, manufactura deficiente, etc. (Ver. Fig. 152 153)

3.3.7 Elementos de cimentación.

Basas.- Son elementos de piedra labrada que se clavan en el suelo, sobre las cuales descansa el peso de la solera inferior de la vivienda. Este elemento con el tiempo se está modificando y remplazando por otros materiales como el ladrillo y el hormigón. (Ver. Fig. 154. 155)

Profundidad.- La profundidad a la que deben estar las basas, según (Calderon, 1985) es de 50 cm; esta dimensión surgió al parecer del sentido común y producto de la experiencia de los maestros; pero muchas veces el nivel de profundidad se ve condicionado más que por el tipo de terreno, es por las dimensiones de las basas; que no siempre son de 90 cm de longitud.

De ahí que toda la cimentación no se encuentra a una misma distancia con respecto al suelo.

Surge otro inconveniente cuando la basa presenta menor dimensión en la sección inferior que la superior, esto facilita el hundimiento cuando el terreno es poco resistente y cede con facilidad.

La incorporación de nuevos materiales de cimentación como la mampostería de ladrillo sin refuerzos, y la solera inferior simplemente apoyada es claro que no cumple con los requisitos mínimos exigidos por la Norma ecuatoriana de la construcción Ver Fig. 154-156

Las solera inferior, y vigas de piso.- estos elementos tiene dimensiones de 20cm X 20cm que están dentro de las exigidas por las distintas normas ver tabla 11, pero están propensos a sufrir deslizamientos porque no existe ningún elemento de fijación con las basas, estas permanecen estable únicamente por el peso de la estructura (Ver Fig. 156)

Tabla 15 Cuadro comparativo entre Norma NSR-10 y Vivienda Saraguro.
Fuente: investigado

PARAMETROS	SEGÚN NSR-10	VIVIENDA TRADICIONAL
Dimensión de los anillos	Menor o igual a 400 cm*	200 cm
Profundidad de las vigas de cimentación	50 cm*	Entre 20 y 50 cm
Distancia entre el nivel del piso y acabado del primer piso	50 cm*	40 cm promedio
Ancho del sobre cimiento	8 cm*	20 cm
Sistemas de anclaje.	Barras de refuerzo y vigas de amarre	Vigas de amarre



Fig. 159 Cimientos de piedra, y solera inferior.
Fuente Investigador

Pablo Favian Quizhpe Vacacela

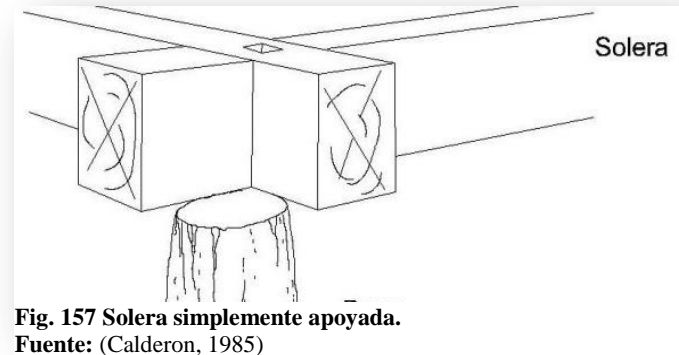


Fig. 157 Solera simplemente apoyada.
Fuente: (Calderon, 1985)



Fig. 158 Piedras asentadas soportan las soleras inferiores.
Fuente: investigador

3.3.8 Deficiencias encontradas

Hundimientos.- Los problemas de hundimientos son poco frecuentes, de hecho en las viviendas analizadas ninguna presenta este problema; más bien son casos aislados; pero es necesario considerar estos inconvenientes para tomar los correctivos necesarios.

De los pocos casos encontrados con este problema se observa que se genera por dos razones;

La primera porque no se realiza un análisis del terreno donde se va a construir, existen viviendas emplazadas sobre terrenos débiles o rellenos mal diseñados;

La segunda es la dimensión mínimas que tienen de los elementos de cimentación.

Se logró establecer una relación entre las medidas de las basas investigadas por (Calderón, 1985) y a los datos obtenidos en las investigaciones de campo, los datos son las siguientes dimensiones: 90 cm de longitud, y 50 x 50 cm de espesor; de los 90 cm sobresalen entre 50 y 60 cm por encima del piso, también existen basas de menor dimensión; cabe mencionar que estas medidas aplican únicamente para las piedras que se ubican en las esquinas, y en las intersecciones de las soleras; el resto de basas son de menor dimensión; muchas de las cuales no se encuentra enterradas en el piso, sino únicamente asentadas sobre el piso. (Ver Fig. 158)

Los sistemas de anclajes.- el mayor inconveniente de las cimentaciones radica precisamente en este punto; ya que no existen ningún elemento de unión entre las basas y el sobre cimiento; las soleras descasan sobre las basas y permanecen inmóviles gracias al peso de la construcción, todas las viviendas analizadas presentan esta deficiencia. Ver Figs.(158 y 160)

Únicamente las viviendas que presentan cimientos de hormigón han tratado de alguna manera incorporar un sistema de anclaje; fijando hierros en el cimiento, el cual permite realizar un amarre entre el muro y sobre cimiento.

Sin embargo hasta la fecha no existen registros de viviendas que hayan sufrido daños graves por la ausencia de anclajes en las cimentaciones; la verdadera prueba estaría cuando tengan que soportar sismos de magnitudes considerables.



Fig. 161 Basa de piedra labrada, se usa en los pilares del portal. Fuente Investigador



Fig. 160 Solera inferior, asentada sobre basas de piedra. Fuente: Investigador

Hasta hoy en toda la historia de la provincia de Loja se ha registrado 3 sismos de magnitudes considerables. (1913, 1953 y 1970) el último de los sismos el epicentro fue el norte del Perú que causó estragos en la provincia de Loja, (Gatz512's, 2009).

Por otra parte la mayor parte de la provincia de Loja y especialmente el cantón Saraguro está ubicado según el mapa de la (NEC & MIDUVI, 2014) en el nivel de amenaza sísmica categoría alta.

Aunque no existe registros de desastres por causa de los sismos es necesario considerar la probabilidad de que en el futuro se pueden registrar algún fenómeno que puede poner en riesgo a las construcciones, de ahí la necesidad de buscar mecanismo que permitan formar una estructura única desde la cimentación hasta la cubierta a través de sistemas de anclajes y uniones efectivos, debidamente comprobados mediante estudios, las cuales puedan brindar seguridad ante posibles sismo de grandes magnitudes.

Aislamiento de la madera.- la ausencia de un material de aislamiento en las soleras de piso, suele generar problemas de humedad, presencia de hongos y xilófagos.

Si bien es cierto que la inclusión de las basas fueron justamente para aislar la madera del piso; sin embargo esta premisa no se cumple en todas las construcciones, o dentro de una misma construcción; puesto que las distancias son variables, existen viviendas que en el mismo eje de cimentación, en un extremo la madera se encuentra aislada del piso y en el otro extremo se encuentra a nivel del piso estas variaciones en las distancias provoca que el sobre-cimiento se exponga al ataque de factores externos en mayor o menor proporción.

También existen cimentaciones que se encuentran a nivel de piso, especialmente en las construcciones recientes, Ver Fig.(160).

De ahí que los inconvenientes con estos materiales surgen cuando hay errores de diseño como: falta de ventilación, de aislamiento y sobre todo cuando no existe el mantenimiento adecuado. Según la (NEC & MIDUVI, 2014); manifiesta que este material debe estar a una "distancia mínima de 30 cm con respecto al suelo", sin duda que esta premisa no se cumple en todas las construcciones, pues el nivel de aislamiento está por debajo de lo que indica la norma.

3.3.9Pisos

Al no existir una distancia suficiente con respecto al suelo, las tablas se ven afectadas por problemas de humedad, estos es una consecuencia de falta de aislamiento de la cimentación; el otro inconveniente son las grandes distancias que hay entre una pared y otra, o cuando las vigas de piso no están distribuidas correctamente; esto provoca problemas de vibraciones al momento de desplazarse.

De igual forma al emplear tablas si amachimbrar se presentan ranuras entre ellas, permitiendo el paso del viento hacia el interior de la vivienda.

**RESUMEN LAS DEFICIENCIAS ENCONTRADAS EN CIMENTACIÓN DE LAS VIVIENDAS
CONSTRUIDAS CON GALLUCHAQUI**

NIVEL ESTRUCTURAL	Cimentación	vivienda 1 (Acacana)	vivienda 2 (Pichic)	vivienda 3 (Lagunas)	vivienda 4 (Ilincho)	vivienda 5 (Lagunas)
BASAS	Piedra clavada	✓	✓	✓	✓	✓
	Piedra sobre el suelo			No hay datos		
	Hormigón					
	Ladrillo					
	Otros					
	Humedad por capilaridad			no hay datos	X	
SOLERAS	Presencia de xilófagos	✓	✓	✓	✓	✓
	Presencia de humedad	✓	✓	✓	✓	✓
	Descomposición	✓	✓	✓	✓	
PISOS	Presencia de xilófagos	No hay datos	No hay datos	No hay datos	No hay datos	No hay datos
	Presencia de humedad	✓	✓	✓	✓	✓
	Descomposición	No hay datos	No hay datos	No hay datos	No hay datos	No hay datos
CONTRA PISO	Tierra	✓	✓			✓
	Tabla			✓	✓	✓
	Concreto					
	Presencia de xilófagos			✓	✓	✓
	Presencia de humedad	✓	✓	✓	✓	✓
	Descomposición					

3.3.10 Deficiencias encontradas en los Muros de las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.

Uno de los puntos más críticos que se evidencian a simple vista en la mayoría de las construcciones, son los desprendimientos que sufren los muros consecuencia de no seleccionar adecuadamente el material con la cual está recubierta.

Las viviendas que han agregado materiales contemporáneos como el recubrimiento de hormigón ha logrado superar en parte el problema de disgregación y humedad ver Fig. 161, sin embargo existen nuevos problemas como la adherencia entre materiales diferentes, tierra y mortero de cemento.



Fig. 162 Vivienda recubierta con mortero de cemento.
Fuente Investigador

3.3.11 Deficiencias encontradas

Inadecuada selección de la tierra.- Hasta la fecha no existen registros que nos indique que para construir una vivienda de bahareque se realizaren pruebas para determinar si es conveniente emplear ese tipo de suelo en el relleno; ni mucho menos la incorporación de aditivos industriales para mejorar la adherencia y resistencia; los únicos aditivos naturales empleados han sido la paja, tallos de trigo o cebada.

Desplomes en el relleno.- Al momento de rellenar el muro es común que se cometan errores: tales como no rellenar el muro a plomo; esto genera problemas con el revoque, se ha podido evidenciar que existen diferencia de espesores entre 1 y cinco 5cm (Ver Fig. 163)

Alabeos.- los alabeos se dan en zonas donde recubrimiento es excesivo, zonas expuestas a la humedad y por deslizamientos de las basas

Problemas en el proceso de secado.- (Calderon, 1985). manifiesta que “después haber culminado con el revoque, la vivienda podía permanecer hasta seis meses o un año si cubierta”; sin duda que esto no le beneficia a la construcción, pues durante ese periodo tiene que soportar las inclemencias del tiempo; lo cual afectaría a las paredes ya que acelera el proceso de secado haciendo que el barro se contraiga y aparezcan fisuras y grietas, de igual forma la lluvia afecta a la madera pues existe la posibilidad de que el agua penetre en ella, causando problema de humedad. (Ver Fig. 162)



Fig. 163 Espesor de revestimiento.
Fuente: Investigador



Fig. 164 Espesor de revestimiento. Fuente: Investigador



Fig. 165 Muro con desprendimientos en revestimiento y relleno. Fuente Investigador

Espesor del revoque. Como ya se mencionó anteriormente al no estar el relleno uniforme, la diferencia de espesor del revoque hace que el proceso de secado sea irregular, además de que se incrementa el peso del muro, consecuencia de ello aparecen fisuras, grietas, desprendimientos y problemas de adherencia; este problema se presenta en todas las construcciones tradicionales. (Ver Fig. 163)

Desprendimientos.- esta deficiencia al ser más evidente ha sido quizá la principal causa para que este sistema quede relegado, y los usuarios opten por sistemas constructivos modernos.

Zonas con mayores problemas de desprendimientos.- Los mayores inconvenientes de desprendimientos se localizan en las zonas de mayor contacto con el hombre y los lugares que se encuentran expuestas a las inclemencias del tiempo, especialmente franjas cercanas al piso y esquinas exteriores, cuando estas no presentan zócalos (Ver Fig. 164)

También porque después del relleno no existe una adecuación de la pared para el revoque, especialmente cuando la madera no está totalmente recubierta; sobre esto Ferreiro A. Director del proyecto Hornero manifiesta que “el revoque en barro no reacciona químicamente con la superficie donde se aplica, debe ser suficientemente rugosa con el objetivo de obtener una buena adherencia física”(Ferreiro, 2009) Por ello al aplicar recubrimientos sobre maderas que son superficies poco rugosas se generan problemas de fisura miento y desprendimientos.

Las fisuras.- el problema de las fisuras se da principalmente cuando el recubrimiento es únicamente de barro cocido, donde el número de fisuras son más altas en relación con paredes que tienen recubrimientos de otro material.

Con el afán de determinar qué tan fisurada se encuentra una pared se procedió al conteo de las fisuras de dos paredes distintas para ello se siguieron los siguientes pasos:



Fig. 167 Muros con desprendimiento. Fuente: Investigador



Fig. 166 Área de 500mm X 500mm. Fuente: Investigador

Criterios para la selección de paredes para el conteo de fisuras

Para la selección de las muestras se consideraron los siguientes parámetros:

Las orientación (pared hacia el norte)

El área (250 cm²)

La altura con respecto al piso (100 cm)

Se procedió a selección de las paredes, tomado en cuenta que estén en la misma dirección, a la misma altura con relación al suelo; sobre las dos paredes se graficó un cuadrado de 50 x 50 cm. (Ver fig. 167)

Posteriormente se procedió a identificar y clasificar las fisuras de acuerdo al: ancho, longitud, profundidad y orientación, para ello se enumeró todas las fisuras dentro del recuadro: los datos obtenidos se exponen en los siguientes cuadros.

Con los datos de la tabla 15 y 16 se obtiene los siguientes porcentajes.

Tabla 17 Dimensiones de fisuras Pared 1. Fuente Investigador

Pared N°1	Pared de bahareque trasera			
Muestra	Ancho (mm)	Largo (mm)	Profundidad (mm)	Orientación
Fisura 1	7	135	31	Vertical
Fisura 2	3	65	30	Horizontal
Fisura 3	3	150	21	Vertical
Fisura 4	10	440	35	Vertical
Fisura 5	6	340	16	Vertical
Fisura 6	4	80	19	Vertical
Fisura 7	6	160	28	Vertical
Fisura 8	4	75	49	Vertical
TOTALES	43	1445	229	

Pared N° 1

Sentido de orientación predominante = 87,5% O vertical

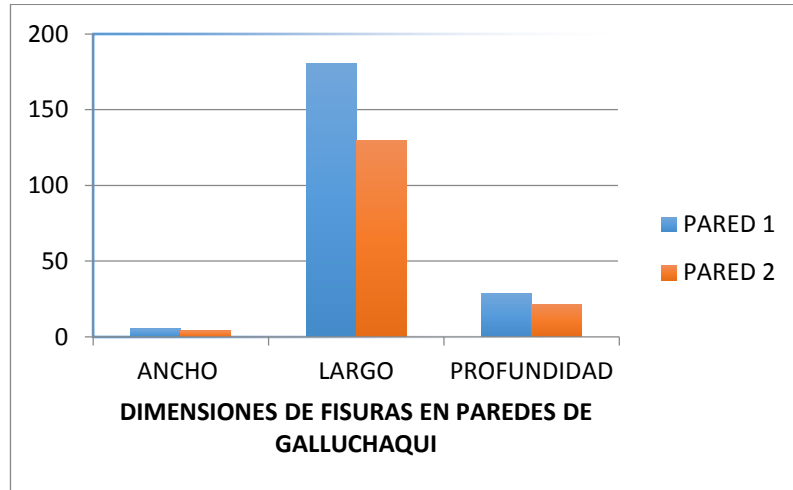
Tabla 16 Cuadro de fisuras de la pared N2

Pared N°2	Pared lateral de bahareque			
Muestra	Ancho (mm)	Largo (mm)	Profundidad (mm)	Orientación
Fisura 1	7	120	22	Vertical
Fisura 2	7	140	17	Horizontal
Fisura 3	4	100	20	Vertical
Fisura 4	3	100	29	Vertical
Fisura 5	3	200	19	Horizontal
Fisura 6	4	130	22	Vertical
Fisura 7	2	150	24	Vertical
Fisura 8	3	100	21	Vertical
TOTALES	33	1040	174	

Pared N° 2

Sentido de orientación predominante = 75% O vertical

Tabla 18 CUADRO COMPARATIVO DE FISURAS



Como se puede observar en la gráfica las fisuras son similares en todas sus dimensiones existiendo una pequeña variación en el largo de las fisuras.

Otro detalle que se investigo es la orientación, la misma que predomina en forma vertical.

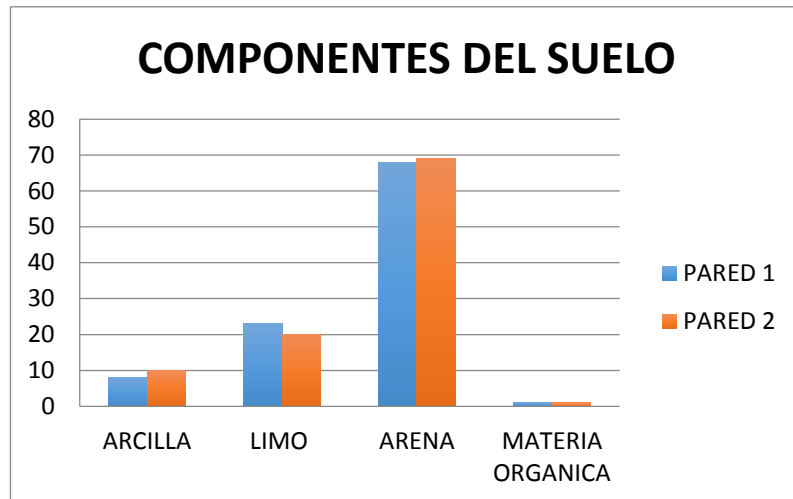
Para tratar entender mejor la procedencia de estas fisuras en las paredes se determinó el tipo de suelo empleado en cada una de las paredes, para este caso se tomó muestras de los muros y se sometió a la prueba de granulometría con una botella plástica.

Luego de las pruebas de campo realizadas, se observa que los porcentajes de los componentes, arcilla, limo, arena y materia orgánica son similares y se encuentran dentro de los parámetros recomendados por la bibliografía.

Finalmente se puede concluir que ninguno de estos factores son factores que determinen el grado de fisura, es posible que otros factores como la cantidad de agua, el estado del clima a la hora de construir, u otros factores sean los determinantes para la presencia de estos deficiencias.

En la presente investigación no se pretende profundizar estos conocimientos que seguro pueden ser temas de nuevas investigaciones.

Tabla 19 Cuadro comparativo de los componentes del suelo



Resumen de deficiencias encontradas en los muros de las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui

NIVEL ESTRUCTURAL	MUROS	vivienda 1 (Acacana)	vivienda 2 (Pichica)	vivienda 3 (Lagunas)	vivienda 4 (Ilincho)	vivienda 5 (Lagunas)
ALTURA DE MUROS	entre 1 y 2 m					
	entre 2 y 3 m	2,5	2,5		2,3	
	entre 3,01 y 4 m			3,3		3,46
	más de 4,01 m					
DISTANCIA ENTRE COLUMNAS	entre 1 y 3 m	2,5				
	entre 3,01 y 4 m		3,5	3,6	3,05	3,8
	más de 4,01 m					
ESPESOR DE LOS MUROS	entre 0 y 10 cm					
	entre 11 y 15 cm					
	entre 16 y 20 cm		20			22
	entre 21 y 30 cm	26		25		
	más de 31 cm					
DISTRIBUCIÓN DE VANOS	Asimétrica					
	Simétrica	✓	✓	✓	✓	✓
PATOLOGIAS EN MUROS						
FISURAMIENTO	Inherentes al acabado	✓	✓	✓	✓	✓
	Por exceso de carga	✓	✓	✓	✓	✓
DESPRENDIMIENTOS	A nivel de revoque	✓	✓	✓	✓	✓
	A nivel de relleno	✓				
ALABEOS		✓				✓
ATAQUE DE XILOFAGOS POR:	Falta de Mantenimiento	✓	No hay datos	No hay datos	✓	No hay datos
	Falta de aislamiento del piso	✓	No hay datos	No hay datos	No hay datos	No hay datos



Fig. 169 Sistema de cerchas en cubierta.
Fuente: Investigador



Fig. 168 Tentemozo, refuerzo en cubierta. Fuente: Investigador

Análisis

De los muros analizados las diferentes viviendas se observa el comportamiento mecánico de los elementos que lo constituye.

La altura de muros se encuentra dentro de los parámetros ergonómicos.

La distancia entre columnas es una distancia adecuada sin embargo se debe tener en cuenta que los pilares de los pórticos en ninguno de los casos estudiados se encuentra formando parte de un anillos de cimentación.

Los espesores de revestimientos son en todos los casos sobre dimensionados, esto se debe a una mala elaboración de relleno, que luego será el soporte de los revestimientos.

La disgregación también es una patología que está afectando a las mamposterías de bahareque.

La humedad es un detonante para la pudrición de elementos de madera, tanto en columnas como en columnas intermedias.

La distribución de los vanos en su mayoría son simétricos, y respetan las proporciones que determina la norma, es más se podría incrementar vanos o dimensiones de los vanos para mejorar las características de confort lumínico.

3.3.12 Deficiencias encontradas en las cubiertas de las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.

3.3.13 Deficiencias encontradas.

Se ha detectado que las cubiertas sufren de algunos deterioros debido a fallas estructurales, forma de la cubierta, y tipos de materiales utilizados.

Las deficiencias en cubierta son las que originan el deterioro de otros elementos de la vivienda, por ello es de gran importancia tomar correctivos adecuados en esta parte del proceso constructivo, para brindar una adecuada solución a cada uno de estos problemas.

Espesor de vigas.

Para evitar pandeos y deformaciones de las vigas y mantener la estabilidad de las paredes se empleaban vigas de espesor mayores a 20 cm, esto incrementa las cargas las cuales se ven reflejadas directamente en los muros provocando fisuras, grietas y alabeos.

En las construcciones recientes se emplean vigas de menor espesor de sección rolliza o trabajada a dos caras, como la sección es menor estas van ubicadas a menor distancia; lo cual incrementa el número de maderas; además no se realiza un proceso de secado; lo cual también genera problemas, pues el material sufre torceduras, particiones, contracciones y variaciones en sus dimensiones.

Sistemas de refuerzos.- De las viviendas consideradas para el análisis, existe un único caso donde los sistemas de refuerzos están formando cerchas Ver Fig. 168

En las demás construcciones; los sistemas de refuerzos está formado únicamente por un tentemozo que son elementos que sostiene a los caimanes y limatones, que se apoyan sobre las vigas impidiendo que estos sufran deformación Ver Fig. 168, con este tipo de refuerzo no se considera la flexión que pueden sufrir las vigas, pues estas no tienen ningún elemento de refuerzo en su parte inferior ya que estas se apoyan únicamente sobre las paredes laterales.

En la misma dirección del tentemozo o cerca de este no existe ningún elemento de apoyo.

El conocimiento de cerchas no es común en las construcciones de Saraguro, esta es la razón por la que se observa vigas de cubierta de gran sección.

Por el peso del entramado y la sobrecubierta hace necesario que se ubiquen tentemozos en varios lugares, lo que hace que la viga sufra un esfuerzo mayor.

Irregularidades en la madera.- Si bien es cierto que las maderas brindan grandes beneficios a la construcción; puede



Fig. 171 Muro fisurado por acción de peso puntual de viga de gran dimensión. Fuente: Investigador



Fig. 170 deficiente unión con clavos, de viga y tentemozo. Fuente: Investigador



Fig. 172 Unión con clavos. Fuente. Investigador



Fig. 173 Vista de tejas artesanales. Fuente: Investigador

también convertirse en un problema, si esta no es utilizada correctamente. Así cuando se emplea maderas rollizas, puede darse el caso, donde el radio varía entre una sección y otra, especialmente cuando se emplean maderos jóvenes; esto provoca que el nivel de resistencia no sea la misma en toda la sección.

Otro problema de las maderas es, que el diámetro varían entre una viga y otra o incluso en la misma, provocando presiones distintas en los muros; cuando el peso de la viga es exagerado, se producen lesiones en la pared como fisuras, alabeos o agrietamientos Ver. Fig. 169

Las construcciones antiguas empleaban maderas de diferente sección y clases, no se puede asegurar si estás cumplían con un proceso de secado adecuado.

Sin embargo sobre esto (Calderon, 1985) menciona que “la madera después de ser cortada se dejaba secar por un tiempo aproximado de seis meses, en una casa abandonada”.

Otro autor menciona que el tiempo de secado natural según (Foglia, 2005) “puede variar desde 3 a 4 semanas hasta 1 o 2 años y el contenido de humedad final será igual o muy próximo al contenido de humedad de equilibrio promedio del sitio donde se realice el secado”.

Resulta complicado determinar el tiempo óptimo de secado para cada madera ya que las construcciones tradicionales empleaban diferentes clases de maderas; en las construcciones recientes, la madera de uso común es el eucalipto; pero estas no pasan por un proceso de secado; pues la madera es utilizada inmediatamente después de haber sido cortadas.

De ahí que se presentan inconvenientes como: torceduras, particiones, variaciones en su dimensión, etc.

Uniones en maderos:

El sistema de unión debe ser perfecto para que el anclaje no permita ninguna deformación y ofrezca la máxima superficie de contacto; a pesar de que las construcciones antiguas presentan varios tipos de uniones tradicionales como son: uniones de caja y espiga, a media madera, en forma de T, etc. estas brindan flexibilidad y soporte a los elementos.

Existen otras uniones más sofisticadas que tienen un mejor desempeño mecánico, y estéticamente agradable, pero resulta costoso y demandaba mucho tiempo, pues se necesita mano de obra especializada para realizar este tipo de uniones.

Considerando que estas viviendas se realizan a base de las mingas, donde participan personas con y sin experiencia en el campo constructivo, y reduce los costos de mano de obra, también se convierte en un factor negativo, debido a poca experiencia de las personas que ejecutan, las actividades encomendadas que son realizadas de forma deficiente, como empalmes mal realizados, cortes, y tratamiento.

Los empalmes en las nuevas estructuras, emplean clavos de acero como único mecanismo para unir las maderas; sin embargo estos sistemas no garantizan una estabilidad absoluta porque, muchas veces las uniones son deficientes (ver fig. 171) o cuando se emplean maderas verdes los clavos causan fisuras en la madera (Ver fig. 171).

3.3.14 Deficiencias del material de recubrimiento de cubierta

El 100% de las viviendas tradicionales emplean como cubierta la teja de barro. Este material está catalogado como un elemento de transporte más no un aislante. Por ello esta debe estar ubicada dentro de una pendiente adecuada. Los problemas más frecuentes de la sobre cubierta son los siguientes:

Instalación de las tejas.- Las tejas antiguas eran fabricadas de forma artesanal; consecuencia de esto, muchos elementos presentan problemas en cuanto a su forma y medida. Las formas de ciertos elementos son asimétricas y las medidas varían; esto dificulta la correcta colocación de las tejas, (Ver Fig.172).

puede darse el caso también de que por descuido del maestro o de los trabajadores, las tejas no se coloquen correctamente, estos factores hacen que surjan problemas como: goteras, deslizamientos y filtraciones de agua.

La unión entre tejas es de 5 cm, pero esta distancia a veces resulta deficiente cuando las tejas sufren deslizamientos o cuando estas presentan deformaciones ya que no quedan traslapadas correctamente.



Fig. 174 Vista de teja artesanal colocado sobre cubierta. Fuente: Investigador



Fig. 175 Vista de cielo raso de plástico.

Fuente: Investigador

Tabla 20 Cuadro de dimensionamiento de tejas

Fuente: Investigador

N	LARGO (cm)	ANCHO (cm)		ESPESOR (cm)	PESO (kg)
		Superior	Inferior		
1	46,5	32,7	27,7	1,5	3,59
2	46,5	32,6	27,1	1,5	3,53
3	43,4	31,2	28	1,7	3,4
4	43,8	31,5	27,5	1,8	3,53
5	46,2	31,5	27,5	1,5	3,59

Permeabilidad de las tejas: Las tejas deben garantizar un buen grado de impermeabilidad.

Sin embargo las tejas artesanales permiten el paso de la humedad por la porosidad que tienen, otro factor que influye es la deficiente ubicación debido a los defectos en su fabricación, además la mínima pendiente de la cubierta, dificulta la evacuación de materia como hojas, tierra, generando obstáculos en los canales.

Las viviendas tradicionales presenta problemas de goteras y filtraciones de agua. Según la NTC 2086 las tejas deben garantizar un porcentaje de absorción inferior al 10% en tejas nuevas. Mientras que García G. logró determinar el nivel de absorción en tejas con antigüedades entre 50 y 60 años, las cuales presentaron un porcentaje de absorción que va entre el 8 y el 14%.

De la experiencia aprendida durante esta investigación se observó un que las tejas artesanales tiene en promedio un 15% de absorción

Dimensiones de la tejas .-Las dimensiones de las tejas artesanales no presentan mayores variaciones en cuanto a sus medidas no así en la forma donde, muchas de ellas presentan formas irregulares lo cual impide que estas queden unidas perfectamente.

En promedio se puede decir que una teja artesanal tiene de: largo 45 cm, ancho superior 32 cm; ancho inferior 27,5 cm y un peso de 3,5 kg.

Para cubrir un metro cuadrado de cubierta se necesitan 14 tejas, con solapado de 5 cm por teja.

Las tejas con las dimensiones descritas, ya no son comerciales, pues están eran de fabricación artesanal.

En la actualidad se empelan tejas de arcilla, con las siguientes dimensiones: Largo: 42 cm; ancho interior de boquilla superior: 20,5 cm; ancho exterior de boquilla superior: 22 cm; ancho interior de boquilla inferior: 16 cm; ancho exterior de boquilla inferior: cm 18,5; Espesor: 1,5 y un peso de: 2,15 kg. Mientras que con la teja contemporánea se necesitan tejas 18 aprox. para cubrir un metro cuadrado de cubierta.



Fig. 176 Vista de vivienda abandonada. Comunidad de Ilincho.
Fuente: Investigador

Cielo raso.- En las construcciones tradicionales analizadas este elemento existe únicamente en una vivienda, el resto de viviendas no cuentan con cielo raso, en algunos caso únicamente han incorporación plásticos a manera de cielo raso, pero desde luego no satisface las necesidades de sus habitantes; la incorporación de este elemento, sin duda que beneficiaria de sobremanera al confort térmico y a la estética de la vivienda. Ver Fig. 174

Problemas de evacuación del agua lluvia: los techos de tejas son buenos conductores de agua, siempre y cuando tengan un mantenimiento periódico, pero las viviendas tradicionales no reciben mantenimientos preventivos si no correctivos, es decir las correcciones aparecen cuando el daño ya es evidente. Es muy común también encontrar obstáculos en los canalones como: hojas, basuras, líquenes, musgos, etc.; Los líquenes son los más frecuentes en las vivienda tradicionales de mayor antigüedad, en ciertos casos están formando grandes colonias que terminan por obstruir el paso del agua, causando problemas de filtraciones a través de las uniones entre tejas.

Falta de mantenimiento: el mantenimiento debe ser frecuente, sin embargo esto no sucede, por ello en la sobre cubierta se acumulan hojas, fundas, musgos, etc. tampoco se acomodan las tejas que se han deslizado ni se reemplazan a tiempo las tejas en mal estado, Ver Fig. 175

RESUMEN DE DEFICIENCIAS EN CUBIERTA DE LAS VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN GALLUCAHQUI

NIVEL ESESTRUCTURAL	CUBIERTA	vivienda 1 (Acacana)	vivienda 2 (Pichic S L)	vivienda 3 (Lagunas)	vivienda 4 (Ilincho)	vivienda 5 (Lagunas)
FORMA DE LA CUBIERTA	a dos aguas		X			
	a cuatro aguas	X		X	X	X
	forma irregular					
MATERIAL DEL ENTRAMADO DE CUBIERTA	chinchá		X	X	X	X
	madera					
	chonta	X				
PATOLOGÍAS COMUNES DE LAS CUBIERTAS						
Goteras		X	X	X	X	X
Deslizamientos de tejas		X	X	X	X	X
Ataque de xilófagos		X	X	X	X	X
Deficiencia en refuerzos		X	Sin datos	X		X
Presencia de obstáculos en tejas		X	X	X	X	X

Análisis.

De los análisis realizados se observa que las cubiertas presentan problemas en cuanto a patologías, independientemente del material utilizado y de la forma como son estructurados.

Además que los materiales de entramado que predomina es la chinchá, esto es seguro debido a la temporalidad en la que fueron construidos, en los años de 1950 hasta 1970 esta materia prima existía en abundancia en el sector.

Por tanto es claro el uso del aprovechamiento y adaptación a los materiales que predominaban en el medio.

3.3.15 Deficiencias encontradas en las instalaciones eléctricas y sanitarias en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.

3.3.16 Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas en viviendas de Galluchaqui en un principio no existían, con el paso del tiempo se incorporó este sistema de iluminación; por ello las instalaciones eléctricas se tuvo que adaptar cuando la vivienda estaba ya construida. Ver. Fig. 176

Pero se evidencian serias deficiencias a nivel de diseño y de ejecución, y los más comunes son:

Ausencia de planos de instalación. Los maestros no contemplan las instalaciones eléctricas al momento de diseñar y construir las viviendas; es más, las instalaciones eléctricas se las realiza posterior a la culminación de la construcción y está cargo de los mismo propietarios u otras personas; por ello es que en la paredes no se incluyen tuberías, cajetines, etc. para la instalación eléctrica.

La instalación la realizan personas con poco conocimiento.- como ya se mencionó anteriormente, de esta actividad se encarga en propietario u otra persona (ya cuando la casa va a ser habitada) con conocimientos adquiridos producto de la observación y experiencia únicamente. Las herramientas utilizadas tampoco son las adecuadas, si no las que tiene a su alcance; lo que incrementa en riesgos de accidentes, pues las herramientas no presentar aislantes, que además dificulta y disminuye la calidad de la instalación.

Ausencia de ductos de conducción.- al no existir un estudio previo, al momento de construir no se han empotrado tuberías ni cajetines para la posterior instalación, por lo tanto los cables, puntos de luz, toma corrientes, interruptores, etc., quedan sueltos y se corre el riesgo de posibles cortos circuitos Ver. Fig. 177

Toma corrientes e interruptores mal empotrados.- estos son fijados a las paredes o techo con clavos; con el esfuerzo constante a la cual se someten los tomacorrientes e



Fig. 177 Vista de instalaciones de luz improvisadas. Comunidad de Pichic. Fuente: Investigador



Fig. 178 Vista de cableado improvisado. Fuente: Investigador



Fig. 179 Vista de interruptor de luz deficiente. Comunidad de Lagunas. Fuente: Investigador

interruptores hace que la pared ceda provocando fisuras y desprendimientos del revoque y del elemento mismo. Ver Fig. 178

Material para aislante y cableado inadecuado.- por lo general el material es el mismo para instalar los puntos de luz e interruptores y para los tomacorrientes cuando lo recomendable es que el cable para los tomacorrientes debe tener mayor espesor. Es común también encontrar fundas plásticas haciendo las veces de aislante para cubrir los empalmes.

Empalmes mal realizados.- por el poco conocimiento y al no emplear las herramientas necesarias, los empalmes son deficientes; ya que estos no quedan ajustados perfectamente; además el tipo de empalme muchas de las veces no es correcto, así por ejemplo, cuando se trata de unir dos cables los más común es encontrar empalmes en forma de cola de ratón cuando lo correcto sería un empalme continuo, este tipo de empalme es el más común en todas las viviendas.

Número de puntos de luz, y tomacorrientes.- existe un punto de luz por habitación, la cual muchas de las veces resulta deficiente, ya que al no existir ventanas, esta no alcanza a iluminar toda la habitación. De igual forma es muy frecuente encontrar únicamente un solo tomacorriente en la habitación y en la sala, mientras que en la cocina no existe.

Ubicación inadecuada de los tomacorrientes e interruptores.- los interruptores según la (NEC & MIDUVI, 2014) deben estar instalados en zonas visibles y accesibles, sin embargo en las construcciones tradicionales esto no se cumple, pues en la mayoría de casos se ubican junto a la cama o cerca del vano de la puerta que al abrir esta cubre completamente al interruptor.

En lo referente a la altura, en la (NEC & MIDUVI, 2014) se contemplan alturas que van desde 80 hasta 140 cm; esto si se cumple en las viviendas de galluchaqui ya que los interruptores se ubican a 1 m aproximadamente. Para los tomacorrientes si la altura es exagerada, pues estas se encuentran sobre los 120 cm, cuando la NEC 11 recomienda alturas entre 20 y 80 cm.



Fig. 180 Vista de instalaciones de luz improvisadas. Comunidad de Lagunas. Fuente: Investigador



Fig. 181 Vista de instalaciones de iluminación. Comunidad de Lagunas. Fuente: Investigador

En la mayoría de los casos los tomacorrientes no se encuentran empotrados en las paredes, lo que facilita al usuario trasladarlo de un sitio a otro, obviamente esto incrementa el riesgo de cortocircuitos ya que los cables quedan expuestos y son propensos a sufrir desperfectos.

Deficiencias en el cableado.- los cables son tendidos de forma inadecuada; por zonas riesgosas, de alta interacción con los habitantes o permanecer expuestas a las inclemencias del tiempo. Además, el sistema de instalación corresponde a un sistema mixto, a pesar de que este sistema está aceptado por la (NEC & MIDUVI, 2014), los toma corrientes de cocinas y lavaderos deberán tener un sistema diferenciado, sin embargo esto no se cumple en las viviendas tradicionales; ya que la misma red eléctrica se distribuye para toda la vivienda. Además ninguna vivienda contempla cableado para la puesta a tierra de los tomacorrientes.

Instalaciones especiales:

No existen puntos de distribución de energía eléctrica para lavadora, refrigeradora, cocina; mucho menos puntos de agua y desagües para lavabo, lavadora, etc. Por lo tanto es necesario incorporar estos elementos para brindar mayor comodidad y bienestar a los ocupantes.

3.3.17 Instalaciones hidro-sanitarias

En el interior de las viviendas contempladas en el presente estudio, no existen instalaciones hidro-sanitarias. A excepción de una vivienda que tiene un mesón y fregadero en la cocina, en los demás casos, estos elementos se ubican fuera de la vivienda a una distancia prudencial.

En ningún caso se observó instalaciones de baños al interior de las viviendas.

3.3.18 Análisis de las condiciones de resistencia sísmica en las edificaciones de bahareque de galluchaqui.

Una vivienda construida con el sistema de bahareque de galluchaqui es aquella que está construida con un conjunto de principios y técnicas vernáculas sustentadas en una estructura



Fig. 182 Vista de instalaciones de evacuación de aguas servidas. Comunidad de Ilincho. Fuente: Investigador



Fig. 183 Vista de instalaciones de evacuación de aguas servidas. Comunidad de Ilincho. Fuente: Investigador



Fig. 186, Taita Francisco Lozano y Pablo Quizhpe, en el portal de la casa, a las 4 de la tarde. Fuente: Investigador.

3.3.21 Dimensiones.

Las dimensiones de los muros en las viviendas tradicionales está dada por la relación entre el largo sobre el ancho, la cual es igual a dos; esta relación es una constante en todas las viviendas; según Calderón A. (1985). “Una casa de este estilo, generalmente varía entre las 14 varas (12 m) y las 20 varas de largo (17 m) y como regla general el ancho de la casa será siempre la mitad de largo de la misma”. (Calderon, 1985)

No se ha podido establecer el espesor efectivo de los muros, pues estos varían notablemente entre un muro y otro, y peor aún entre viviendas.

3.3.22 Análisis de los factores físicos de la viviendas en galluchaqui.

3.3.23 Antecedente.

Los factores físicos Ambientales que son objeto de estudio en la presente investigación son los siguientes componentes: Iluminación, Ventilación, Humedad Relativa, Sonido y Calidad del aire.

Los datos fueron tomados en el mes de noviembre-diciembre del año 2015, época de verano en las dos localidades de Saraguro y San Lucas.

Para un análisis científico se utilizaron equipos especializados que son validados, los mismos que fueron facilitados por la Universidad de Cuenca. Los equipos son los siguientes: Luxómetro, Termómetro, Medidor de CO₂, Medidor de Radiación, GPS, Cinta métrica, Flexo metro, computadora portátil.

Estos equipos fueron registrando datos cada cinco minutos por el lapso de 8 días consecutivos, en cada una de las habitaciones de las tres viviendas analizadas, la cuales se encontraban habitadas al momento de tomar los datos.



Fig. 187 Mujer Saraguro hilando lana de borrego en el portal de la vivienda. Fuente: Investigador



Fig. 188 Casa de Francisco Lozano. Comunidad de Lagunas. Fuente: Investigador

Instalación de los equipos.

Para la instalación de los equipos se tuvieron que seguir algunos pasos para garantizar una correcta y confiable obtención de datos ambientales, y son los siguientes.

- Capacitación por personeros de la universidad, en la correcta manipulación de los equipos.
- Instalación de software en el equipo de computación.
- Instalación de los equipos en los diferentes ambientes de la vivienda. (Ver Fig. 184)
- Configuración de los equipos para guardar información cada 5 minutos.
- Revisiones periódicas durante el día, y los días que se tomen los datos.
- El ultimo día guardar la información para luego ser tabulada y procesada.
- Se repite el procedimiento en cada una de las tres casa analizadas.

3.3.24 Análisis de la orientación de las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.

La orientación en las viviendas de Saraguro son ancestralmente un factor de suma importancia, debido a la necesidad de protección frente a los factores climáticos.

(Solís, n.d.), menciona que “en general, entre menos desconfortable sea el clima, mayor es el efecto que tiene la elección de las orientaciones”

Para (Calderon, 1985) en relación a la orientación de las viviendas construidas con bahareque, menciona que, “llama la atención que el asoleamiento sea un determinante importante en la orientación de las casas. Otras consideraciones como los caminos vistas, etc. Son de menor cuantía”.

En la presente investigación se corrobora la importancia de la orientación, debido a los beneficios que se obtienen del sol de la tarde. Ver Fig. 185. Considerando que las personas dedican las tardes para realizar actividades cotidianas, como hilado,



Fig. 191. Casa de Francisco Lozano, comunidad de Lagunas. Fuente: Investigador



Fig. 190 casa de Manuel Antonio Guamán. Comunidad de Pichic. Fuente: Investigador



Fig. 189 Casa de Martha Lozano. Comunidad de Ilincho. Fuente: Investigador



Fig. 192 Vista del tamaño de la ventana en casa Saraguro. Fuente: Investigador.



Fig. 193 Vista de ventana cerrada en vivienda. Fuente: Investigador

tejido, urdido, o simplemente la recepción de amistades, etc. Ver Fig. 186

En todos los casos investigados se observa, que la orientación es la misma, con un eje longitudinal orientado de norte a sur, y el portal orientado hacia el oeste. (Ver Fig. 188, 189, 190)

3.3.25 Análisis de la Iluminación en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.

Al analizar las viviendas se puede evidenciar que la iluminación es una de las deficiencias más notorias en las casas de bahareque, pues existen habitaciones que no presentan ventanas especialmente en las viviendas de mayor antigüedad; o de existir ventanas; estas no cumplen con su función, pues son muy pequeñas y no alcanzan a iluminar las $\frac{3}{4}$ partes de la habitación, que exige la (NEC & MIDUVI, 2014) o permanecen cerradas la mayor parte del tiempo, Ver Fig. 185 -186)

Existen determinados espacios interiores donde la iluminación es deficiente, generando zonas de penumbra y destello, aun con la puerta abierta. Ver Fig. 193. Que por cierto, en muchos casos es la única fuente de iluminación.

Las construcciones más recientes ya cuentan con una y dos ventanas pero todavía son deficientes para iluminar todo el interior de la habitación. Ver. Fig.195

Al estudiar el tema de la ausencia de ventanas, se ponen de manifiesto dos factores: el primero es el estilo de vida al interior de una comunidad indígena, como la mayoría de las personas son agrícolas o ganaderos, pasan la mayor parte del tiempo fuera de la casa, el segundo factor es el clima; al estar las dos localidades ubicadas en la zona andina donde la temperatura promedio es de 14°C, por lo tanto necesitan conservar el calor dentro de la vivienda y protegerse del frío durante la noche.

Según la revista Vivienda Saludable “para alcanzar la sensación de confort en el hogar la temperatura óptima debe estar en torno a los 20° C”.



Fig. 194 Vivienda del sr. Manuel Guamán. Comunidad de Pichic.
Fuente: Investigador



Fig. 195 Vista interior de cuarto en casa de Manuel Guamán. Comunidad de Pichic.
Fuente: Investigador



Fig. 197 Vivienda de la Sra. Martha Lozano. Comunidad de Ilincho: Fuente: Investigador



Fig. 196 Barras comparativas del nivel de iluminación en la vivienda de la Sra. Martha Lozano. Fuente: Investigador

Por otro lado el método de Fanger incluye diferentes variables para determinar un confort térmico. Estas variables están en función del Nivel de actividad, características del vestido, temperatura seca, humedad relativa, Temperatura radiante media y la velocidad del aire. (*Fanger 's Thermal Comfort and Draught Models Fanger 's Thermal Comfort and Draught Models IRC Research Report RR-162, 2003*).

En las siguientes muestras analizaremos el nivel de iluminación en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui, y su relación frente a las Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC. 2014)

3.3.26 Datos de iluminación reflejadas en las viviendas analizadas.

Para realizar las mediciones de la cantidad de luxes se colocaron los equipos junto a la ventana por el lapso de ocho días, tomando datos cada cinco minutos:

Vivienda 1

En la vivienda de la señora Martha Lozano sector Ilincho se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 21. Cuadro comparativo de iluminación en construcciones tradicionales y la Norma Ecuatoriana de la construcción.

Zonas de Vivienda	Según Normativa (luxes)					
	Iluminación tradicional (luxes)	Max	Min	Min	Bueno	Optimo
n						
Cocina	25,4	22,3	150*	300*	600*	
Habitación	25,3	21,2	50*	100*	250*	
Sala	30,1	26,2	70*	200*	400*	

En el gráfico se observa que los niveles máximos de iluminación registrados en todos los ambientes, cocina, habitación, sala, está lejos de cumplir con los valores mínimos exigidos por la norma.

Así la iluminación en la cocina llega a cubrir un 16,93% del valor mínimo exigido; en la habitación llega al 50%, y en la sala el 43% del valor exigido por la norma.

Vivienda 2

En la vivienda del Sr. Francisco Lozano Quizhpe, se obtuvieron los siguientes datos. Fig. 197

Tabla 22 Cuadro comparativo de iluminación en construcciones tradicionales y la Norma Ecuatoriana de la construcción.

Zonas de Iluminación	Vivienda tradicional (en luxes)		Según Normativa (Luxes)		
	Max	Min	Min	Bueno	Optima
Cocina	0,5	0,25	150*	300*	600*
Habitación	20,25	17,75	50*	100*	250*
Sala	75,4	71,2	70*	200	400*



Fig. 198 Vivienda de la Sr. Francisco Lozano. Comunidad de Lagunas: Fuente: Investigador

En la Fig. 198 se observa que los niveles máximos de iluminación registrados en todos los ambientes, cocina, habitación, sala.

Así la iluminación en la cocina llega a cubrir un ,03% del valor mínimo exigido; mientras que en la habitación llega al 40,5%, y en la sala el 107,7% del valor mínimo exigido por la norma, en este caso la sala estaría dentro de los parámetros mínimos.

Sin embargo esto puede deberse a que la puerta de la sala permanece abierta la mayor parte del día, aun así se observa zonas de penumbra al interior de la sala.

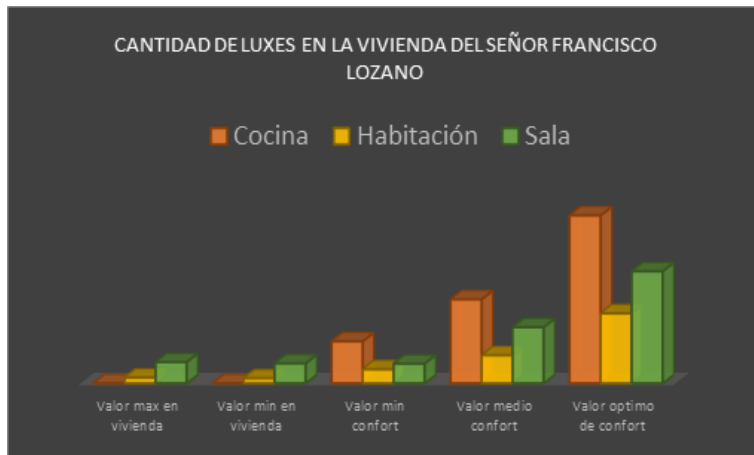


Fig. 199 Barras comparativas del nivel de iluminación en vivienda del Sr. Francisco Lozano. Fuente: Investigador

Vivienda 3

En la vivienda del Sr. Manuel Antonio Guamán se obtuvieron los siguientes datos. Fig 199

Tabla 23 Cuadro comparativo de cantidad de iluminación en la vivienda del Sr. Manuel Guamán. Fuente: Investigador.

Zonas de Iluminación	Vivienda tradicional (en luxes)		Según Normativa (en Luxes)		
	Max	Min	Min	Bueno	Optimo
Cocina	14,87	13,8	150*	300*	600*
Habitación	16	9,3	50*	100*	250*
Sala	18,66	9,6	70*	200*	400*



Fig. 200 Vivienda del Sr. Manuel A. Guamán. Comunidad de Pichic. Sector Acacana. Fuente: Investigador

Se observa en la Fig. 200 que la iluminación en la cocina llega a cubrir un 9,9% con relación al valor mínimo exigido; mientras que en la habitación llega al 32%, y en la sala el 26,66% del valor mínimo exigido por la norma,

De manera general observando los datos de los cuadros y su relación con las cantidades de luxes recomendadas para cada ambiente, se pone de manifiesto que este es un problema que presenta el sistema constructivo en Galluchaqui.

Pues en la mayoría de casos la única fuente de iluminación durante el día y la noche es la energía eléctrica, no existen otros elementos que permitan el paso de la luz natural hacia el interior de la vivienda.

Análisis

La deficiente iluminación provoca otros inconvenientes como: la mínima cantidad de radiación natural al interior de la vivienda, generando problemas de humedad en el ambiente, malos olores, espacios propicios para la proliferación de hongos.

Al parecer la iluminación interna de la casa pasa a un plano secundario; no así la orientación, este factor era muy importante; debido a las corrientes de aire y recorrido del sol, (Calderón, 1985) por tal razón estas se ubicaban en dirección al ocaso del sol justamente para aprovechar el calor de la tarde y que las habitaciones



Fig. 201 Barras comparativas del nivel de iluminación en la vivienda del Sr. Manuel A. Guamán. Fuente: Investigador



Fig. 202 Habitación con cielo raso de madera . Comunidad de Ilincho. Fuente: Investigador

se iluminen a través de las puertas durante periodos cortos de tiempo conservando también el calor necesario de la tarde y que las habitaciones se iluminen a través de las puertas durante periodos cortos de tiempo conservando también el calor necesario.

Por otra parte en las construcciones tradicionales las ventanas se encuentran ubicadas únicamente en dos direcciones, en la fachada frontal y posterior de la vivienda. En cuanto a las dimensiones, estas son pequeñas (40X60cm); esto disminuye el ingreso adecuado de iluminación.

3.3.27 Análisis de la Humedad relativa en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.

Mantener las condiciones óptimas de humedad es de suma importancia, si esta no es controlada puede causar patologías tanto en los elementos estructurales de la viviendas así como también puede afectar la salud de los ocupantes. Si bien este problema es más frecuente en las viviendas de bahareque parado, también existen problemas de humedad en la viviendas de Galluchaqui y es fácilmente detectable especialmente aquellas construcciones donde el piso es de tierra, la cual siempre permanece húmeda y con un olor característico; cuando las viviendas que tiene los pisos aislados de suelo, la humedad disminuye ya que existe corriente de aire por debajo del piso.

Según autor “Humedad relativa: entre 30% y 70%, excepto si hay riesgo por electricidad estática, en cuyo caso, el límite inferior será el 50%”(INSHT), 2007)

Por debajo de este nivel el aire es demasiado seco y por encima del nivel nos encontramos en una tasa de humedad excesiva

3.3.28 Datos de humedad relativa reflejadas en las viviendas analizadas.

Para la obtención de los datos de humedad relativa, los equipos fueron instalados acorde al procedimiento ya descrito, y luego procesados y comparados con datos de otras investigaciones realizadas, las mismas que proponen rangos de humedad relativa para lograr un ambiente confortable.

Tabla 24 Porcentajes de Humedad relativa medidos en la vivienda de la Sra. Marta Lozano. Fuente: Investigador

Zonas de vivienda	Vivienda Tradicional (%de humedad media)	Rango humedad permitido (en %)
Sala	70,28%	Entre 40 y 70%*
Cocina	71,90%	Entre 40 y 70%*
Dormitorio	67,785	Entre 40 y 70%



Fig. 203 Cocina sin recubrimiento en piso. Comunidad de Ilincho. Fuente: Investigador

Vivienda 1

En la vivienda del Sra. Martha Lozano, ubicada en la comunidad de Ilincho, se obtuvieron los siguientes datos.

En este caso se observó que la altura de cielo raso al piso es de 2,30cm, con ambientes pequeños en las habitaciones con menos de 7m² de espacio interior, y en la cocina sin recubrimiento en piso, y cielo raso, con estos antecedentes se procedió a tomar los datos sobre el nivel de humedad relativa en la vivienda de la señora Martha Lozano. Ver Fig. 203

Como se puede apreciar en la Fig. 203, desde las 10 AM hasta las 19 horas la humedad del ambiente oscila entre 61,77 y 69,4%; mientras que en horas de la noche y la madrugada los porcentajes sobre pasan los niveles recomendados puesto que los porcentajes oscilan entre 70,58 a las 21 horas y 75.15 a las 3 AM.

Con estos datos se concluye que la humedad de la vivienda permanece en los niveles recomendados durante el día pero en la noche incrementa el nivel máximo permitido en 5,15%.

La habitación con mayor concentración de humedad es la cocina, lugar donde a las tres de la mañana se registra los niveles más altos de humedad relativa 78.36 %; a partir de aquí inicia un descenso lento, llegando a su punto más bajo a las 15 horas alcanzando un 62.07% y nuevamente inicia un ascenso progresivo.

Suponemos que esta variación se deba a la ausencia de recubrimiento en el piso, y la humedad natural del suelo incrementa la humedad durante la noche. Ver Fig. 204

En la sala los niveles más altos de humedad se registran entre las 3 y 5 AM (75,15% y 74,09%), a partir de aquí inicia un descenso llegando a su punto más bajo a las 15 PM (61,77%).

La habitación presenta menos variación de humedad; a partir de la 1 AM hasta las 4 AM la variación de humedad se mantiene entre el 71,21% y 71,08%; la humedad desciende hasta 61,15% a las 15 horas.

Una particularidad que surge, en esta vivienda es que el nivel de humedad más bajo en todas las habitaciones se da a las 15 horas; tal

vez propiciado por la orientación de la vivienda; ya que todas las habitaciones reciben el calor de la media tarde directamente.

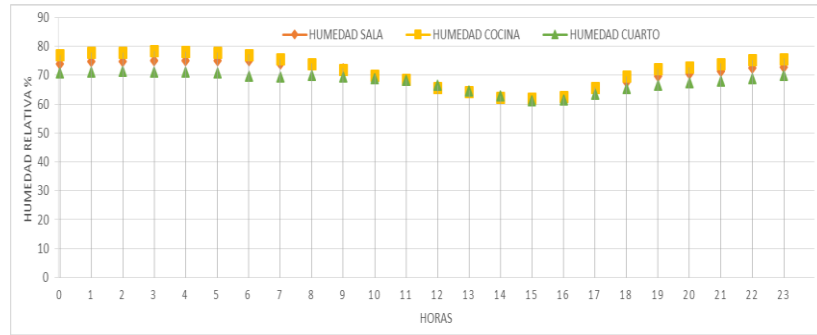


Fig. 204 Variación promedio de la humedad relativa en un periodo de 24 horas.
Fuente Investigador

Viviendas. 2

En la vivienda del Sr. Francisco Lozano, ubicada en la comunidad de las Lagunas, se obtuvieron los siguientes datos.

La vivienda tiene una forma rectangular, con tres habitaciones, sala cocina, dormitorio. Con una altura promedio de 3,5m entre cubierta y piso, hay ausencia de cielo raso en todos los ambientes, tiene recubrimiento de madera en los pisos de habitación y sala, mientras que en la cocina no tiene recubrimiento. Ver. Fig. 2014

Esta vivienda, los muros de bahareque, se encuentran desprovistos de recubrimientos.

Tabla 25 Tabla de mediciones de humedad relativa. Fuente: Investigador

Zonas de vivienda	Vivienda Tradicional (%de humedad media)	Rango humedad permitido (en %)
Sala	69.43%	Entre 40 y 70%*
Cocina	65.32%	Entre 40 y 70%*
Dormitorio	66.74%	Entre 40 y 70%*



Fig. 205 sala con recubrimiento de madera en piso. Comunidad de Lagunas. Fuente: Investigador



Fig. 206 sala sin recubrimiento en cielo raso Comunidad de Lagunas. Fuente: Investigador

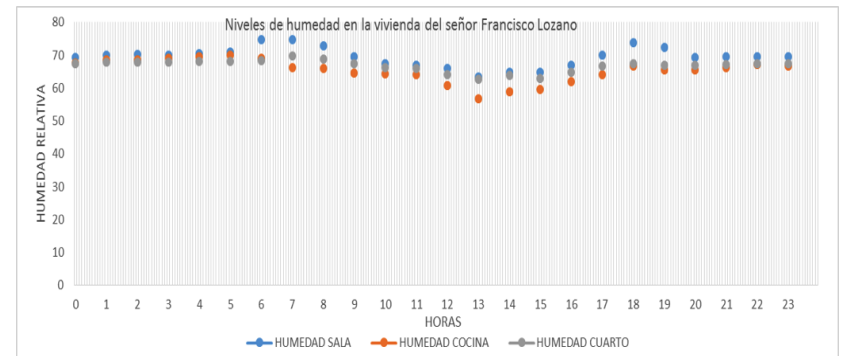


Fig. 207 Variación promedio de la humedad relativa en un periodo de 24 horas. Fuente Investigador

La humedad promedio de toda la vivienda durante el día y la noche, son las siguientes:

Durante el día, desde las 6 am hasta las 18 pm, la humedad promedio en la mañana es de 70,73%; al medio día de 63.57 % y a las 18 horas de 69.25%.

Mientras que en horas de la noche a partir de las 19 horas hasta la 5 am los porcentajes son: 68,23% a las 19 horas; 68.17% a las 00:00 horas y 69.64% a las 5 am.

La mayor concentración de humedad relativa en esta vivienda se da a las seis de la mañana y las seis de la tarde; en las mañanas el porcentaje de humedad excede los niveles máximos permitidos.



Fig. 208 Vivienda del Sr. Francisco Lozano Fuente: Investigador

En cuanto al análisis de los niveles de humedad por habitaciones son los siguientes:

En sala.- el nivel máximo de humedad llega al 74.74% a las 6 AM, 74.84% a la 7AM y 73.82 % a las 18 horas; mientras que los niveles más bajos se registran en los siguientes horarios: 63,38% a las 13 PM; 64,81 % a las 14 PM y 64,72% a las 15 PM

En cocina.- el nivel máximo de humedad llega al 69,15% a las 3 AM, 69,56% a la 4 AM y 69.91 % a las 5 AM; 69,15% a las 6 AM; mientras que los niveles más bajos se registran en los siguientes horarios: 60,73% a las 12 PM; 56,71 % a las 13 PM; 58,81% a las 14 PM y 59.50 % a las 15 PM

En habitación.- el nivel máximo de humedad llega al 69.71% a las 7 AM; mientras que los niveles más bajos se registran en los siguientes horarios: 62,60 % a las 13 PM y 62.83 % a las 15 PM.

Los niveles de humedad en la sala exceden los rangos máximos permitidos en 4.84%, mientras que en la cocina y el cuarto la humedad está dentro del rango. La humedad relativa promedio de la vivienda está dentro de los rangos permitidos; sin embargo se puede notar que está cerca de los límites máximos permitidos; es probable que la humedad bajo el sobre cimiento sea superior al 70%, consecuencia de ello el deterioro de las maderas de cimentación.

Vivienda 3

En la vivienda del Sr. Manuel Guamán Ubicada en la comunidad de Pichic, se obtuvieron los siguientes datos.

Esta vivienda tiene una forma de "L", el portal de acceso está orientado hacia el occidente, tiene tres dependencias sala cocina y habitación, la altura promedio de cubierta ha piso es de 3,5, se observa ausencia de cielo raso, en todos los ambientes, tiene recubrimiento de madera excepto en la cocina, y por esta falta de recubrimiento la altura de muros en la cocina es de 3,95m

Tabla 26 Niveles de humedad relativa en vivienda del Sr. Manuel A. Guamán.
Fuente: Investigador

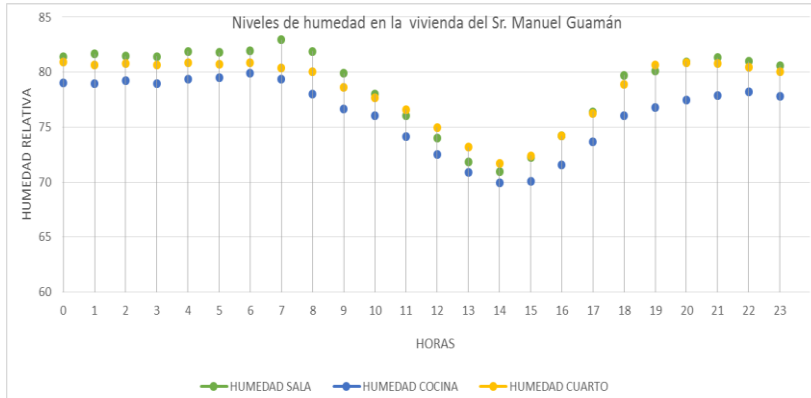


Fig. 209 Variación promedio de la humedad relativa en un periodo de 24 horas.
Fuente Investigador

Zonas de vivienda	Vivienda Tradicional (%de humedad media)	Rango humedad permitido (en %)
Sala	78,90%	Entre 40 y 70%*
Cocina	76,34%	Entre 40 y 70%*
Dormitorio	78,46%	Entre 40 y 70%*

La humedad promedio de toda la vivienda durante el día y la noche, son las siguientes: durante el día, desde las 6 am hasta las 18 pm, la humedad promedio es de 80.90%.

Mientras que en horas de la noche a partir de las 19 horas hasta la 5 am, el promedio de humedad es de 80.13 %.

La mayor concentración de humedad en esta vivienda se da durante el día, sin embargo existe una ligera variación con respecto a la humedad durante la noche. En esta vivienda la humedad promedio sobre pasa los niveles máximos permitidos en todas las áreas. Así tenemos los niveles de humedad por habitaciones:

En la sala.- el nivel máximo de humedad llega al 82.94 % a las 7 am, y el nivel más bajo es de 70.96% a las 14 horas

En la cocina.- el nivel máximo de humedad llega al 79.89 % a las 6 am, y el nivel más bajo es de 69.94 % a las 14 horas

En habitación.- El nivel máximo de humedad llega al 80.90 % a las 00:00 am; y el nivel más bajo de 71.71% se registran a las 14 pm.

La humedad relativa de esta vivienda sobre pasa el límite máximo recomendado en todas las tres áreas de la vivienda; la zona con mayores problemas de humedad es la sala a pesar de que el resto de habitaciones no dista mucho.

En general los niveles de humedad estar cerca de sobrepasar el rango máximo permitido, en algunos casos sobrepasan llegando al 80%; las posibles causas pueden ser la baja ventilación de las habitaciones y la ausencia de pisos.

3.3.29 Análisis de la ventilación en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.

En las viviendas tradicionales en galluchaqui no se han incorporado sistemas que permitan la ventilación de los ambientes en especial la cocina. Se

En ciertas construcciones han optado por incorporar una especie de chimenea muy pequeña en la cubierta, ubicadas en dirección a la cocina de leña; esto con el objetivo de que el humo generado por las cocinas a leña se liberen por este espacio.

En las viviendas que no cuentan con chimeneas se han ingeniado soluciones poco técnicas como es mantener levantadas cierto número de tejas (solo tapas) abriendo así espacios para el humo de la cocina pueda desfogarse; sin embargo las viviendas siguen teniendo grandes problemas con el desfogue del humo, que en ocasiones se propaga desde la cocina hasta el resto de habitaciones.

Ciertas viviendas de galluchaqui que al tener una cimentación flotante permiten que aire entre y salga precisamente por los espacios que existen en la cimentación propiciando un intercambio de aire, esto cuando los pisos son de tabla ya que en la cimentación quedan espacios; pero cuando la vivienda no presenta pisos de madera; entonces en la cimentación no quedan vacíos, toda la cimentación es rellenada para evitar el paso de viento.

Analizando estos parámetros de se deduce que la ventilación en las viviendas es deficiente y los mecanismos incorporados no garantizan un adecuado intercambio de aire, más bien facilitan que el ambiente interior baje sus temperaturas.

(1) Se considera un ocupante por dormitorio individual y dos en los dobles. En comedores y salas de estar la suma de los ocupantes de todos los dormitorios de la vivienda.

(2) Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina según se explica más arriba (XII.2.4, 4º).

Tabla 27 Caudales de ventilación mínimos exigidos q_v en l/s .

Fuente: (Madrid, 2008)

Local	Por ocupante (l/s. per.)	Por m2 útil (l/s. m2)	En función de otros parámetros
Cocina		2	50 l/s por local (2)
Sala	3 (1)		
Dormitorio	5 (1)		

Tabla 29 Datos de ventilación obtenidas en la vivienda de la Sra. Martha Lozano. Fuente: Investigador

Zonas de Ventilación	Max	Min	Por ocupante (l/s. per.)	Por m2 útil (l/s. m2)	En función de otros parámetros
Cocina	0,2	0,09		2	50 l/s por local (2)
Dormitorio	0,3	0,1	5 (1)		
Sala	1	0,5	3 (1)		

Tabla 30 Datos de ventilación de la vivienda del Sr. Francisco Lozano

Zonas de Ventilación	Max	Min	Por ocupante (l/s. per.)	Por m2 útil (l/s. m2)	En función de otros parámetros
Cocina	2	1,8		2	50 l/s por local (2)
Dormitorio	4	2,6	5 (1)		
Sala	2,3	2	3 (1)		

Tabla 28 Datos de ventilación de la vivienda del Sr. Manuel A. Guamán

Zonas de Ventilación	Max	Min	Por ocupante (l/s. per.)	Por m2 útil (l/s. m2)	En función de otros parámetros
Cocina	1,3	0,5		2	50 l/s por local (2)
Dormitorio	2	1,8	5 (1)		
Sala	0,5	0	3 (1)		

(3) Puede ser intermitente mandada por un detector de CO2(Madrid, 2008)

En los siguientes cuadros se hace una relación entre los datos obtenidos luego de las mediciones en cada una de las viviendas y rangos propuestos por el código técnico de la edificación, en el cual se detalla los caudales mínimos de ventilación requeridos en distintas zonas de la vivienda, si se desea obtener una vivienda saludable y confortable.

Vivienda 1

En la vivienda de la Sra. Martha Lozano se obtuvieron los siguientes datos.

Vivienda 2

En la vivienda de la Sr. Francisco Lozano se obtuvieron los siguientes datos.

Vivienda 3

En la vivienda de la Sr. Manuel A. Guamán se obtuvieron los siguientes datos.

Análisis. En todas las viviendas la ventilación se produce por la puerta la cubierta generando espacios sobre ventilados.

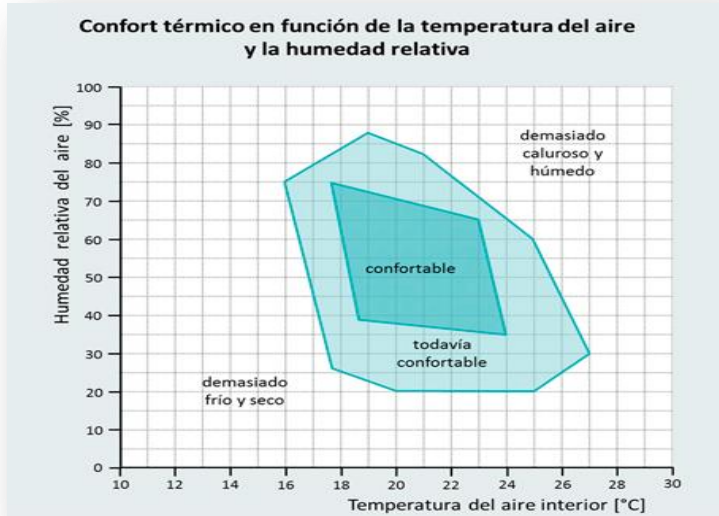


Fig. 210 confort térmico en función de la temperatura del aire y la humedad relativa. Fuente: (Blender, 2015)



Fig. 211 Espacios sin sellar, por donde se escapa el calor. Fuente: Investigador

3.3.30 Análisis de temperatura en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.

Para abordar este tema sobre la temperatura al interior de los ambientes, recopilamos datos de diferentes fuentes y contrastamos para un sustento más confiable de los datos obtenidos.

En primer lugar se investiga el valor de temperatura promedio exterior, que las instituciones como el INAMHI reporta mensualmente. Además los parámetros de confort recomendados por otras investigaciones.

La segunda fuente de información es la que se recolecta con los equipos de medición (Termómetros), colocados al interior de las viviendas analizadas.

La tercera fuente de análisis de datos es la que resulta de la modelación en estado actual de las viviendas en estudio, y sometidas a simulaciones en el programa de software “ECOTEC.”

3.3.31 Rangos de temperatura recomendados para lograr un confort térmico.

Varios son los autores quienes han realizado estudios a nivel mundial acerca del confort térmico, sin embargo estos estudios no engloban todas variables que intervienen en el los intercambios térmicos con el medio ambiente.

Hasta que en 1970, cuando Fanger presento su obra “Termal Confort” en la que incluye todas las variables que contribuyen a la sensación de confort térmico, estas variables son: Nivel de actividad, Características del vestido, temperatura seca, humedad relativa, temperatura radiante media, y velocidad del aire. (Vilella, 1983)

Desde entonces está demostrado que para alcanzar la sensación de confort en el hogar la temperatura óptima debe estar en torno a los 20° C. (Saludable, n.d.) “De acuerdo a la organización Mundial de la salud (OMS), la temperatura de confort o de equilibrio para el ser humano es de 20°C”. (Saludable, n.d.)

TEMPERATURA (°C)

Zonas /Provincias	2014.Nov. (t-12)	2015.Oct. (t-1)	2015.Nov. (t)	$\Delta t/t-12$	$\Delta t/t-1$
El Oro	24.70	25.50	25.75	4.25%	0.98%
Santa Rosa	25.00	25.60	26.30	5.20%	2.73%
Zaruma	24.40	25.40	25.20	3.28%	-0.79%
Loja	18.64	19.73	19.23	3.14%	-2.53%
Cariamanga	19.00	20.20	-	-	-
Celica	17.00	-	17.60	3.53%	-
La Argelia	17.60	17.70	18.20	3.41%	2.82%
La Toma Catamayo	24.30	25.00	25.20	3.70%	0.80%
Saraguro	15.30	16.00	15.90	-	-0.62%

Fuente: INAMHI

Fig. 212 Cuadro de temperaturas registradas en oct. y nov. 2015 Fuente: (INAMHI, 2015)

Por otra parte los rangos de confort lo analizan conjuntamente con la variable de humedad relativa, y se establece que desde los 17°C hasta los 24°C están en un rango de confort. Además establece un rango más amplio en la que las personas todavía estarían en confort, este rango va desde los 16°C hasta los 27°C. Ver. Fig. 208

3.3.32 Datos de temperaturas exteriores en el mes de noviembre del 2015.

El INIHAMI presento un reporte de las temperaturas registradas en noviembre del 2015 en la localidad de Saraguro, fecha en la que se realizaron las mediciones ambientales.

Registrando valores promedios de 16°C en Octubre y 15,90°C en Noviembre, fecha en que se tomaron los datos de temperatura en las diferente viviendas analizadas. Ver Fig.

3.3.33 Datos de temperaturas interiores obtenidas con equipos de medición en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui

Vivienda 1

La Vivienda se ubica en la comunidad de Ilincho a una altitud de 2800msnm y presentan los siguientes rangos de temperatura en sus dependencias.

Tabla 31 Temperatura promedio en vivienda de la Sra. Martha Lozano Fuente: Investigador.

Vivienda 1	Parroquia: Saraguro	Sector/ Comunidad: Ilincho
Zonas de Temperatura (°C) vivienda	de Temperatura (°C)	Temperatura promedio según Fanger
Sala	14.78	18 y 26
Cocina	12.95	18 y 26
Habitación	13.73	18 y 26



Fig. 213 Detalle de intersección entre plano de cubierta y plano de muro. Fuente: Investigador

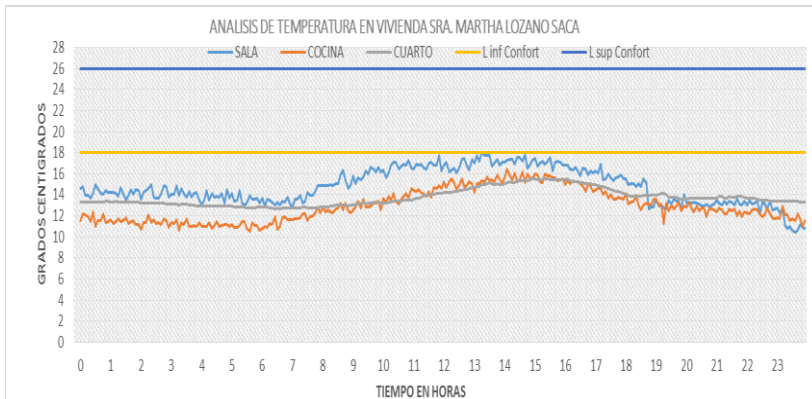


Fig. 214 Variación promedio de temperatura en un rango de 24 horas, datos tomados con equipos de medición Fuente Investigador

Vivienda 2

Datos de temperatura en la vivienda del señor Francisco Lozano, ubicada en la comunidad de Las Lagunas de la parroquia de Saraguro a una altura de 2450msnm presentan los siguientes rangos de temperatura en sus habitaciones.

Tabla 32 Temperaturas promedio en ambientes de vivienda del Sr. Francisco Lozano

Vivienda 2	Parroquia: Saraguro	Sector/ Comunidad: Lagunas
Zonas de Temperatura (°C) vivienda	de Temperatura (°C)	Temperatura promedio según método de Fanger
Sala	14.96	18 y 26
Cocina	16.82	18 y 26

Habitación 16.32 18 y 26

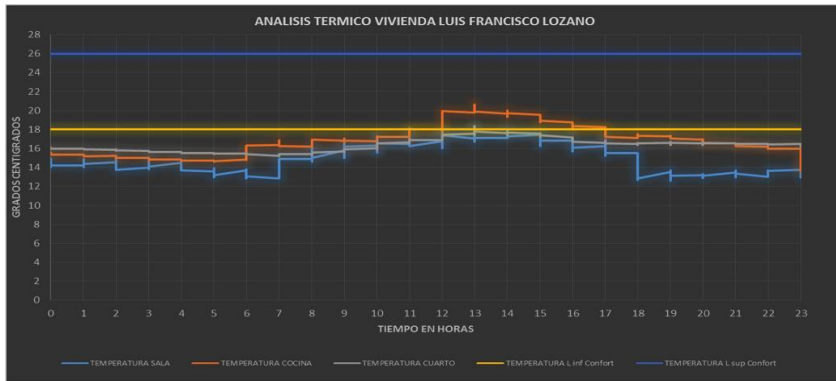


Fig. 215 Variación de temperatura en un rango de 24 horas. Fuente: Investigador

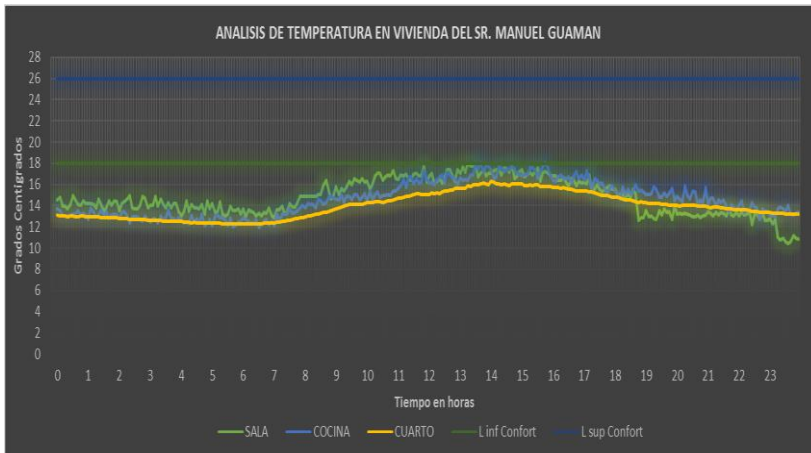


Fig. 216 Variación de temperatura interior en un rango de 24 horas Fuente: Investigador

En esta vivienda hay un incremento de temperatura, en relación a la vivienda 1 y vivienda 3, esto suponemos se debe al emplazamiento, y al sellado que tiene entre el muro y la cubierta.

Vivienda 3

Vivienda ubicada en la comunidad de Pichic de la parroquia de San Lucas a una altitud de 2556 msnm y presentan los siguientes rangos de temperatura en sus habitaciones.

En la vivienda de la Sr. Manuel A. Guamán se obtuvieron los siguientes datos:

Vivienda 3	Parroquia:	San Lucas	Sector/ Comunidad:	Pichic
Zonas vivienda	de Temperatura(°C)		Temperatura promedio método Fanger	de
Sala	14.78		18 y 26	
Cocina	14.62		18 y 26	
Habitación	13.93		18 y 26	

Tabla 33 Valores de temperatura promedio al interior de la vivienda. Fuente: Investigador



Fig. 219 Detalle equipo instalado en sala. Fuente: Investigador



Fig. 218 Detalle de entramado de cubierta. Fuente: Investigador



Fig. 217 Vista interior de detalle de cubierta. Fuente: Investigador

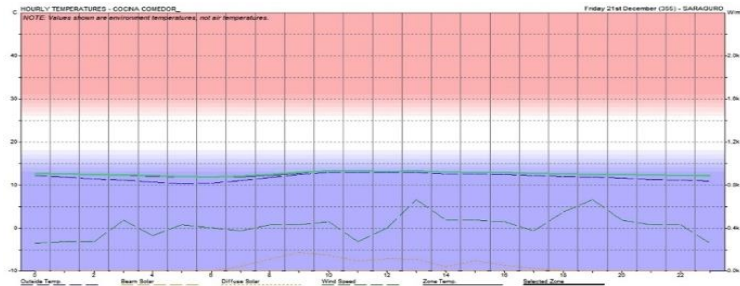


Fig. 221 Datos de simulación de temperatura en cocina. Fuente: Investigador

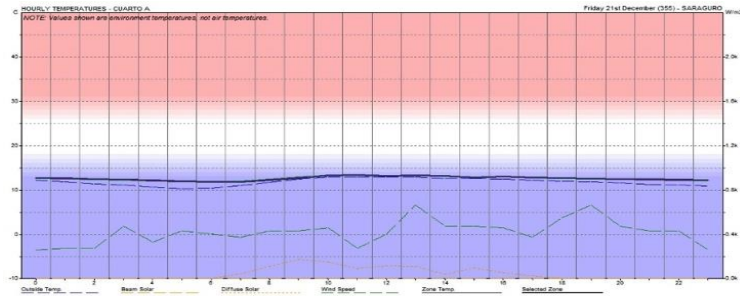


Fig. 222 Datos de simulación de temperatura en sala. Fuente Investigador

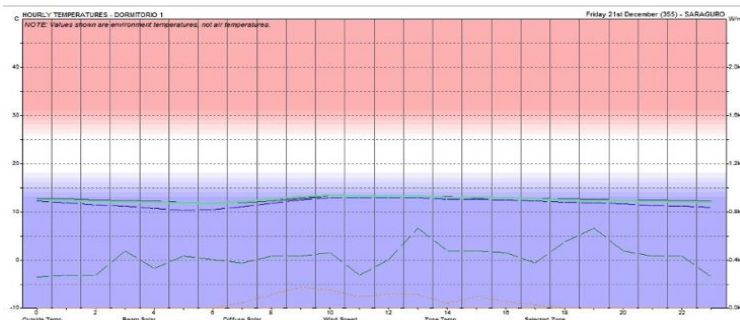


Fig. 220 Datos de simulación de temperatura en habitación. Fuente: Investigador

3.3.34 Datos de temperatura de los ambientes en estado actual, obtenidos por simulación en software ECOTEC.

Vivienda 1 Sra Martha Lozano Saca.

Al realizar un análisis de las temperaturas por habitaciones se puede verificar que:

La Cocina, (Fig. 219) la temperatura está por debajo de lo requerido por las normas de confort. Pues se observa que durante el día existe un promedio general de 12.95°C; con variaciones de 15.03 y 16.43°C desde las 13:00 hasta las 14:00 pm; en la mañana entre las 5:00 y las 6:am, la temperatura oscila entre 10.61 y 11.86 ° C, siendo estas las temperaturas más bajas durante el día. En la noche la temperatura promedio es 10.64°C; a partir de las 23:00 hasta las 5:00 horas de la mañana la temperatura se mantiene entre los 10 y 12 ° C.

De los datos obtenidos en las simulaciones las mayores temperaturas se registran entre las 10:00 y 12:00 am, del día y las más bajas entre las 5:00 y 6:00 am de la mañana. Se puede apreciar además que el rango de temperatura esta entre los 10 y 15°C. Estos datos se asemejan a los datos obtenidos en las mediciones realizadas.

En la sala, (Fig. 220) el horario más caluroso está en el lapso comprendido entre las 13:00 y 14:00 horas, donde las temperaturas oscilas entre los 17 y 18 ° C y el periodo más frio es a las 23:00 horas donde la temperatura oscila entre los 10 y 12 ° C.

En las simulaciones se registran datos similares donde el horario con mayor temperatura se da al medio día y las temperaturas más bajas entre las 5 y 7 de la mañana.

En la habitación, (Fig. 221) el nivel de calor asciende hasta los 15.42°C a las 14:00 horas. En el periodo comprendido entre las 13:00 y 16:00 horas se registran las temperaturas más altas. Durante la noche la temperatura oscila entre 13 y 14 ° C y las variaciones son mínimas.

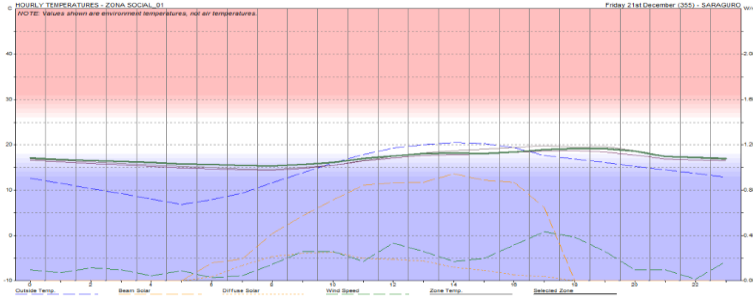


Fig. 225 Datos de simulación de temperatura en sala

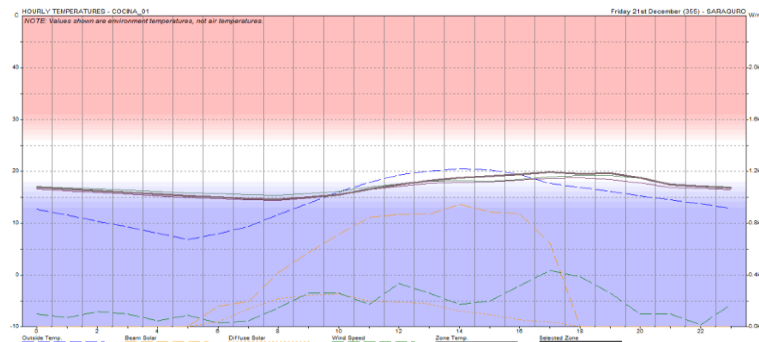


Fig. 223 Datos de simulación de temperatura en cocina. Fuente Investigador

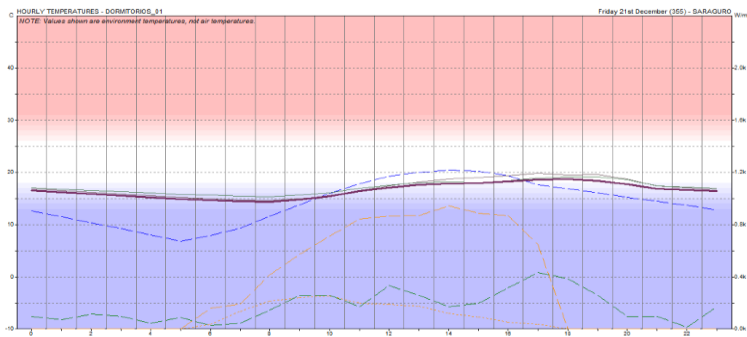


Fig. 224 Datos de simulación de temperatura en habitación. Fuente: Investigador

Con estos datos obtenidos y analizando los datos de las simulaciones realizadas se puede corroborar que los niveles de temperatura en esta habitación están entre 10 y 15°C.

En esta vivienda es donde se registra las temperaturas más bajas, producto de las deficiencias que presenta esta construcción, en particular, como son: ausencia de pisos de madera en la sala y cocina, espacios vacíos entre muro y cubierta, ausencia de cielo raso, presencia de humedad en cimentaciones, vanos de ventanas selladas con fundas plásticas, entre otras causas.

Vivienda 2 Sr. Francisco Lozano

Al realizar un análisis de las temperaturas por habitaciones se observa lo siguiente.

La **sala**, (Fig. 222) es el área con menor Temperatura promedio registrada con 14.96 ° C.

En este espacio durante el día la temperatura se incrementa y oscila entre 16 y 17 ° C desde las 11:00 am, hasta las 18:00 pm, en la noche la temperatura oscila entre los 13 y 14 ° C; tanto en el día como en la noche las variaciones no son tan notorias. Los registros de las simulaciones arrojan datos similares a las mediciones, registrándose las temperaturas más bajas en la mañana y temperaturas altas durante el mediodía y la tarde

En la cocina, (Fig. 223) el horario más caluroso está en el lapso comprendido entre las 11:00 am y 16:00 pm, donde las temperaturas oscilan entre los 18 y 20°C; el resto del día las temperaturas van desde los 16 hasta los 18°C. Durante la noche la temperatura oscila entre los 13 y 15 ° C, la hora más fría está entre las 23:00 pm y 1:00 am.

En las simulaciones se registran datos similares a los arrojados por los equipos de medición; donde la vivienda entre las 12:00 am y 20:00 pm está dentro de los rangos de confort recomendados; en la madrugada y la mañana la temperatura desciende hasta los 15 °C.

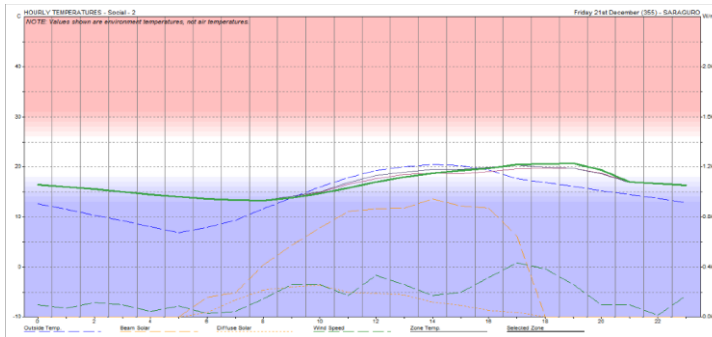


Fig. 226 Datos de simulación temperatura en sala. Fuente: Investigador.

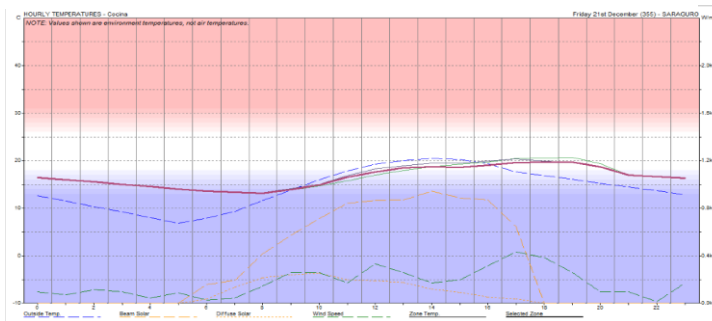


Fig. 227 Datos de simulación temperatura en cocina. Fuente: Investigador.

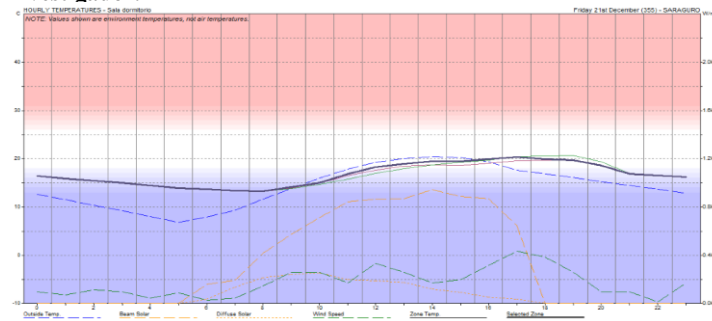


Fig. 228 Datos de simulación temporalidad en habitación. Fuente: Investigador.

En la habitación, (Fig. 224) el nivel de calor oscila entre los 16 y 18°C desde las 10:00 am hasta las 23:00 pm; en horas de la madrugada las temperaturas descienden hasta los 15°C por el lapso comprendido entre la 1:00 am y 9:00 am. Estos datos coinciden con los datos obtenidos en las simulaciones donde las temperaturas oscilan entre 15 y 20°C

Vivienda 3 Sr. Manuel Antonio Guamán.

Esta vivienda presenta serios problemas en su temperatura pues en ninguna de las áreas de la vivienda se acerca al límite mínimo de confort.

En la sala, (Fig. 225) el horario más caluroso es a las 12:00 am del día, donde la temperatura alcanza los 18°C, mientras que la hora más fría es a las 23:00 pm, donde la temperatura desciende hasta los 10.47°C. Simulación se aprecia que el horario más caluroso esta entre las 17:00 y 21:00 pm, donde las temperaturas sobrepasan los 20°C; y los promedios más bajos se registran a las 7:00 y 8:00 am, de la mañana

En la cocina, (Fig. 226) el nivel de calor asciende hasta los 18.05°C a las 13:00 pm; y el horario más frío va desde las 23:00 pm horas, hasta la 4:00 am donde la temperatura varía entre 13.46 y 12.10°C

Al someter a la vivienda a una simulación de temperatura para evaluar las condiciones físicas de la vivienda y corroborar con los datos obtenidos, se puede apreciar que en la cocina entre las 16 y 20 horas la temperatura se mantiene cerca de los 20°C y el horario más frío es a las 8 AM, donde la temperatura está por debajo de los 15 grados centígrados.

En la habitación, (Fig. 227) el nivel de calor asciende hasta los 16.31°C a las 13 horas; y el periodo más frío va desde la 0:00 horas las 6 AM donde la temperatura varía entre 12.98 y 12.245°C

En la simulación se aprecia que el horario más caluroso esta entre las 15 y 21 horas con una temperatura oscilante alrededor de los 20°C; y la más baja se da a las 7 y las 9 de la mañana. Al realizar el análisis de los datos obtenidos con las simulaciones realizadas de los ambientes de la vivienda se puede apreciar que los resultados distan mucho entre uno y

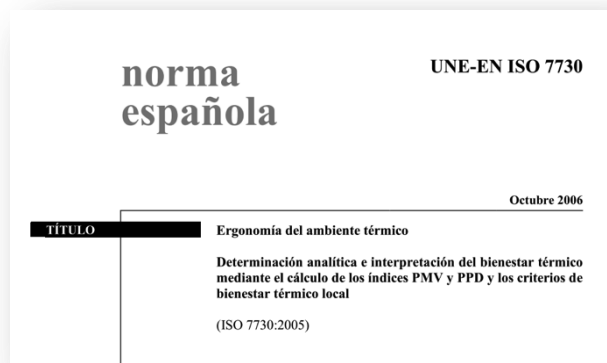


Fig. 229 Portada de la Norma ISO 7730. Fuente:(ISO7730, 2006)

otro; así por ejemplo en las simulaciones se registran que los periodos más calurosos se dan a partir de las 16 horas y se prolongan hasta 21 horas, dato que estaría alejado de la realidad, es evidente que en este horario la temperatura desciende. De igual forma en las simulaciones se registran que las temperaturas más bajas se dan a media mañana, lo cual no es del todo real generalmente entre las 7 y 8 de la mañana las temperaturas empiezan a incrementarse llegando a su punto máximo al medio día y parte de la tarde.

Análisis

Una vez observado y analizado los datos de las tres fuentes investigadas, identificamos una similitud entre los datos de las simulaciones y los datos tomados por los equipos con pequeñas variaciones en las simulaciones, esto debido a la dificultad de modelar con exactitud todas las deficiencias que se observaron en las casa.

Sin embargo existe una coherencia de datos entre las dos fuentes, mientras que con los datos del INAMHI surge una brecha de temperatura entre el interior y el exterior de $2,08^{\circ}\text{C}$.

Todas las viviendas de bahareque en galluchaqui analizadas tienen deficiencia en la temperaturas interior, siendo más críticos los descensos, especialmente entre la madrugada y la mañana. Los factores pueden ser varios, tales como: ausencia de cielo raso, espacios que hay entre teja y teja, vacíos en el perímetro superior de los muros y en el perímetro de la cimentación, la humedad en cimentación, ausencia de pisos, ventanas y puertas mal colocadas, etc.

Existe una particularidad con la vivienda de la señora Martha Lozano, de las construcciones analizadas esta es la que mayores deficiencias presenta a pesar de que esta es la que menos antigüedad tiene, y este no es un caso aislado, pues estas mismas deficiencias sufren las viviendas de adobe, de madera, ladrillo, incluso las de hormigón.

Finalmente estos datos son indicativos muy relevantes, de la deficiencia térmica que sufren estas viviendas y que necesitan una intervención en el aspecto de temperatura, y de esta forma alcanzar el confort térmico, mismo que varía de 18 y 26°C .

3.3.35 Confort térmico

Con esto se evidencia que las construcciones tradicionales, brindan mayor confort en su interior, a diferencia de otro tipo de construcciones. Según la norma ISO 7730 el confort térmico “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”(ISO7730, 2006)

Analizando estos aspectos se evidencia que el confort térmico de las viviendas está por debajo de los requerimientos, en lo referente a, temperatura y humedad.

Para determinar los niveles de confort térmico de viviendas construidas con materiales contemporáneos y con materiales ecológicos tradicionales, se tomaron datos referenciales sin el ánimo de profundizar en este tema.

Lo datos se tomaron en ambientes como oficinas construidas con ladrillo, con tierra y en el exterior de los edificios; las dos edificaciones están ubicadas a una misma altitud (2399 msnm), en el exterior: la humedad fue de 55, 5% y la temperatura oscilaba entre 20 y 21 °C; en la oficinas construidas con ladrillo las temperaturas fueron de 21,3 y 21,6 °C y la humedad de 55%. En las oficinas construidas en bahareque los datos fueron los siguientes: 22,8 y 22,6 °C; y la humedad de: 54,5% y 55%.

La vivienda de bahareque donde se tomaron las referencias, sus propietarios realizaron restauraciones y actualmente cuenta con todos los elementos constructivos, de ahí que los datos obtenidos están dentro de los rangos de confortabilidad establecidos.

Con estos registros y evidencias se deduce que existe la posibilidad de mejorar los aspectos físicos de una vivienda tradicional de Galluchaqui, pudiendo incluso incrementar el nivel de confort con relación a una vivienda construida con materiales contemporáneos.

3.3.36 Análisis del confort acústico en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui

En este aspecto las viviendas, al estar ubicadas fuera del área urbana del cantón Saraguro, todas las construcciones analizadas no presentan problemas en lo referente al ruido, pues todas se encuentran alejadas de ambientes ruidosos como: fábricas, centros de diversión, centros educativos, etc.

3.3.37 Análisis de la calidad de aire en las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui

Mantener un ambiente sano en el interior de las viviendas es primordial puesto que se está garantizando un hábitat donde el ocupante puede desarrollar sus actividades de forma cómoda y sin riegos.

La calidad del aire al interior de las viviendas tradicionales se encuentran cumpliendo con los parámetros de la normativa, sin embargo surgen inconvenientes al momento de no habitarlos porque en esos casos la falta de ventilación genera un acumulación de humedad por la transpiración natural de la tierra.

Según, Guardino X. “las sustancias emitidas en el interior tiene menos posibilidades de diluirse que las emitidas en el aire exterior debido a las diferencia en los volúmenes de aire”, así mismo sugiere realizar un análisis del ambiente exterior para determinar la contaminación que pueda proceder de ahí.

Las construcciones analizadas se encuentran dentro de las comunidades indígenas, alejados de las ciudades y por ende de la contaminación producida por vehículos, de procesos industriales, etc. El aire exterior no tendría focos de contaminación cercanas a las viviendas las cuales afectarían directamente a sus ocupantes.

La norma UNE-EN 15251, anexo B indica que los niveles de CO₂ deben estar por debajo de los 1000 ppm.

A continuación analizaremos la calidad de aire de cada una de las viviendas.

Vivienda 1

En la vivienda de la Sra. Martha Lozano Saca, se obtuvieron los siguientes datos de calidad de aire interior.

De lo que se puede apreciar en la Fig. 229 se observa que la cocina y la sala están por debajo de las 50 partículas de CO₂ por M³ de aire, y ese valor es constante durante las 24 horas, mientras que en la Habitación los valores son variables con picos altos en las noches y descensos entre las 7am y las 8 pm.

En esta vivienda se cocina en leña pero con los cambios constructivos se ha adaptado una chimenea para la cocina de leña, esto sin duda ayuda a ventilar de mejor manera y expulsar el humo.

Vivienda 2

En la vivienda de la Sr. Francisco Lozano se obtuvieron los siguientes datos de calidad de aire interior.

En la Fig. 230 se puede observar como las Partículas de Co₂ en el aire varían de acuerdo a la hora y al ambiente donde se realizan las mediciones.

En la cocina es donde se registran elevadas cantidades de Co₂ esto se debe seguramente a la costumbre de cocinar con leña, y sobre todo dejar encendido el fogón durante la noche como una manera de ganar temperatura en los ambientes contiguos.

Así mismos en la habitación se registran niveles sobre las 200 ppm₃ en las noches, y madrugadas. Mientras que en la sala es más uniforme este valor durante las 24 horas del día.

Vivienda 3

En la vivienda de la Sr. Manuel A. Guamán se obtuvieron los siguientes datos al aire interior de la vivienda.

En la vivienda del sr, Manuel Guamán se observa que las partículas de Co₂ tiene un comportamiento casi uniforme a lo largo de las 24 horas, con algunas variaciones en la cocina entre las 7 am y las 9pm.

Sin embargo el nivel de Co₂ en la cocina no supera los 160ppm₃ estando muy debajo de los niveles permitidos por la norma.

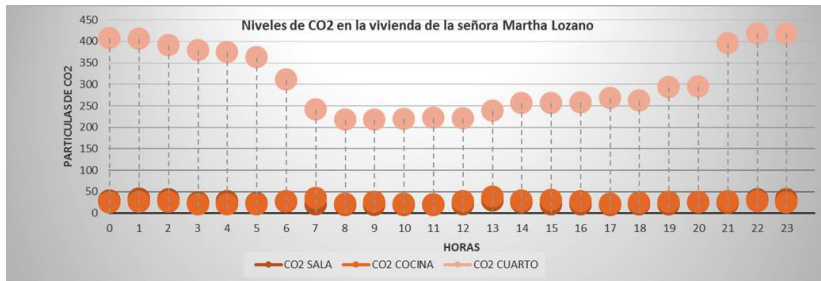


Fig. 231 Variación de cantidad de Co₂ en el interior de la vivienda. Fuente: Investigador

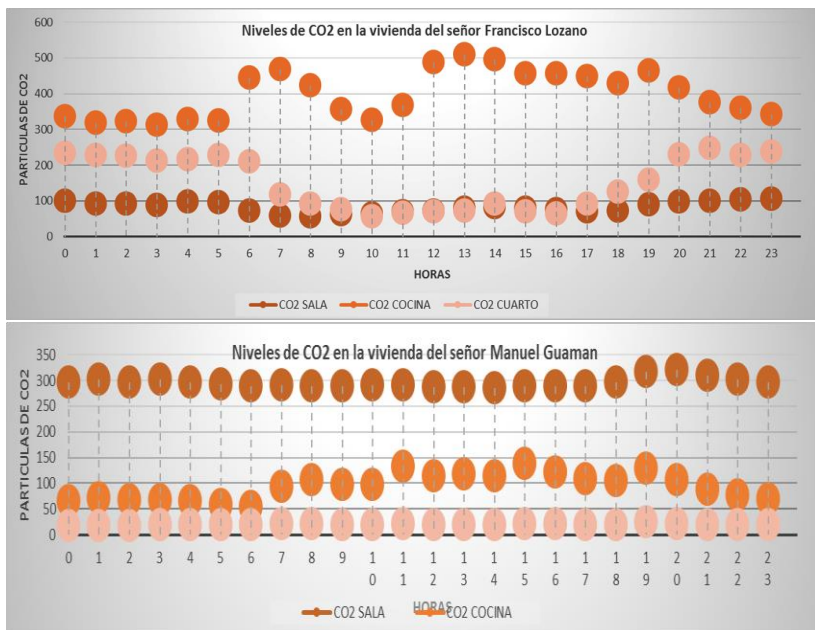


Fig. 232 Variación de cantidad de Co₂ en el interior de la vivienda. Fuente: Investigador

Esto seguramente se debe a la altura que se encuentra la cubierta, que a pesar de tener la costumbre de cocinar en leña esta no supera los límites permitido de Co₂.

Sin embargo en la sala espacio donde acostumbran a dormir los dueños de la vivienda, el nivel de Co₂ tiene una valor constante de 300ppm₃ de Co₂.

Es pertinente destacar que los niveles de Co₂ se incrementan considerablemente en la habitación con respecto a los otros ambientes, en los dos casos.

Los niveles de Co₂ ppm₃ cumplen satisfactoriamente con las normativas establecidas.

A pesar de estos datos si se puede establecer que se debería realizar estudios más profundos sobre este tema, sobre todo en la cocinas ya que durante el proceso de investigación se evidencio visualmente como el humo es un elemento perjudicial y molesto para el habitante.



CAPÍTULO 4

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO
TECNOLÓGICO EN LOS FACTORES FÍSICOS Y
MECÁNICOS EN LAS VIVIENDAS
CONSTRUIDAS CON BAHAREQUE DE
GALLUCHAQUI**

4 PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TECNOLÓGICO EN LOS FACTORES MECÁNICOS Y FÍSICOS EN LAS VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON BAHAREQUE DE GALLUCHAQUI.

4.1 ANTECEDENTE

El presente capítulo hace referencia a las diferentes alternativas de mejoramiento al sistema constructivo, los mismos que fueron analizadas, comparadas con la bibliografía investigada, y algunas como el relleno y los revestimientos experimentadas en campo con diferentes materiales.

Mientras que otras mejoras fueron sometidos a simulación en un software “ECOTEC” para verificar las propuesta de mejoramiento físico ambiental.

Estos experimentos a pequeña escala dan una idea clara de las soluciones más adecuadas y coherentes al medio en el que se emplazan las viviendas.

4.2 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO TECNOLÓGICO EN LOS FACTORES MECANICOS

4.2.1 Mejoras mecánicas en cimentaciones

Luego de un análisis y conocimiento de los diferentes tipos de cimientos utilizados por el sistema constructivo Bahareque de Galluchaqui, se puede identificar que los mismos son eficiente en algunos casos, al estar asociados con una buena capacidad portante del suelo.

Sin embargo estos es necesario mejorar el dimensionamiento de los elementos y el correcto uso de nuevos materiales que van incorporándose al sistema, y así cumplir con las normativas de construcción .

Por otro lado un cambio radical en la forma de construir los cimientos, puede desvirtuar esta técnica, por tanto se plantea prácticas sencillas y conocidas, validadas por la experiencia.



Fig. 233 Perspectiva.
Fuente: Investigador

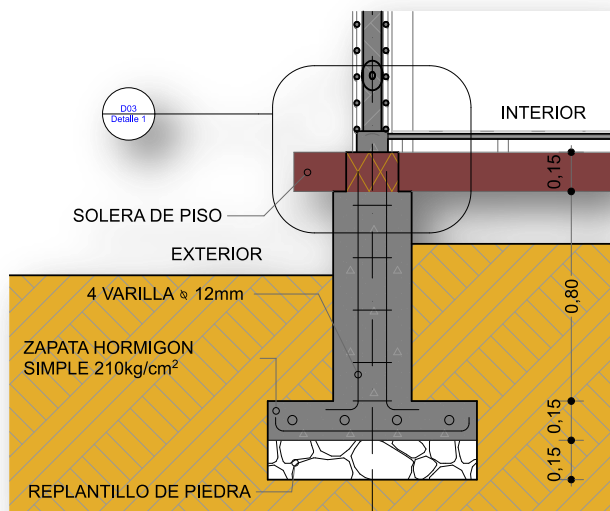


Fig. 235 Corte plinto
Fuente: Investigador

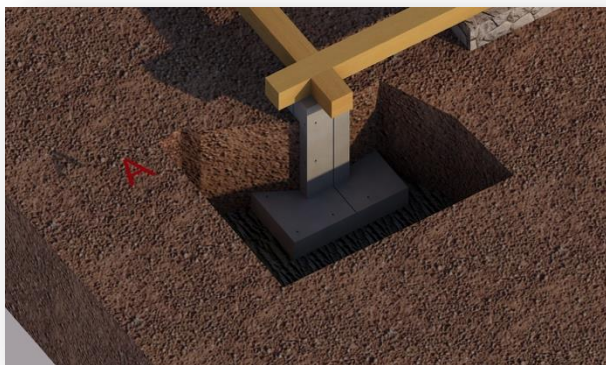


Fig. 234 Detalles de plinto de hormigón
Fuente: Investigador

4.2.2 Cimientos y sobre cimientos

Se plantean varias propuestas de mejoramiento, las mismas que serán escogidas en función de la ubicación del proyecto, de la topografía, y de los materiales existentes en el medio.

4.2.3 Propuesta N 1. Plintos

Se propone un cambio de la cimentación tipo pilotes con piedra suelta, y simplemente apoyada, por plintos de hormigón armado de 25 X 25 cm, anclados al suelo y a la solera inferior. Ver Fig. 232 y 233

Se usara este elemento en todas las columnas esquineras y columnas intermedias.

Se considera a las cimentaciones aisladas con zapata como una alternativa de cimentación en zonas de topografía plana, con un ancho mínimo en su base de 80cm y 20cm de espesor, de donde arranca un cuellos de columna de 80cm aproximada de altura y sección de 25cmX25cm.

Se reforzara con 4 varillas de 12mm, y estribos de 8mm @ 20cm, en el extremo superior una varilla de 14mm que servirá de anclaje entre el plinto y la solera de piso.

Los espacios dejados entre los plintos se rellenan con una mampostería de ladrillo portante, con perforaciones verticales para reforzarlos con varillas de $e=10\text{mm} @ 50\text{cm}$. Se debe considerar que esta mampostería no debe unirse al plinto, para que el plinto reaccione de una mejor manera frente a un sismo.

El espacio entre el plinto y la mampostería debe tener un ancho mínimo de 50cm para la ventilación de la vigas de piso.

Este mismo método de reforzamiento se utilizara para las vigas de piso, para mejorar la rigidez del sobre piso.

Finalmente dependiendo del tamaño de la estructura se recomienda la necesidad de un diseño estructural.

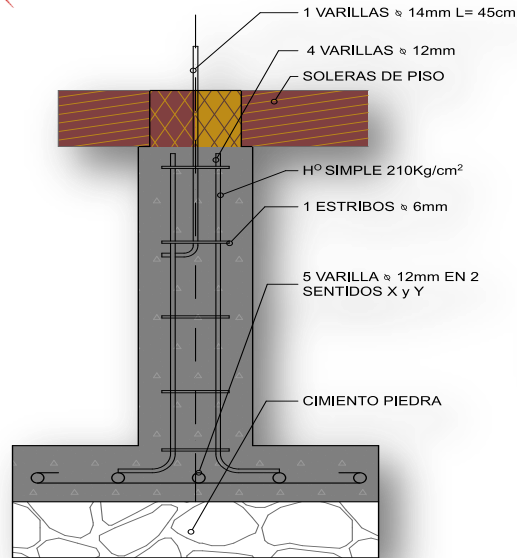


Fig. 236 Corte de plinto tipo
Fuente: Investigador

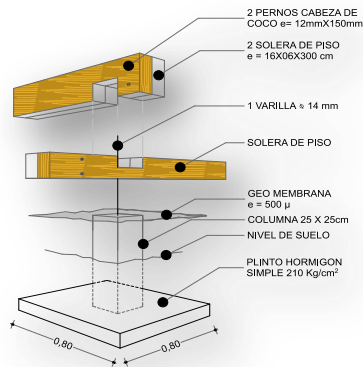


Fig. 237 AXONOMETRIA DE PLINTO
Fuente: Investigador

4.2.4 Propuesta N 2. Cimientos de piedra

Otra alternativa es la cimentación con hormigón ciclópeo, con ancho mínimo de 30cm y altura de 50cm, formando una especie de anillos.

Para el cimiento se realizara una excavación de 30 cm de ancho X 30 cm de profundidad, quedando la parte superior sobre el nivel de suelo unos 20cm.

Se refuerza con varillas de 12mm @ 50cm para anclar la solera de piso al cimiento de hormigón ciclópeo.

Este cimiento debe presentar una abertura de 50cmX20cm al centro de cada tramo o anillo, esta abertura servirá para la ventilación de las vigas de piso, y en algunos casos para poder pasar instalaciones sanitarias y dar un mantenimiento adecuado. Fig. 240

En el cimiento a 10 cm de altura, debe quedar embebida una esterilla de amarre de 20cm de ancho por todo el perímetro, formando anillos igual que el cimiento. Fig. 241

Desde este nivel salen los anclajes de la solera inferior. La esterilla se conforma de 2 varillas de 12mm y ganchos de 6mm @ 20cm.

4.2.5 Propuesta N 3. Cimentación mixta base de hormigón con pilotes de madera arriostrada.

Este tipo de cimentaciones serán de gran utilidad en zonas de gran pendiente, donde realizar un corte al suelo se consideraría costoso.

Este tipo de cimentación se conforma con bases de hormigón armado tipo zapata, y columnas de madera hasta llegar al nivel de solera de piso, se omite el uso de la piedra como elemento de cimiento.

Las columnas de madera serán cuadradas de 14cm X 14cm de sección empalmadas con la solera por medio de un empalme de caja y espiga. con una longitud máxima de 2,50m, para evitar deformaciones por esbeltez.

Se realiza un anclaje entre el plinto y columna de madera, mediante un empalme con estribo metálico, y colocamos un elemento de arriostramiento.

Se recomienda este tipo de cimentación únicamente para viviendas de una planta.

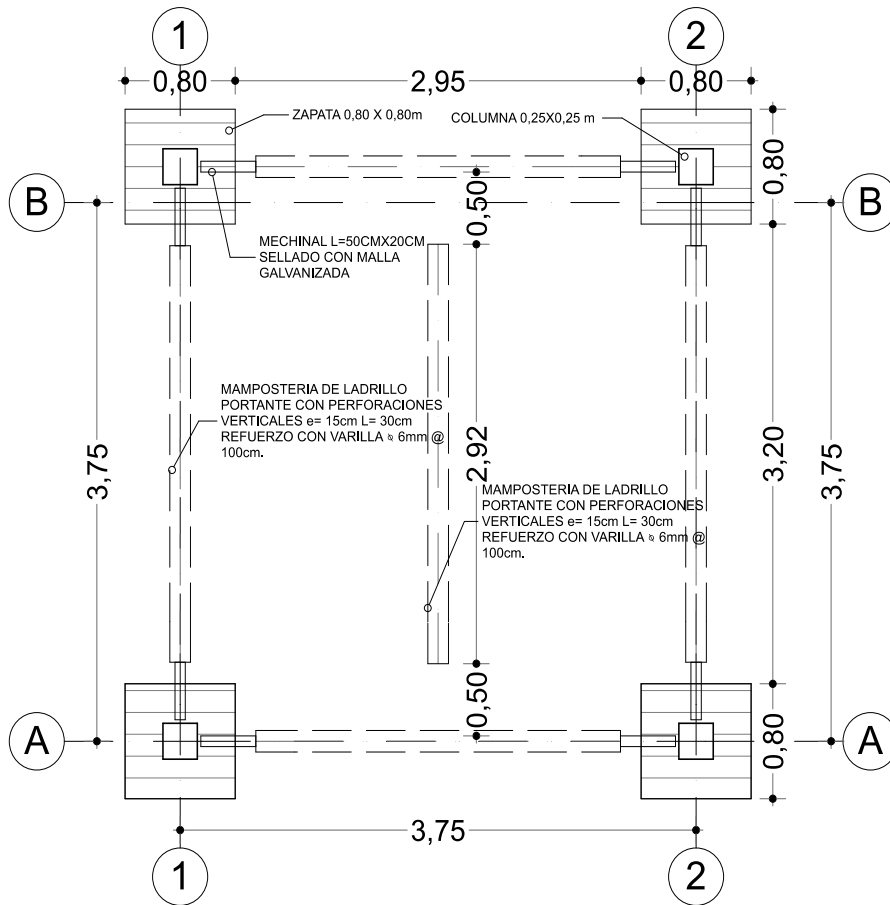


Fig. 238 PLANTA DE CIMENTACION PROPUESTA
Fuente: Investigador

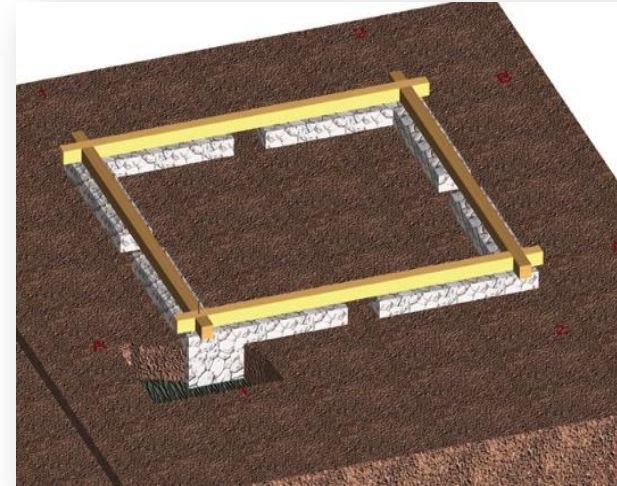


Fig. 239 AXONOMETRIA DE CIMENTACION
Fuente: Investigador

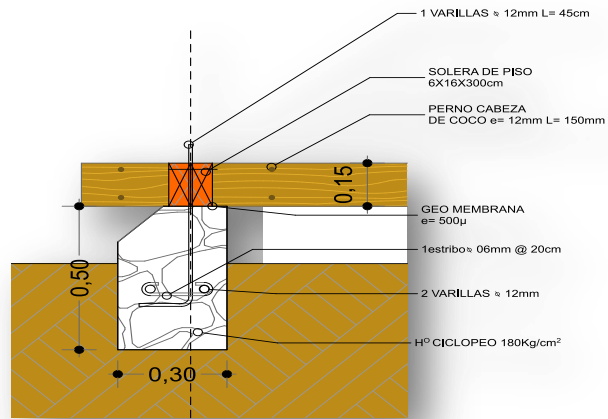


Fig. 241 DETALLE DE CIMENTO DE Hº CICLOPIO
Fuente: Investigador

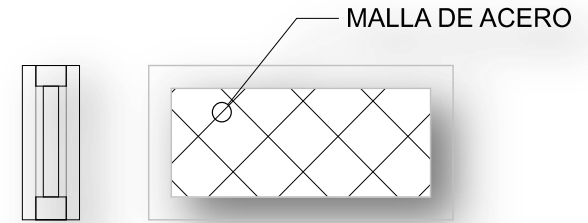


Fig. 240 VISTA FRONTAL Y LATERAL DE MECHINAL

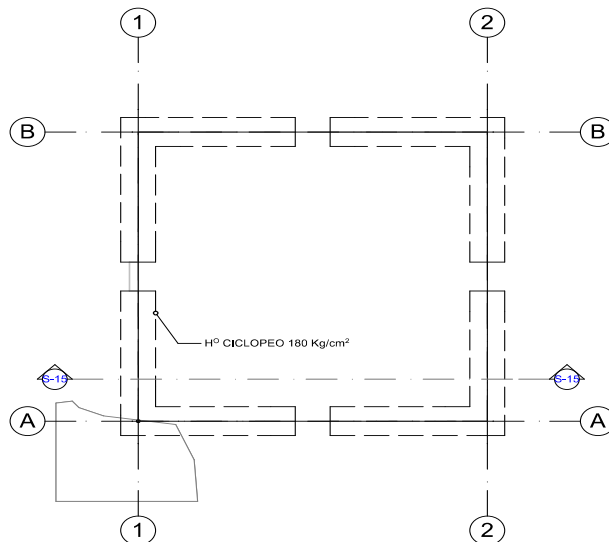


Fig. 243 PLANTA DE CIMENTACION Hº CICLOPIO
Fuente: Investigador

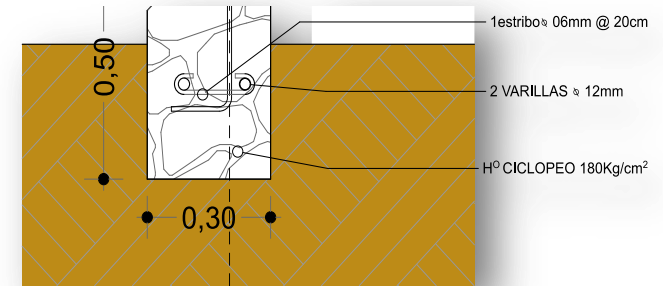


Fig. 242 DETALE DE CIMENTO DE H CICLOPIO



Fig. 246 PERSPECTIVA DE CIMIENTO CON PILOTES DE MADERA

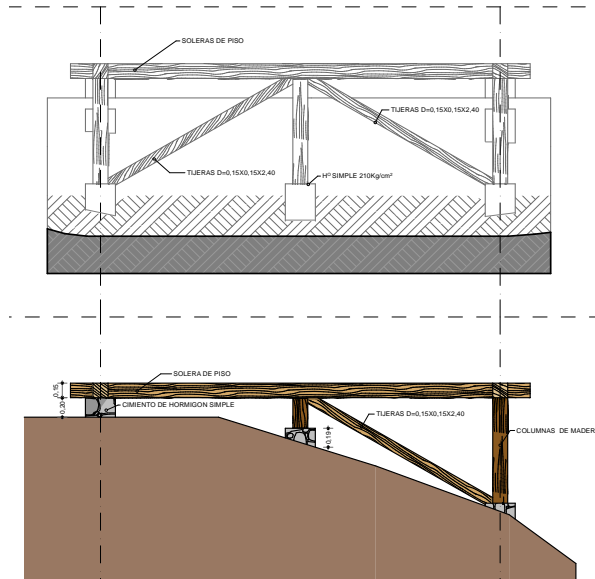


Fig. 245 VISTAS LATERALES DE CIMIENTO MIXTO

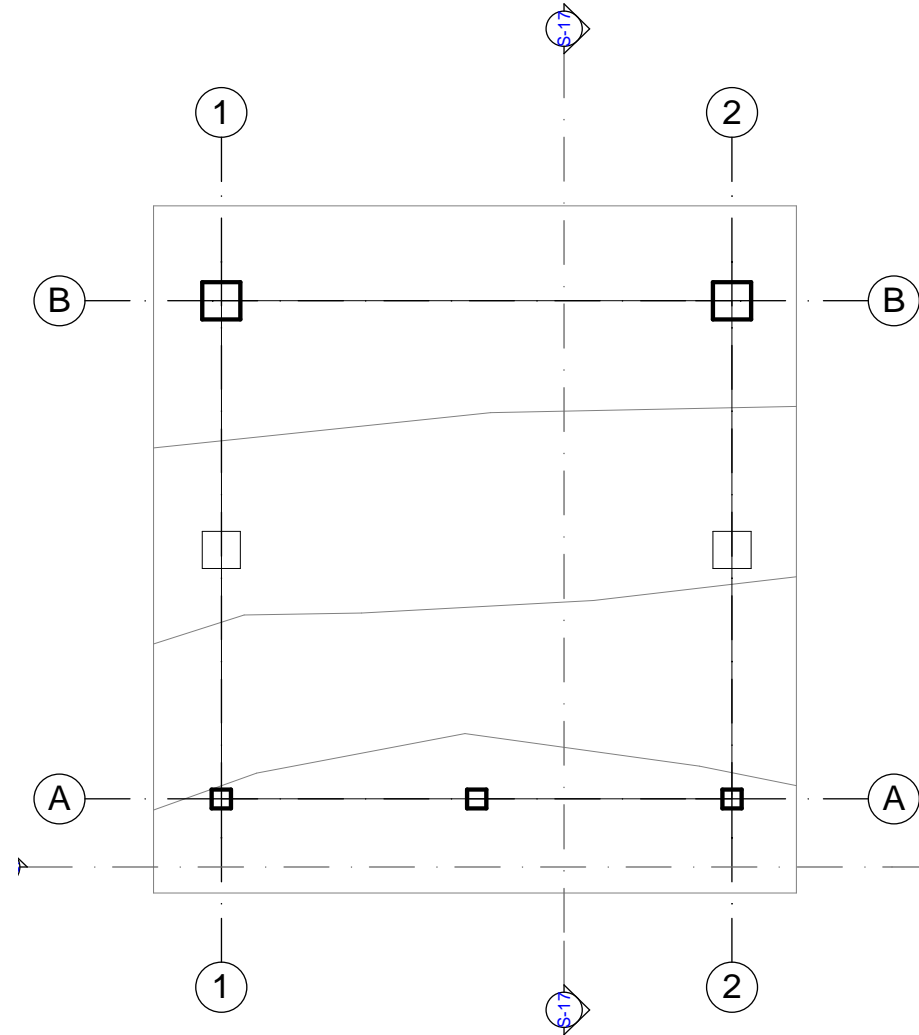


Fig. 244 PLANTA DE CIMENTACION PROPUESTA TIPO 3

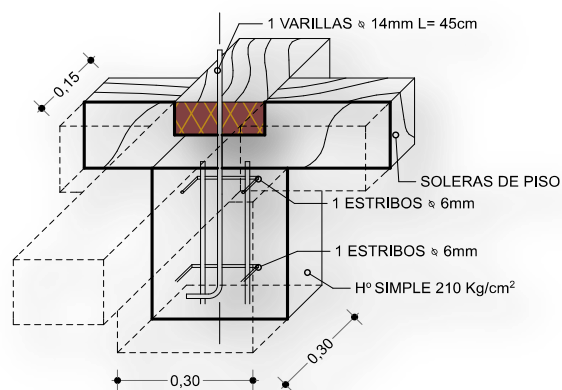


Fig. 247 VARILLA ENVEBIDA EN CIMENTO

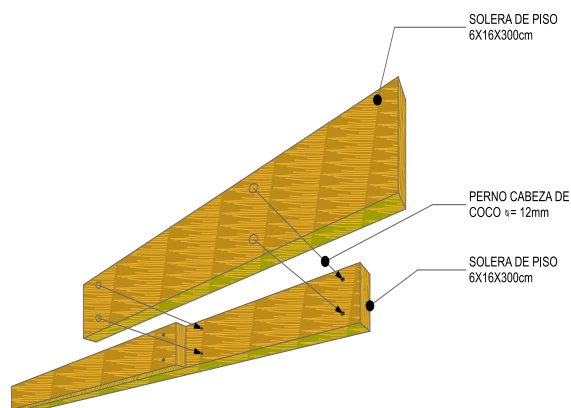


Fig. 248 DETALLE DE ANCLAJE DE SOLERAS.

4.2.6 Solera inferior.

Para el armado de solera se recomienda el anclaje con varilla de 12mm que esta embebida en los plintos, o cemento de hormigón. Fig.

La forma de la sección de las soleras inferiores serán 2 soleras paralelas de forma rectangular, con dimensiones de 6cm X 15cm X 300cm, ensamblados en obra en tres partes con 2 pernos de 12mm espesor y con un traslape de mínimo 50cm.

En los encuentros en "L" se realizara un empalme a media madera, dejando el extremo libre una longitud mínima de 20cm, y máximo 25cm.

En los encuentros en "T" y en "cruz" se usa el mismos tipo de empáleme a media madera, y siempre debe sobre poner la solera interior sobre la exterior, esto por facilidad constructiva.

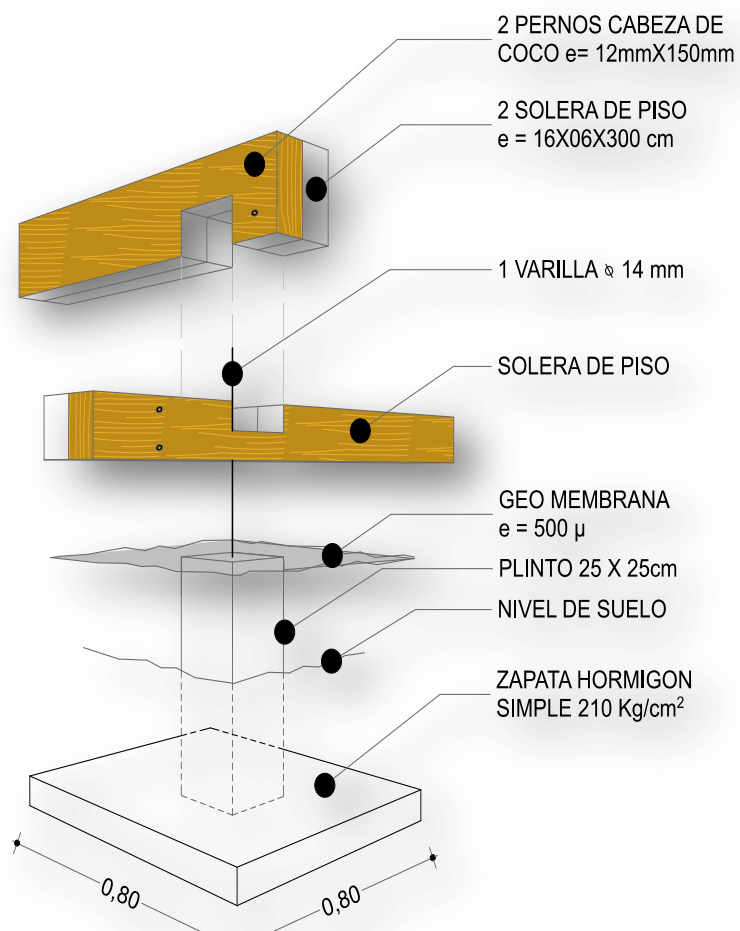


Fig. . 249 DETALLE DE ZAPATA Y EMPALME CON SOLERA INFERIOR

El área de contacto entre los plintos y la solera, así como también entre solera y cimiento de piedra deberán estar aislados con un geo membrana de 500 micras.



Fig. 250 PERSPECTIVA DE ANCLAJE DE VIGAS DE PISO

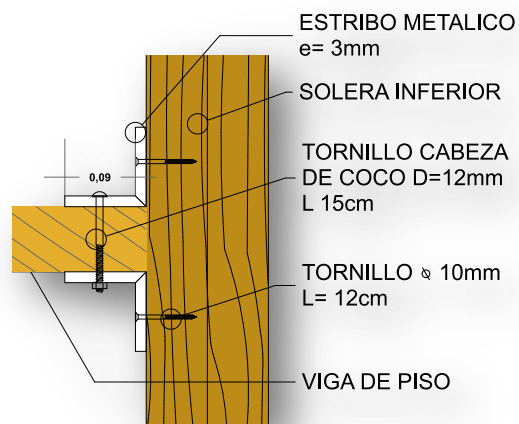


Fig. 251 ANCLAJE DE VIGAS Y SOLERAS

4.2.7 Mejoras mecánicas vigas de pisos.

No presenta problemas significativos más que de mantenimiento, sin embargo si se puede apreciar la falta de algunos elementos como pisos de madera, que puede ayudar a mejorar el acabado final de la vivienda.

Aquí presentaremos una alternativa para la construcción de vigas de piso y revestimientos.

Se usara unas vigas de 12cmX8cm de sección, para unirlos al mismo nivel con las soleras inferiores usamos un estribo metálico anclado con pernos y tornillos. Fig. 250 251

Se propone el uso de láminas de corcho de 3mm de espesor para el aislamiento térmico.

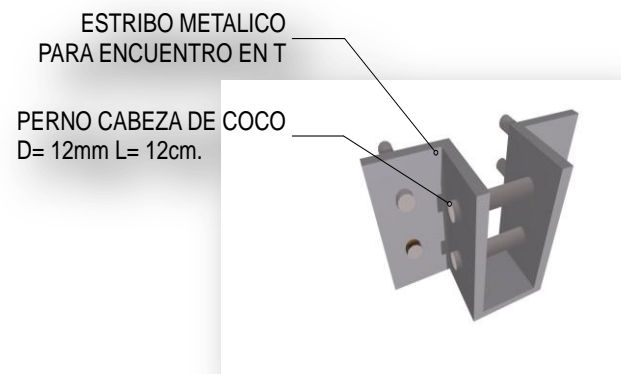


Fig. 252 DETALLE DE ESTRIBO METALICO

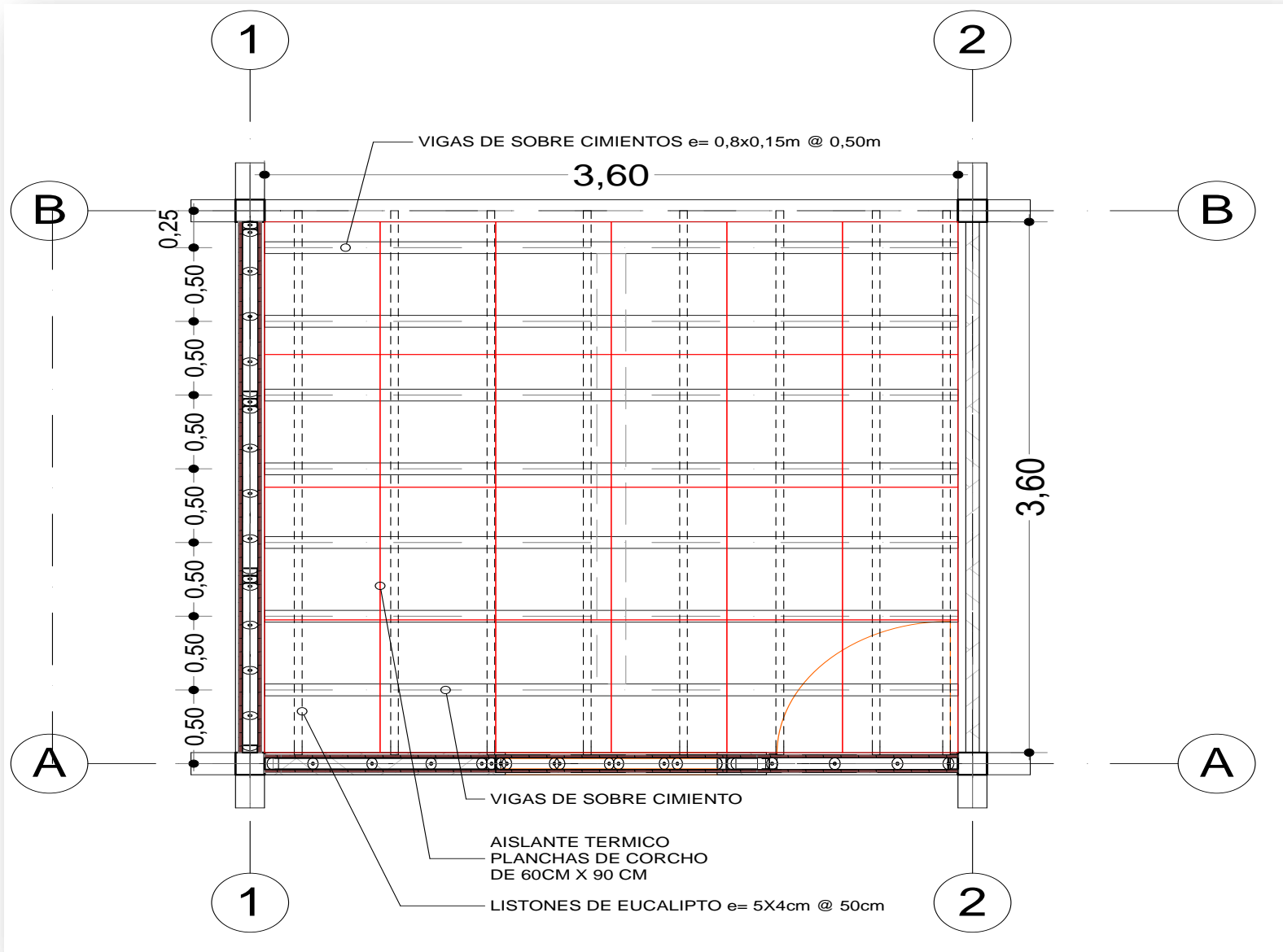


Fig. 253 PLANTA DE ENVIGADO Y AISLANTE TERMICO

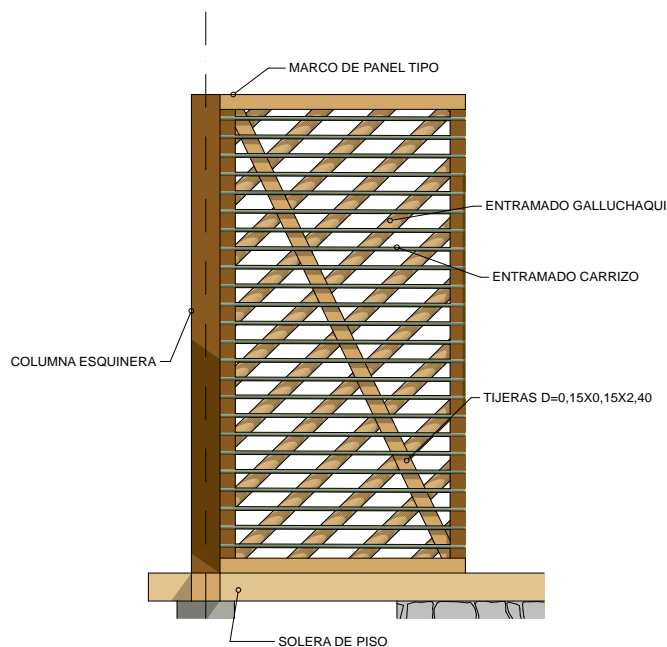


Fig. 254 PANEL TIPO SOBRE SOLERA



Fig. 255 TIPOS DE PANELES PROPUESTOS

4.2.8 Mejoras mecánicas en paredes

Las deficiencias encontradas en las paredes son consecuencia de una deficiente construcción del galluchaqui.

Por tanto se retoma esta técnica ya que garantiza su funcionalidad.

La durabilidad de la estructura es posible que tenga relación con el grado de fortaleza del relleno y recubrimiento.

Por tanto es importante dedicar investigaciones más profundas sobre temas de estructura relleno y recubrimientos. gran parte de esta investigación a mejorar esta parte del proceso constructivo.

La calidad de acabado final es asociado muy a menudo con los estratos sociales más bajos.

La estructura de las paredes de galluchaqui no presentan deficiencias en cuanto a su estructura. Sin embargo estas pueden fallar como consecuencia de un deficiente comportamiento del material de relleno.

Por otra parte la estructura de soporte se procede a modular para una mejor eficiencia de la misma. (Fig. 253)

4.2.9 Propuesta de estructura de soporte.

El estudio de la sismo resistencia indica lo importante que es la modulación de la estructura, en función de la misma se propone la elaboración de 3 tipos de paneles, modulados en dimensiones de 1,20 X 2,57m producto de una modulación en planta de acuerdo a los parámetros de normativa. Fig.254

Esta modulación responde a la relación con el tamaño de paneles prefabricados que existen en el mercado, y las recomendaciones normativas para viviendas de bahareque Fig.255

La modulación de paneles en tres tipos permite la flexibilidad en el proceso de diseño, y construcción. Ver Fig. 257

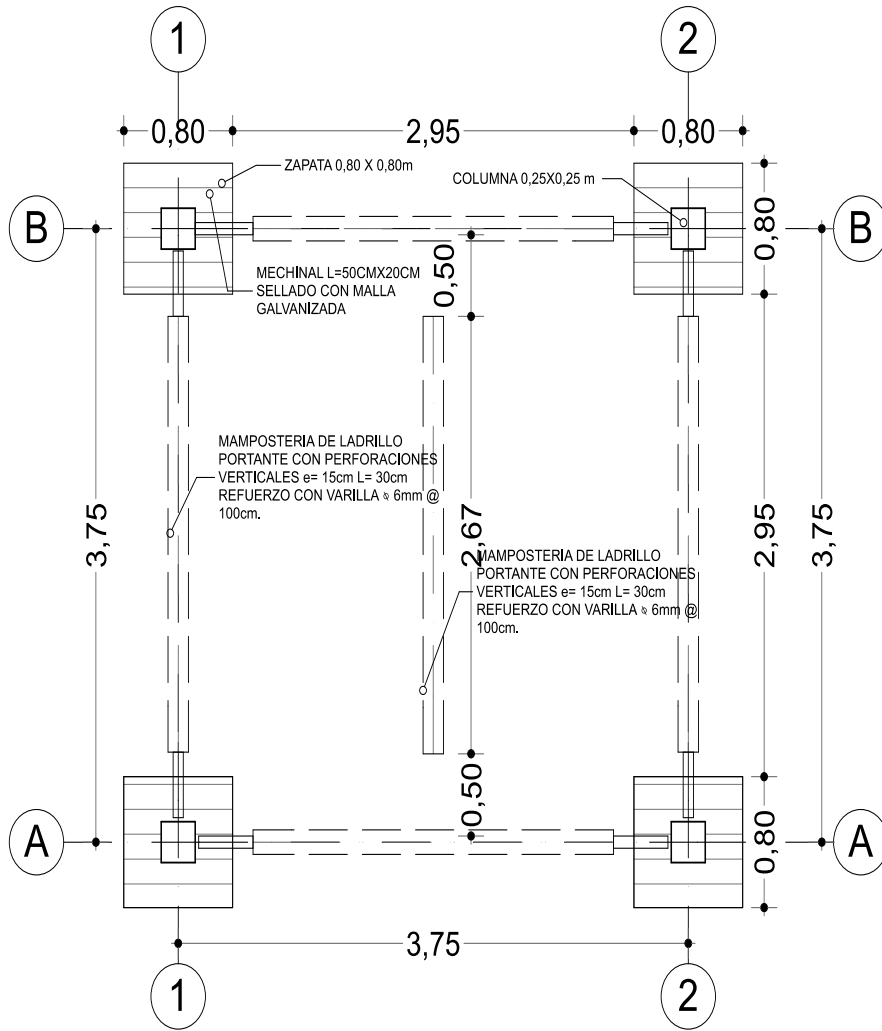


Fig. 256 PLANTA DE MODULO TIPO.



Fig. 257 PANELEL CON RELLENO Y RECUBRIMIENTO

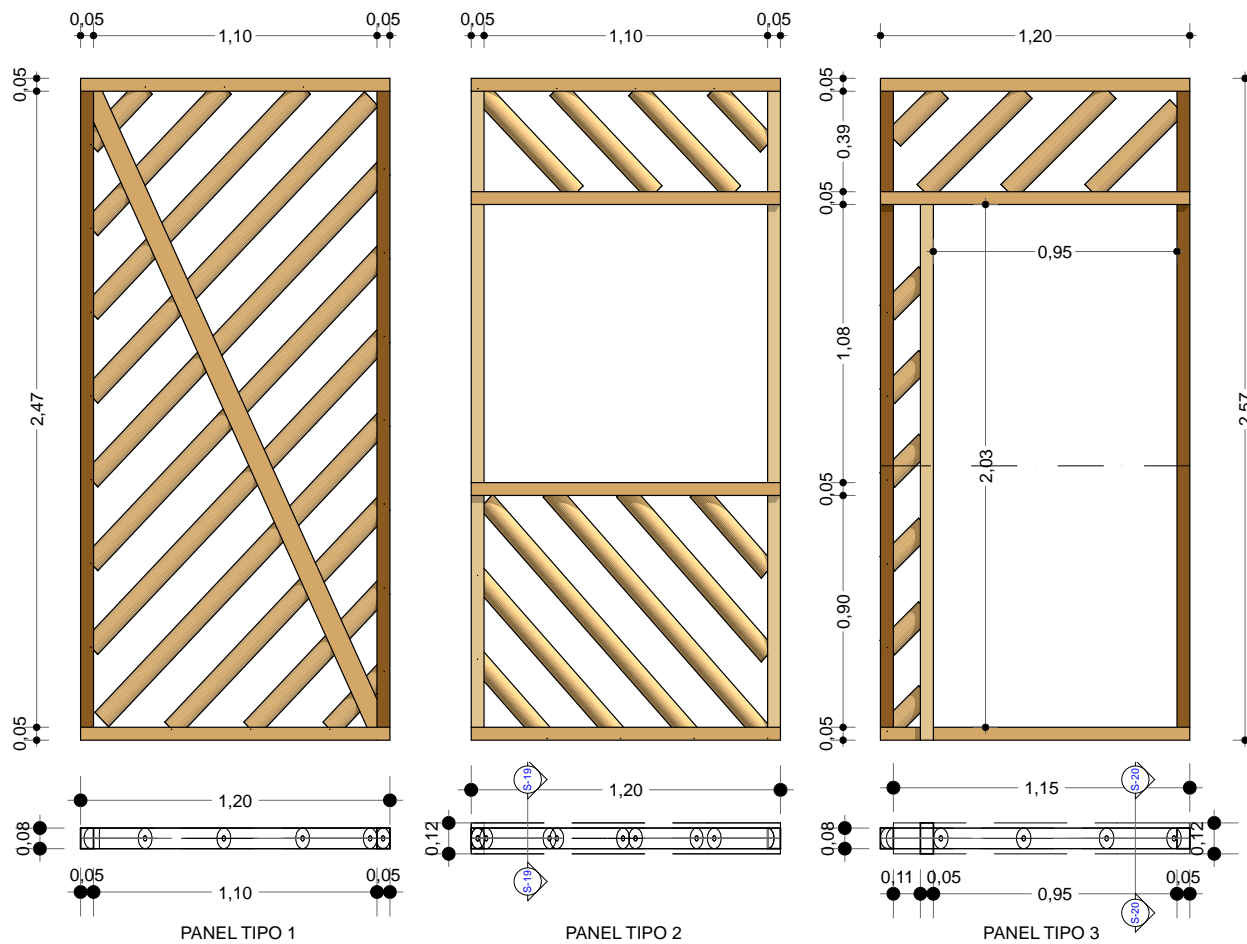


Fig. 258 PLANTA Y ELEVACION DE PANELES PROPUESTOS



Fig. 259 CORTE DE PANEL DE GALLUCHAQUI

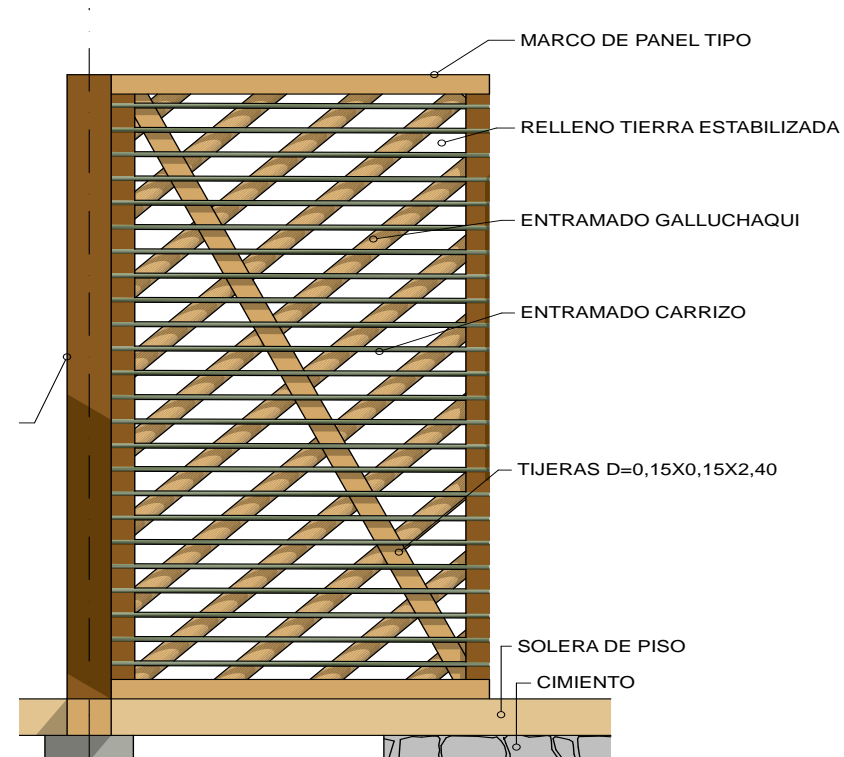
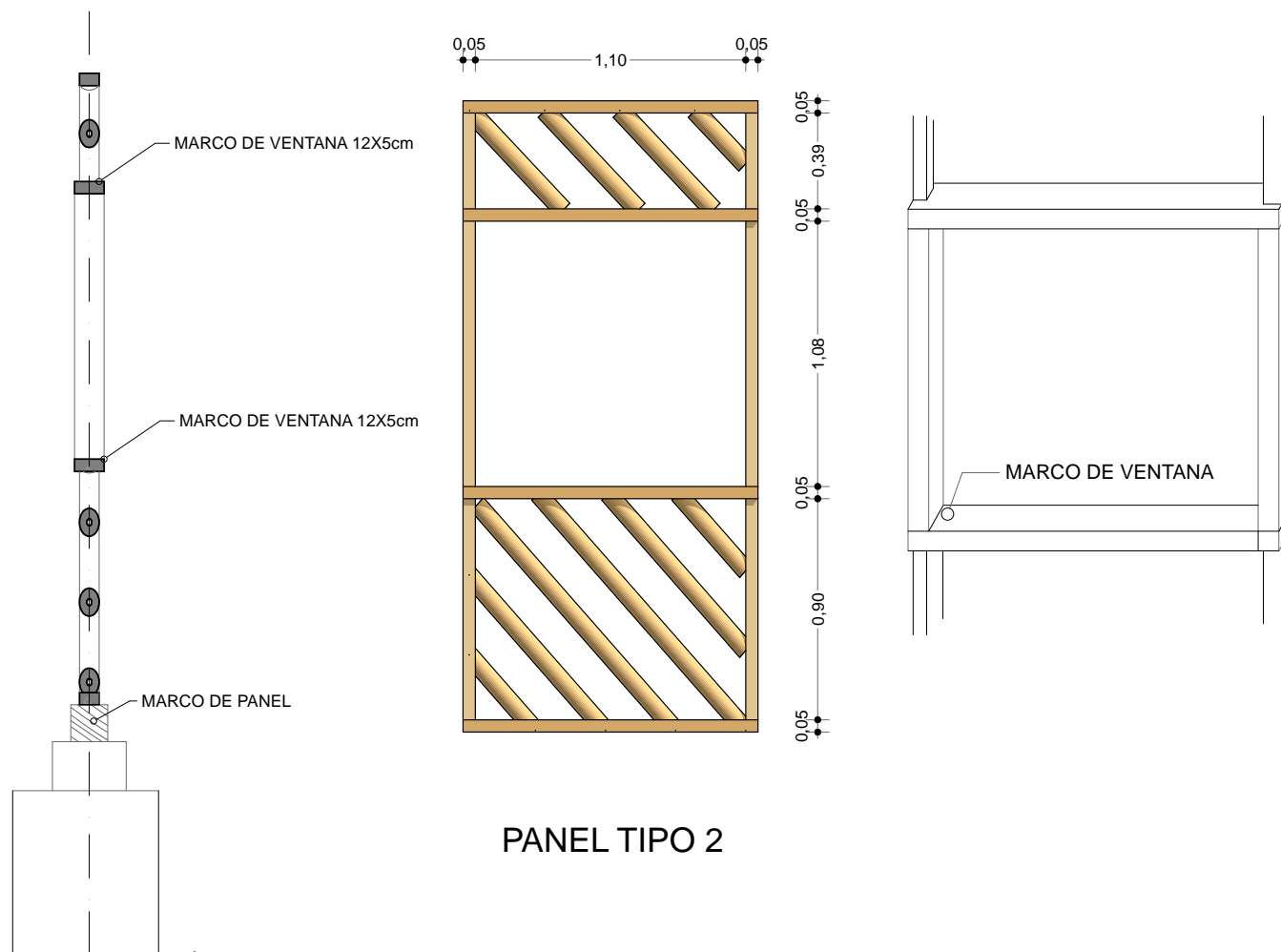


Fig. 260 PANEL TIPO 1 PROPUESTA



PANEL TIPO 2

Fig. 261 DETALLE DE PANEL TIPO 2

En este panel el dintel de puerta tiene una sección de 12cm con la intención de dejar sellando con el entramado de carrizo

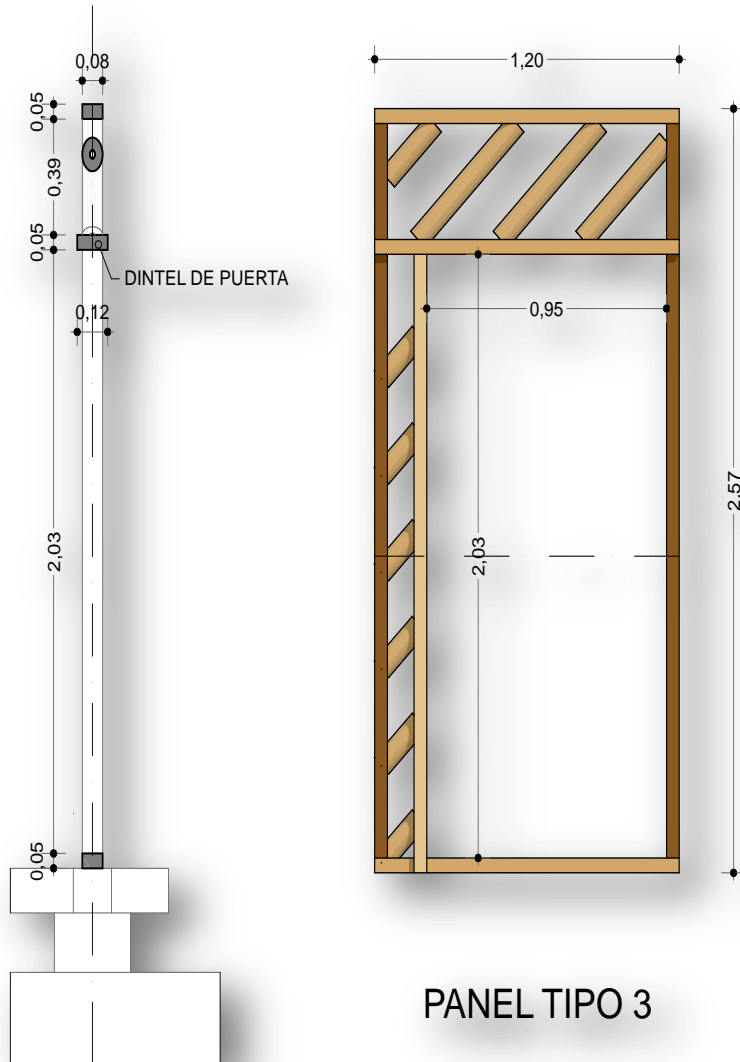


Fig. 262 VISTA FRONTAL Y LATERAL DE PANEL TIPO 3

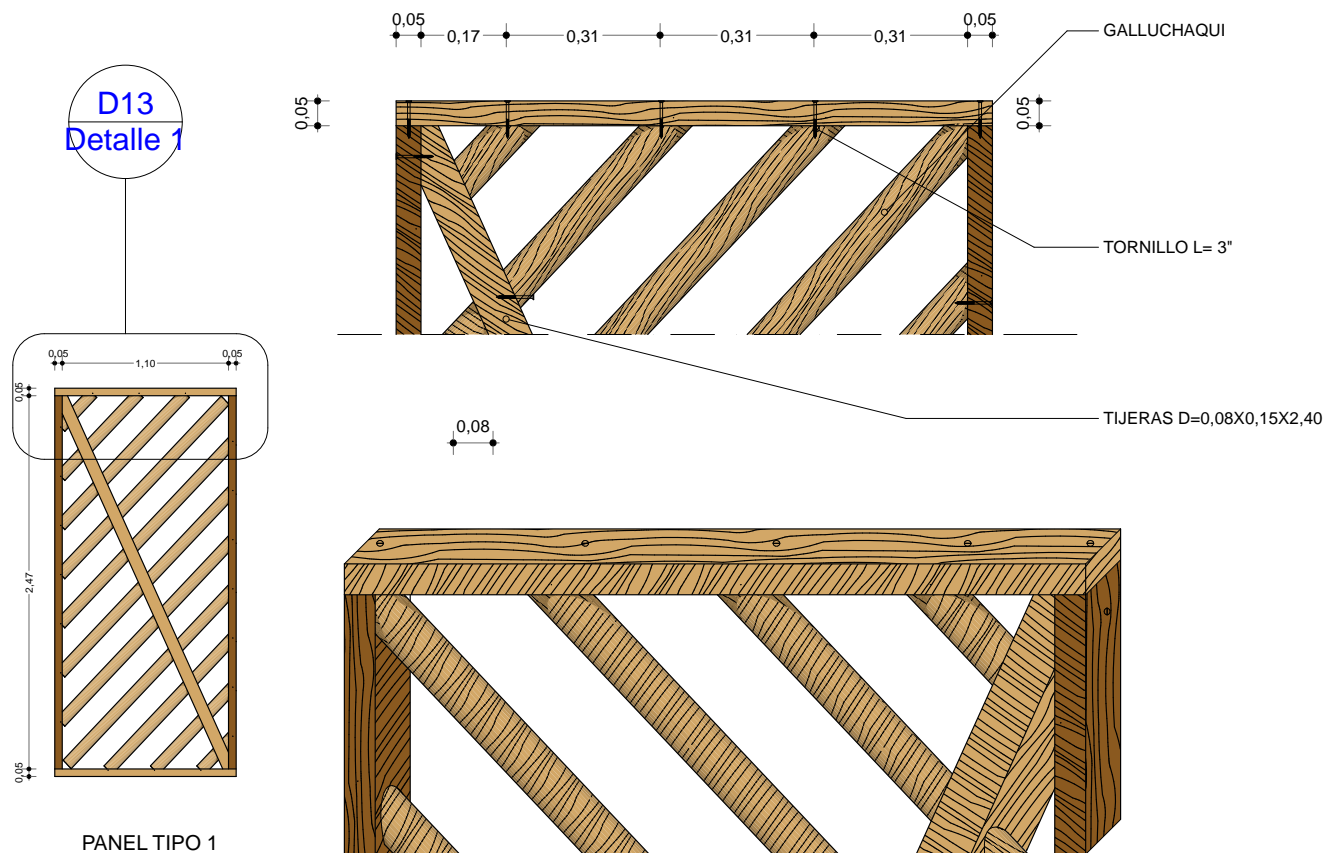


Fig. 263 DETALLE DE ARMADO DE PANELES

Anclajes de paneles.

Los paneles se empotran en las columnas esquineras e intermedias en grupos de 3 módulos.

Estos pueden ser combinados entre los 3 paneles tipos o del mismo tipo en caso del panel 1 y 2.

Para el anclaje se usa 4 tornillos de 4" se coloca en un ángulo de 60 grados.

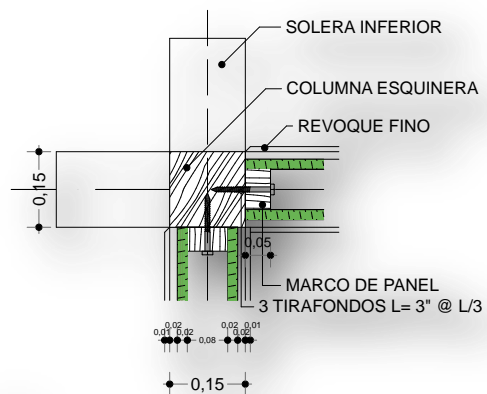


Fig. 265 ENCUESTRO DE PANELES EN L

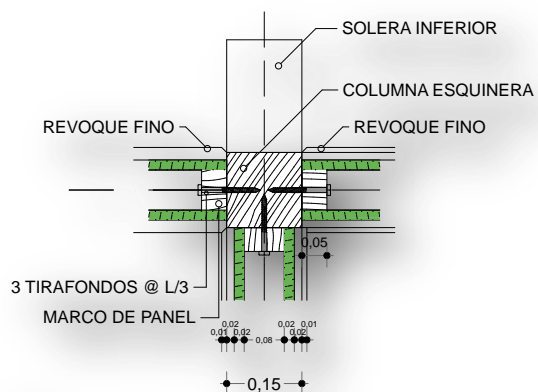


Fig. 264 ENCUESTRO DE PANELES EN T

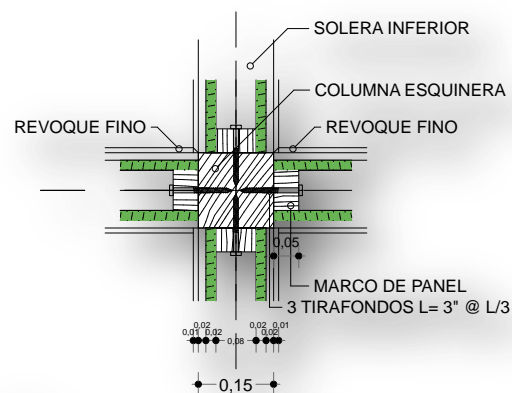


Fig. 266 ENCUESTRO DE PANELES EN CRUZ

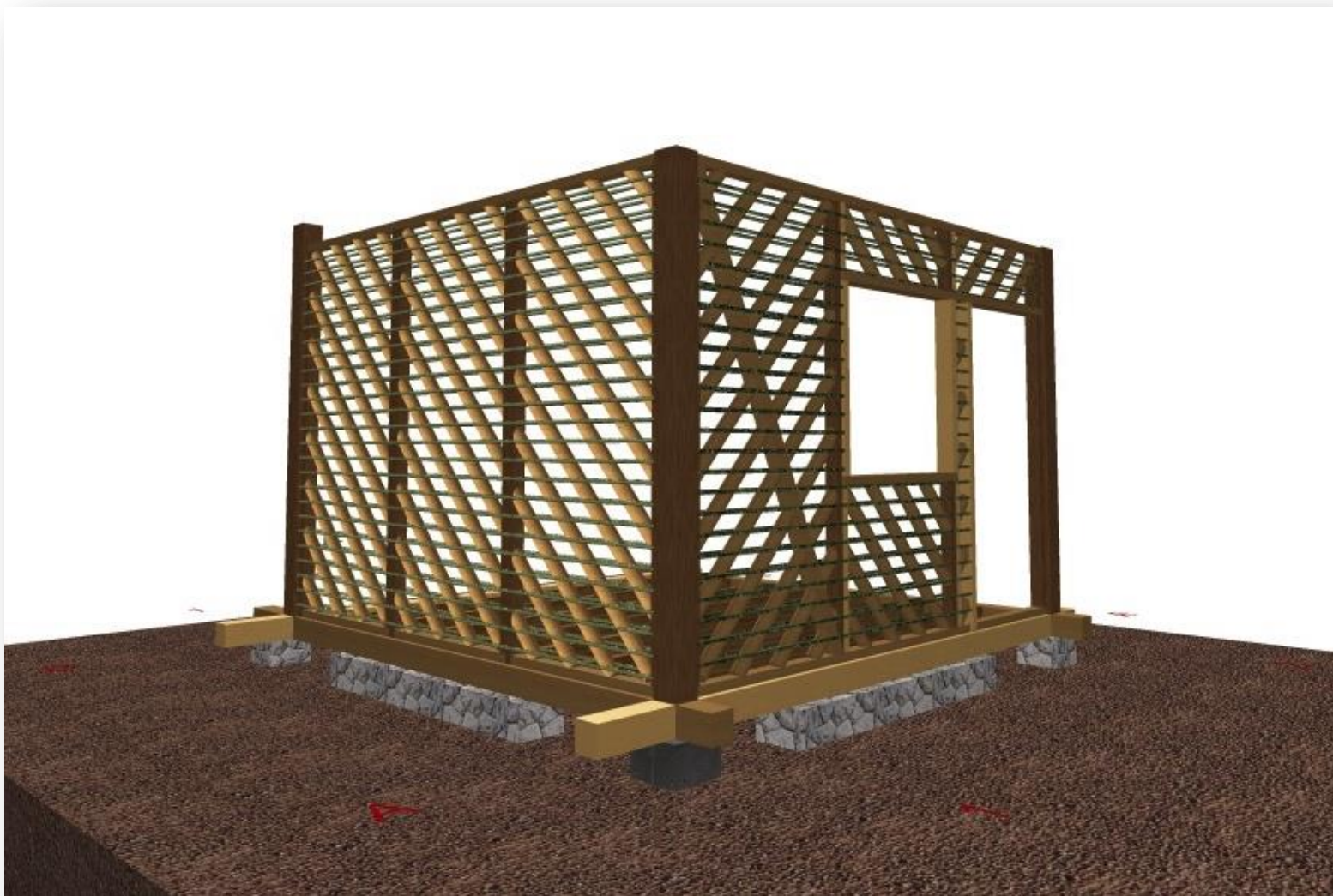


Fig. 267 PERSPECTIVA DE PANELES INSTALADOS EN EL PROTOTIPO.

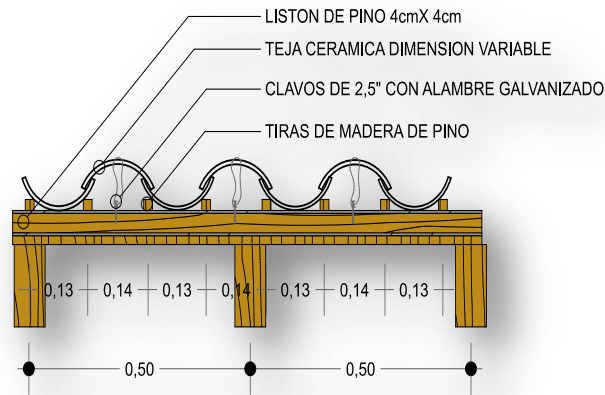


Fig. 268 DETALLE DE AMARADO DE TEJA

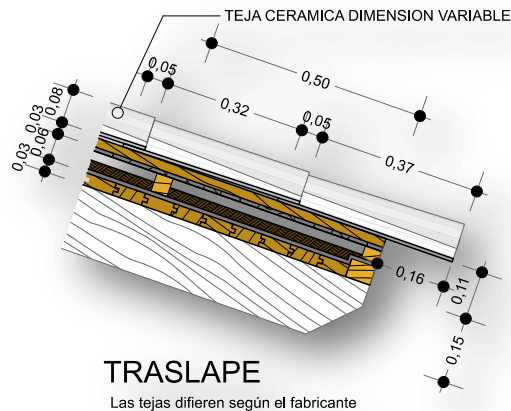


Fig. 269 DETALLE DE ALERO Y TRASLAPE

4.2.10 Mejoras mecánicas en cubierta

Las cubiertas de las viviendas de galluchaqui tienen deficiencias en cubierta debido principalmente a la humedad, por la absorción de las tejas y las disminuidas pendientes con las que se construyen. Las soluciones más evidentes son:

Incrementar la pendiente, mínima $P= 30\%$

Impermeabilizar las cubiertas con materiales hidro repelentes.

Incrementar elementos como cielos raso con el propósito de mejorar la eficiencia energética de la vivienda.

En caso de usar cielo raso horizontal no es necesario un aislante térmico, pero si tener cuidado en la intersección de muros y cubierta con la finalidad de generar una cámara de aire que aislara la cubierta del cielo raso.

En caso de cielo raso inclinado siguiendo la pendiente de la cubierta es necesario el uso de aislante térmico (lámina de corcho 3mm) sobre el cielo raso.

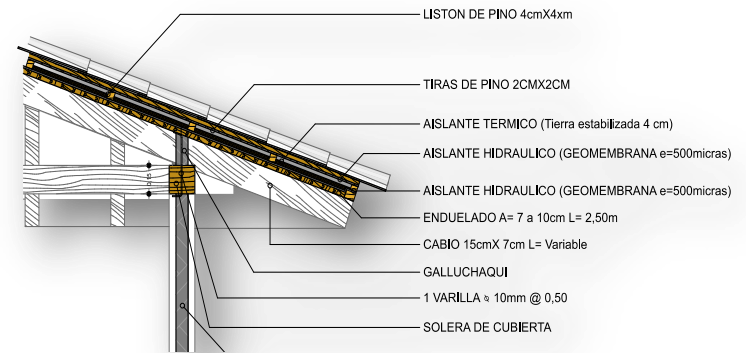


Fig. 270 DETALLE DE ALERO



Fig. 271 PERSPECTIVA DE MODULO PROPUESTO



Fig. 272 MODELADO DE CIGARRO



Fig. 273 COMPROBACION DEL CIGARRO

4.2.11 Propuesta de mejoras en los materiales de relleno y acabados.

4.2.12 Selección de la tierra para rellenos de muros.

Es importante poder determinar el tipo de suelo más adecuado al momento de construir, para ello se mencionan en la bibliografía algunos tipos de pruebas empíricas que se pueden realizarse in situ.

Se consideraron pruebas de baja complejidad y que en el futuro todas las personas puedan realizarlas al momento de construir sus viviendas y mejorar el suelo de ser necesario

Para determinar el tipo de suelo de manera empírica usaremos los siguientes tipo de ensayos.

Prueba de cigarro para determinar el contenido de arcilla

Prueba de granulometría para determinar composición del suelo

Prueba de muñequedo para determinar la humedad del suelo.

4.2.13 Prueba del cigarro:

Esta prueba se lo realiza según (Carazas Aedo & Olmos Rivero, 2002)

Procedimiento:

- Tamizado del suelo con malla 5mm
- Mojar, mezclar y dejar reposar la tierra una media hora hasta que la arcilla pueda reaccionar con el agua.
- Sobre una plancha, moldear un cigarro de 3 cm. de diámetro y 30 cm de longitud ver Fig. 271
- Empujar lentamente el cigarro hacia el vacío. ver Fig. 272
- Medir el pedazo que se desprendió.
- Repetir esta actividad 3 veces y sacar un promedio.



Fig. 274 PRUEBA GRANULOMETRICA
FUENTE: INVESTIGADOR



Fig. 275 SEDIMENACION DE LA TIERRA
FUENTE: INVESTIGADOR

Resultados a comprobar

Dimensión del cigarro desprendido:

1. Menor a 5 cm, la tierra contiene mucha arena
2. Mayor a 20 cm, la tierra contiene mucha arcilla.
3. Esta entre 10 y 15 cm, suelo adecuado para mortero de relleno

Suelo Óptimo:

Entre 7 y 15 cm buena tierra.

4.2.14 Prueba granulométrica

Referencia: Para la realización de esta prueba se tomó como referencia a: (CORRAL, 2008)

Materiales

Agua (354,9 ml)

Tierra (4 onzas)

Sal (1/4 de cucharada)

Procedimiento: Para la prueba granulométrica en una botella plástica se colocó 3/4 de agua, 1/4 de tierra y 1/4 de cucharada de sal. La sal acelera el proceso de sedimentación. Agitar constantemente y se dejar reposar hasta que el agua este completamente limpia.

Luego medir la altura de cada componente y sacar el porcentaje. Lo primero en sedimentarse es la arena seguido del limo y finalmente la arcilla.

Suelo Óptimo:

Entre 10% y 15% de arcilla, de 20 a 30% en limo y 40 y 70% de arena

Con estas pruebas se puede tener ya una información confiable del tipo del suelo que se tiene a disposición.



Fig. 276 MUESTRA SOMETIDA S PRESION. FUENTE: INVESTIGADOR



Fig. 278 MUESTRA MUY HUMEDA. FUENTE INVESTIGADOR

4.2.15 Prueba del muñeado para determinar el contenido de humedad.

Para determinar la humedad óptima se recomienda realizar las siguientes pruebas, la técnica del muñeado consiste, en preparar una maza de barro; para determinar la humedad óptima se aprieta la mezcla fuerte sobre la mano, Fig. 275 si se desmorona significa que le falta agua, si se pega en las manos, hay exceso de agua, Fig. 276 si se puede dar forma a la masa se forman las huellas de los dedos en la masa, quiere decir que la humedad es óptima Fig. 277.



Fig. 277 MUESTRA CON HUMEDAD OPTIMA. FUENTE INVESTIGADOR



Fig. 279 Material de relleno estabilizado con cemento al 6%. Fuente: Investigador.

4.2.16 Propuesta de adición de estabilizantes para mejorar las características de los materiales de relleno y recubrimientos

No es propósito de esta investigación profundizar los conocimientos en esta área ya que estos son motivos de nuevas investigaciones.

Sin embargo realizamos pruebas con elementos naturales y químicos que son usados a menudo en viviendas de tierra

De los estabilizantes probados elegimos el que a nuestro criterio dio los mejores resultados, como propuesta para la presente investigación

Sin embargo no quiere decir que sea la mejor alternativa, pudiendo esta ser discutida y contrastada con otra bibliografía.

4.2.17 Selección de estabilizantes adecuados.

Seleccionar el estabilizante adecuado ayuda a incrementar la resistencia, adherencia y acabado final de las paredes, por ello se han realizado pruebas con distintos aditivos naturales y químicos.

Cabe aclarar que el estabilizante propuesto es utilizado para relleno, revoque grueso y revoque fino. Con la finalidad de conseguir la compatibilidad de materiales.

Para encontrar la mejor propuesta de estabilizante se realizaron pruebas empleando cuatro diferentes tipos de estabilizante: Cemento, Cementina, Bondex, Tuna

El empleo de cemento al 6% es el que presento mejores resultados, observando una disminución de fisuras, y mayor resistencia a la humedad. Ver. Fig. 278.

Con los demás estabilizantes los resultados no fueron los esperados, para la presente investigación. Se pueden observar los detalles del estudio en la sección de anexo.

Luego del análisis y evaluación de los mismos se propone lo siguiente.



Fig. 281 Relleno estabilizado con cemento a los 20 días
Fuente: Investigador



Fig. 280 MUESTRA REVOQUE GRUESO TIERRA CON 10% DE CEMENTO + ARENA. FUENTE: INVESTIGADOR

4.2.18 Estabilizantes en relleno para paneles de galluchaqui

Luego de realizar pruebas con distintos estabilizantes en paneles de bahareque, se recomienda emplear cemento portland en la siguiente proporción: tierra + cemento 6%+ paja 1% Ver Fig.278

La mezcla se realizara en seco y se agrega agua hasta tener una mezcla uniforme, luego se deja reposar entre 15 y 25 minutos, posteriormente añadir trozos de paja y aplicar sobre el entramado.

En las viviendas tradicionales el relleno presenta desplomes de hasta 6 cm. Por ello es necesario mejorar esta deficiencia, lo recomendable es que el desplome no sobrepase los dos centímetros, de esta manera no se estaría afectando a la aplicación del revoque grueso.

Para lograr esta verticalidad se recomienda rellenar el entramado por paneles, desde abajo hacia arriba y emplear los pie derechos como guías.

4.2.19 Estabilizantes en revoque grueso para paneles de galluchaqui

Para realizar el revoque grueso se propone emplear cemento portland como estabilizante en las siguientes proporciones: 2 tierra +1 arena + cemento 6% + paja 1%, la tierra debe ser tamizada en malla de 5 mm.

Es importante detallar el proceso de incorporación del estabilizante; en primer lugar realizar una mezclar en seco de la tierra, arena, cemento, seguidamente incorporar agua hasta conseguir una mezcla uniforme y dejar reposar entre 15 y 25 minutos hasta que el cemento entre en acción. Antes de aplicar sobre el relleno, agregar trozos de paja . Ver Fig. 280

Las muestras de revoque grueso debe tener en promedio un espesor de 2 cm, ya que en mayores dimensiones el comportamiento del mismo puede ser diferente.

Antes de aplicar el revoque se recomienda limpiar y humedecer las paredes.



Fig. 282 MUESTRA DE REVOQUE FINO CON TIERRA ARENA Y CEMENTO. FUENTE: INVESTIGADOR

Finalmente se observa los resultados del revoque, en el cual se aprecia una disminución notablemente de las fisuras, y mejor resistencia a la humedad. Ver. Fig. 279.

4.2.20 Estabilizantes en revoque fino para paneles de galluchaqui

Para realizar el revoque fino se propone emplear cemento portland como estabilizante en las siguientes proporciones: 2 tierra + 1 arena + cemento 6% + paja 1%, la tierra debe ser tamizada en malla 2 mm. Ver. Fig. 280.

Se recomienda emplear una parte de tierra + una parte de área + cemento al 10%; en estas proporciones el revoque fino presenta buena resistencia a la humedad constante;.

4.2.21 Propuestas de tratamientos para el correcto uso de la madera en la construcción de viviendas con bahareque de galluchaqui.

Al encontrarse la estructura de galluchaqui, compuesta en su mayor cantidad de madera, es necesario considerar la clase de madera y métodos de preservación básicas:

- Para el corte de la madera es necesario realizar una selección de los arboles adultos, el corte se debe realizar en luna llena, ya que la sabia se encuentra en menor cantidad en esta temporada.
- Todo corte se recomienda realizarlo después de las 5 de la tarde, a esta hora del día la sabia baja hacia las raíces. Lo que facilita el proceso de secado y la disminución del ataque de xilófagos.
- Se recomienda quitarle la corteza, inmediatamente después del corte, para evitar así el ataque de xilófagos.
- Se puede ocupar diferentes apilados como puede ser vertical, apilado en caballete y horizontal.
- El alto del apilado de la madera no deberá superar los 5m de altura, ya que a mayor altura puede generar un secado irregular.
- Independientemente del tipo de apilado, este debe garantizar el suficiente flujo de aire.

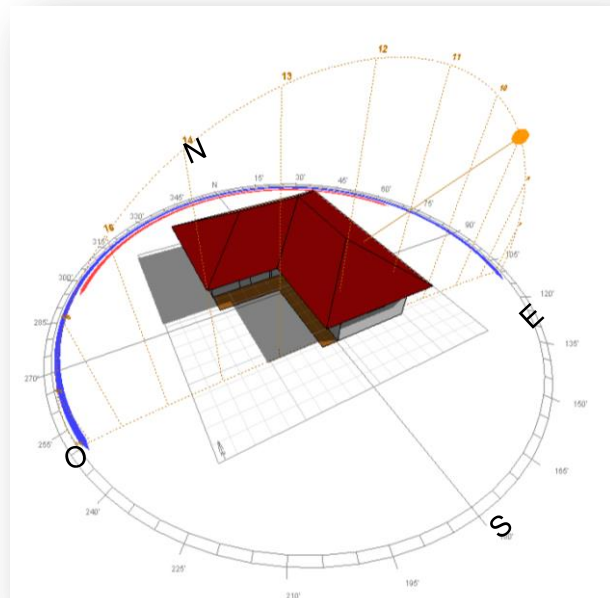


Fig. 283 RECORRIDO DEL SOL EN SARAGURO. 09H00

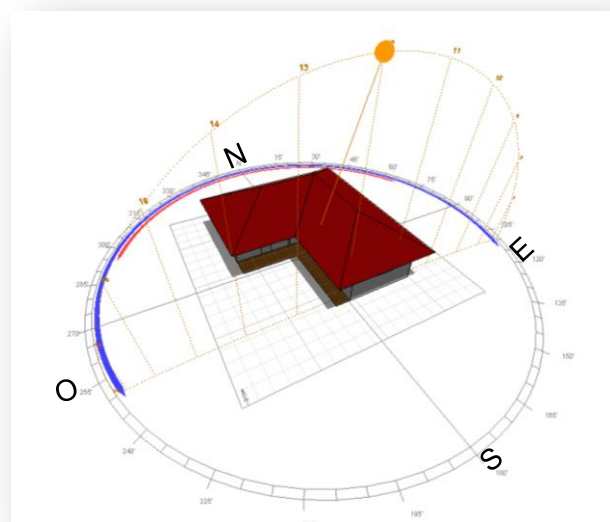


Fig. 284: RECORRIDO DEL SOL EN SARAGURO. 12H00

- Debe existir una altura de 30 cm entre el piso y la primera fila de maderas

4.2.22 Propuesta de uso de paja en recubrimientos

El uso de fibra vegetal en especial la paja y sacama ayudan a mejorar la resistencia del barro y contrarrestar la retracción plástica.

La propuesta es seguir usando esta técnica que ha dado buenos resultados, se recomienda además emplear en las cantidades mínimas del 1% del peso de la tierra.

Es posible adicionar otras fibras alternativas como la fibra del maguey, tallos de trigo, etc. para evitar la explotación masiva de la paja.

4.3 PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO TECNOLÓGICO EN LOS FACTORES FÍSICOS DE LAS VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON BAHAREQUE DE GALLUCHAQUI.

4.3.1 ANTECEDENTES.

Los resultados de la investigación indican que la iluminación, temperatura y calidad del aire, son los problemas a enfrentar en esta propuesta.

Aunque la calidad del aire al interior de la cocina es poco satisfactoria, y se puede corregir con elementos no tan sofisticados como una cocina ecológica, permitiendo la expulsión del CO₂ hacia el exterior; en los demás ambientes la calidad del aire se encuentra dentro de los rangos permitidos.

Estos problemas físicos ambientales encontrados en las viviendas de bahareque en Galluchaqui, se resolverán con propuestas prácticas y que están al alcance y conocimiento del posible usuario.

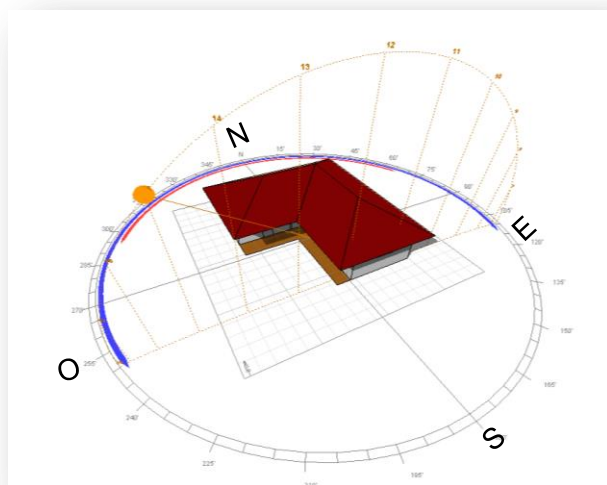


Fig. 285 RECORRIDO DEL SOL EN SARAGURO A LAS 15H00

En este capítulo se toma como muestra una de las viviendas analizadas. A estas se incorpora las propuestas de mejoramiento tecnológico. Para luego ponerlas a prueba en el software de ECOTEC, y poder corroborar las mejoras conseguidas al incorporar nuevos elementos.

4.3.2 Propuesta para el mejoramiento de la orientación de las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.

En el Ecuador la luz solar está presente por 12 horas durante todos los días del año, esta ventaja puede ser aprovechada con una adecuada orientación de la vivienda, para una ganancia de calor y mejorar el confort interior.

Para nuestro caso de estudio retomamos los conocimientos adquiridos por la experiencia de los constructores Saraguros, y se recomienda como mejor orientación el portal hacia el occidente.

Sin embargo el crecimiento demográfico hace que cada vez los predios destinados a vivienda, sean de menores dimensiones, y esta parcelación para viviendas dificultan una orientación hacia el occidente.

En esos casos, para resolver estas ganancias de calor se recurrirá a otras técnicas pasivas de recolección de energía solar, como: muros trombe, un ingreso de radiación directa a través de la cubierta, el uso de invernaderos; estas incorporaciones ayudan también a mejorar aspectos físicos de Temperatura, Iluminación, Ventilación.

4.3.3 Propuesta de mejoramiento de la Iluminación de las viviendas construidas con bahareque de Galluchaqui

En la presente investigación, se propone el uso de ventanas de acristalamiento en paredes y cubierta. Sabiendo que desde aproximadamente 1960 se incorporaron ventanas en las construcciones de Galluchaqui, sin embargo, como ya se determinó en el capítulo anterior, existe aún una deficiente cantidad de iluminación en las viviendas.

La apertura de ventanas en dirección este y oeste son las mejores alternativas para el mejor ingreso de iluminación y radiación.

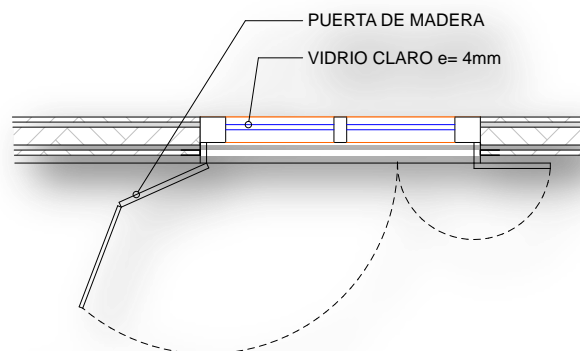


Fig. 287 PLANTA DE VENTANA

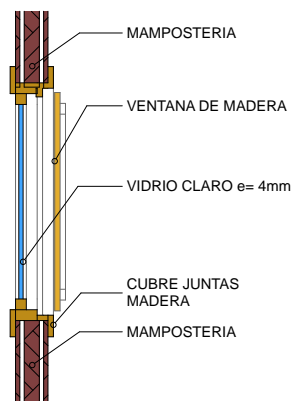


Fig. 286 CORTE DE VENTANA

Con las mejoras mecánicas se planteó un panel tipo 2 con vanos de ventana, las mismas pueden variar su dimensionamiento, de acuerdo al requerimiento del diseñador.

Con la apertura de ventanas se pretende mitigar los problemas de iluminación, al mismo tiempo disminuir la humedad relativa que en algunos casos, como la vivienda de la Sra. Martha Lozano, en el sector de Ilincho, se observar que la HR se encuentra sobre el 80%,

A continuación los detalles de alternativas para ventanas (Ver fig. 284, 285 y 286):



Fig. 288 PERSPECTIVA DE VENTANA

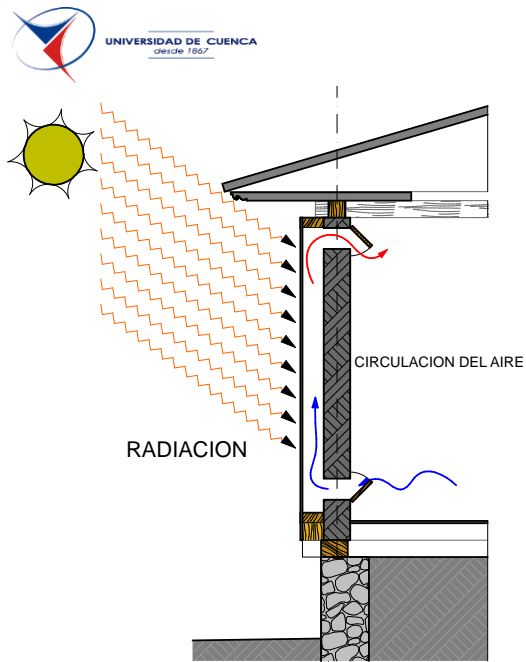


Fig. 289 Corte de muro Trombe



Fig. 290 Vista frontal de muro Trombe

4.3.4 Propuesta de mejoramiento de Temperatura de las viviendas construidas con bahareque de Galluchaqui

En este aspecto, se propone la incorporación de:

Un muro trombe

Un Invernadero

4.3.4.1 Incorporación de muro trombe

Este sistema que fue una creación de Edward Morse 1881, sin embargo no fue tomado en cuenta sino varios años después, por el ingeniero Félix Trombe y el arquitecto Jacques Michel. (Puertas Duque, 2011)

El muro Trombe consiste en un almacenamiento pasivo de energía solar, esta energía acumulada durante el día, se transmite por la noche por conducción convección y radiación.

Los muros Trombe tienen la ventaja de proporcionar ambientes más confortables, por la gran superficie radiante que ofrece, y además al ser un sistema pasivo no tiene partes mecánicas y por tanto el mantenimiento es mínimo.

a. Elección del material adecuado para la construcción de un muro Trombe.

Para la elección del material adecuado se consideró el material tierra, debido a su baja conductividad, este permite un dimensionamiento del muro entre 20 y 30 cm. (Puertas Duque, 2011). Además que es un material barato y accesible en cualquier lugar.

Otro material indispensable es el vidrio, que actualmente se encuentra en el mercado en una gran variedad de tecnología.

Algunas cualidades de este material son: capacidad de reflejar, transmitir, re-irradiar y/o absorber la energía solar.

Para un mejor desempeño del muro Trombe es necesario un vidrio con alta resistividad, que representa la capacidad de resistir el calor.

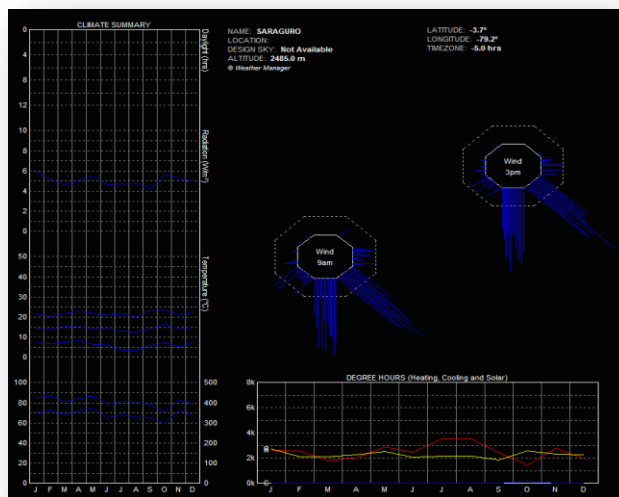


Fig. 2910 Datos climáticos de Saraguro

Tabla 34 Tabla de valores de áreas de muro Trombe para diferentes climas.

Fuente: (Puertas Duque, 2011)

Temperatura Media Exterior Invierno	Superf. Pared necesaria /Unidad Superf. útil
Climas Fríos	
-10°C	0.72>1.0
-7°C	0.60-1.0
-4°C	0.51-0.93
-1°C	0.43-0.78
Climas Templados	
+2°C	0.35-0.60
+5°C	0.28-0.46
+7°C	0.22-0.35

Una característica importante que debe ser un vidrio de baja emisividad para que la radiación de onda corta atraviese el vidrio y refleje la radiación de onda larga que rebota en el muro, atrapando así el calor. Finalmente la necesidad de que el material sea transparente reduce notablemente el universo de materiales a escoger.

b. Dimensionamiento del muro trombe de las viviendas construidas con bahareque de galluchaqui.

Para el dimensionamiento del muro se debe considerar fundamentalmente, el material, mismo que debe transmitir la energía necesaria para brindar el confort a un ambiente, manteniendo temperaturas promedio al interior de un recinto, entre 18⁰ y 24⁰ C durante las 24 horas.

Un método de lograr la sección de muro adecuada es: de acuerdo a la latitud, donde se ubica la vivienda, se eligen los coeficientes.

Cuando la latitud es baja se toma el valor menor del margen y viceversa. Adicional a esto se debe tomar en cuenta el tipo de aislante del muro. Tabla N 33.

Para este caso de estudio se eligió "Climas Templados" (Puertas Duque, 2011) pues en Saraguro existen temperaturas promedio anual de +7°C. Según los datos obtenidos de la interpolación de datos del INAMHI, y archivos climáticos del Azuay, y Loja, proporcionados en el proceso de la maestría en construcciones en la universidad de Cuenca.

Para esta zona climática se necesita una superficie de muros de 22 a 35 cm por metro cuadrado como se muestra en la Tabla 33

Por tanto.

En nuestra propuestas de estudio la vivienda del Sr. Manuel Guamán tiene una superficie de 99,25m²; el muro Trombe se considera únicamente para el cuarto donde tendrá su efecto inmediato con una área de 24,50m².



Fig. 292: PERSPECTIVA DE PROPUESTA MURO TROMBE

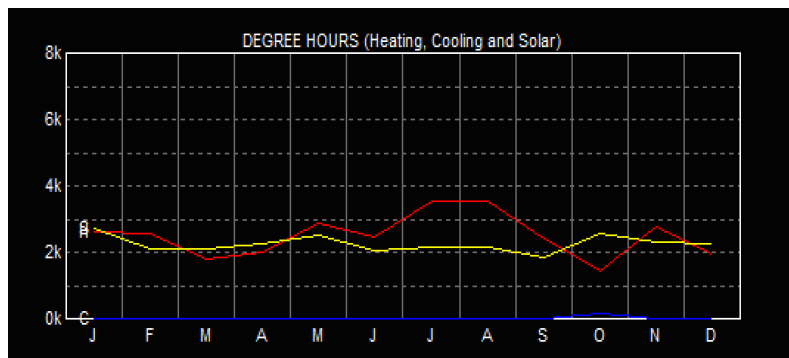


Fig. 294 Radiación promedio anual en Saraguro



Fig. 293 principales lugares del mundo donde se desarrolló el invernadero. Fuente:

Como se puede apreciar en la Fig.292 las temperaturas son constantes durante todo el año, sus variaciones están determinadas por el día 22°C y la noche, 9°C .

Con estos datos obtenemos el área adecuada de Muro Trombe para incrementar la temperatura al interior de la habitación.

Primero tomamos el valor de 0,22 como valor de la superficie necesaria para el cálculo del muro Trombe.

Segundo calculamos el área de la habitación a mejorar, esta es de $24,5\text{m}^2$

Tercero calculamos la cantidad de muro multiplicando $24,5 \times 0,22 = 5,39\text{m}^2$. El muro en la fachada occidental será de $5,39\text{m}^2$.

Como se puede ver en las imágenes obtenidas por soporte CAD, este valor de 5,39 se dividió en 2 muros debido a la presencia de una ventana Fig.290. Las dimensiones del muro propuesto es de $1,50 \times 2,80\text{m} = 4,30 \times 2 = 8,60$ área que está dentro de los parámetros normados.

Continuando con el dimensionamiento procedemos a dimensionar los orificios a través del cual se produce la convección.

En la bibliografía investigada no se encontró un parámetro específico para el dimensionamiento, sugieren que las perforaciones permitan un flujo adecuado del aire y de 1dm^2 por cada metro cuadrado de muro.

El cálculo se realiza con la siguiente fórmula.

$A_1 + A_2 = (L \times H) / 100$ DONDE; La dimensión del muros es de $2,6 \times 1,54 = 4,004 / 100 = 0,04\text{m}^2$; Finalmente $A_1 + A_2 = 0,04\text{m}^2$.

Los orificios serán de $15\text{cm} \times 15\text{cm}$ cada perforación.

4.3.4.2 Incorporación de Invernaderos.

El invernadero es una técnica utilizada desde hace mucho tiempo atrás, desde la época de rey Salomón, hace más de 3000 años, en Europa reemplazaron progresivamente las cabañas de invierno en el siglo XVII. Ya para el año de 1737 y se empezó el interés por conservar la energía solar. (Carlos, Hernández, & Pérez-parra, 1999)



Fig. 295 Perspectiva de invernadero propuesto.
Fuente: Investigador

CAPÍTULO IV

Existen diferentes tipos de estructuras para invernaderos:
(AGROTRANSFER, 2014)

Invernadero Túnel

Invernadero Capilla

Invernadero en Diente de sierra

Invernadero Capilla modificado

Invernadero Techo curvo

Invernadero Tipo parral

Invernadero Holandés

En este caso de estudio se eligió el invernadero tipo Holandés por el alto grado de control de las condiciones ambientales. Ver Fig.295.

Aprovechando la costumbre del hombre Saraguro que es muy apegado a la tierra y su fuente de ingresos económicos se complementan con la venta de hortalizas, el invernadero es una alternativa como elemento para mejorar el confort térmico.

Los materiales a elegirse son diversos sobre todo para el material envolvente, estos dependerán del recurso económico del usuario, los que se encuentran en el mercado son:

Vidrio

Plástico rígido

Plástico flexible

Mixto entre plástico y vidrio.

Materiales para la estructura:

Madera

Aluminio

Hierro

Mixto entre Hierro y madera.

Efecto de los distintos niveles de CO ₂	
CONCENTRACIÓN	EFEECTO
350 - 450 ppm	Concentración atmosférica típica
600 - 800 ppm	Calidad del aire interno aceptable
1.000 ppm	Calidad del aire interno tolerable
5.000 ppm	Límite promedio de exposición en un periodo de ocho horas
6.000 - 30.000 ppm	Preocupación, solo exposición breve
3 - 8%	Incremento de la frecuencia respiratoria, dolor de cabeza
> 10%	Náuseas, vómitos, pérdida de conocimiento
> 20%	Pérdida de conocimiento repentina, muerte

Fig. 296 EFECTOS DE LOS NIVELES DE CO₂
Fuente: (VAISALA, 2013)

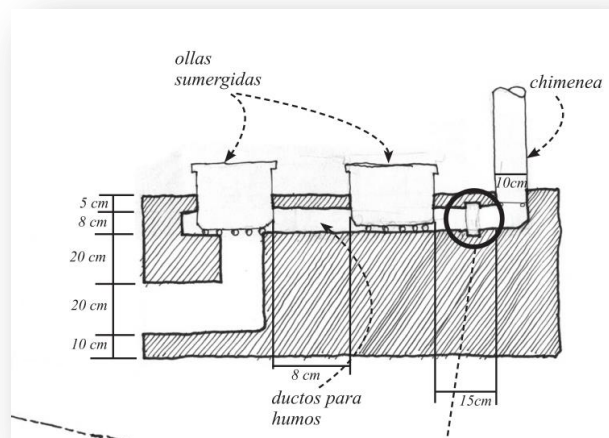


Fig. 297: Corte de cocina eficiente de leña.
Fuente: (Carlos Hadzich Marin, 2004)

4.3.5 Propuesta de mejoramiento de calidad de aire de las viviendas construidas con bahareque de Galluchaqui

En este aspecto se propone la incorporación de cocinas ecológicas ya que la cocina de leña desde tiempos remotos ha sido la primera forma de cocción de los alimentos, esta práctica no es ajena a la cultura Saraguro, donde por tradición, costumbre o necesidad aun en la actualidad este método tan rudimentario sigue siendo alternativa culinaria.

Por otra parte la combustión de madera es una forma directa de emisión de gases CO₂ al ambiente, y por su puesto al estar encerrado en un recinto como la cocina, este ambiente no resulta propicio para desarrollar actividades, y sobre todo este gas puede ser nocivo para el ser humano.

Como se puede apreciar en la Fig. 296 El CO₂ en concentraciones superiores 1000 ppm causa efectos en el ser humano. Por otra parte la UNE 100-011-91 recomienda una concentración máxima de 1000 ppm (Nacional & Trabajo, 2000).

En este caso todas las viviendas analizadas presentan concentraciones de CO₂ en la cocina de 407 ppm, determinándose que están dentro de los parámetros de calidad de aire aceptable.

Sin embargo la experiencia vivida durante la investigación y el dialogo con los usuarios dicen lo contrario, que el aire con esta cantidad de CO₂ no es tolerable, y resulta molesto e irritante para las mucosas.

Por esta razón, otras zonas andinas como resultado de varias experiencias han tomado como solución, la incorporación de cocina ecológicas, o eficientes.

Este mecanismo ayuda a disminuir la cantidad de leña hasta un 30% y disipar completamente el CO₂ al exterior de la vivienda. Colaborando notablemente con la calidad del aire interior y el confort del habitante.

a. Funcionamiento de las cocinas de leña eficientes.

Su principal función es evacuar los residuos de la combustión hacia el exterior de la vivienda, además de ahorrar el consumo de leña durante el proceso de cocción de alimentos. (Carlos Hadzich Marin, 2004)

Las cocinas poseen varias partes según la complejidad del diseño, pero en general todas tiene las siguientes partes:

El mesón, aquí es donde se colocan las ollas, para la cocción.

La chimenea, que es un elemento vertical constituido de una lámina de tool, por el cual se evacua el humo de la combustión

Una cama de combustión sellada, que mejora las combustión de la leña, permitiendo enfocar el calor generado internamente hacia los ductos de cocción Ver Fig. 298

El aire es necesario para poder efectuarse la combustión, y si se tiene el control del mismo, se puede incrementar o disminuir la intensidad de la llama, volviéndose este sistema de cocina de leña eficiente.



Fig. 298: Cocina de leña mejorada. Comunidad de Acacana.

Fuente: Investigador .

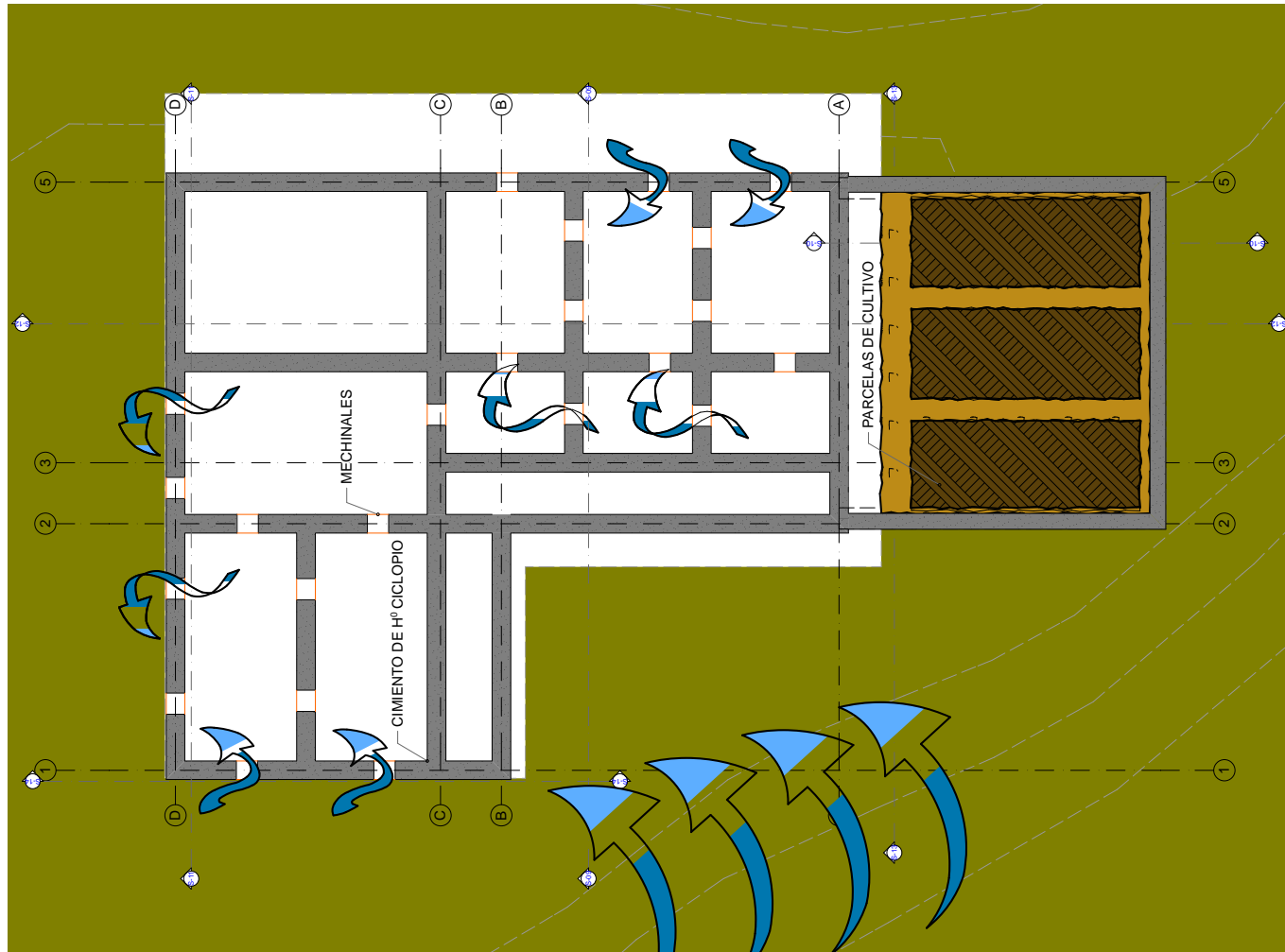


Fig. 300 PLANTA DE CIMENTACION PROPUESTA

Se indica la ubicación de los mechinales necesarios para lograr una circulación de aire por debajo del piso, para disminuir la humedad que se generase en espacios confinados.

PLANTA ARQUITECTÓNICA

Como se puede ver Fig. 301. El estado actual de la vivienda ya analizada tiene alguna deficiencias. A esta vivienda se propone algunos cambios con el propósito de incrementar la temperatura y cumplir con los rangos de confort térmico.

Para conseguir este propósito hacemos uso de algunos elementos como captar la radiación solar a través de un muro Trombe para calefacción de la habitación, para la calefacción de la sala un invernadero, mientras que para la cocina de leña, se propone una iluminación cenital para el ingreso de radiación directa, y además el uso de la cocina de leña como fuente de calefacción directa.

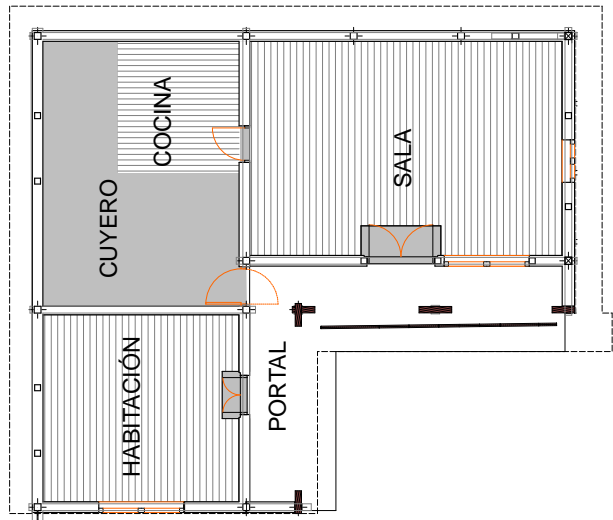
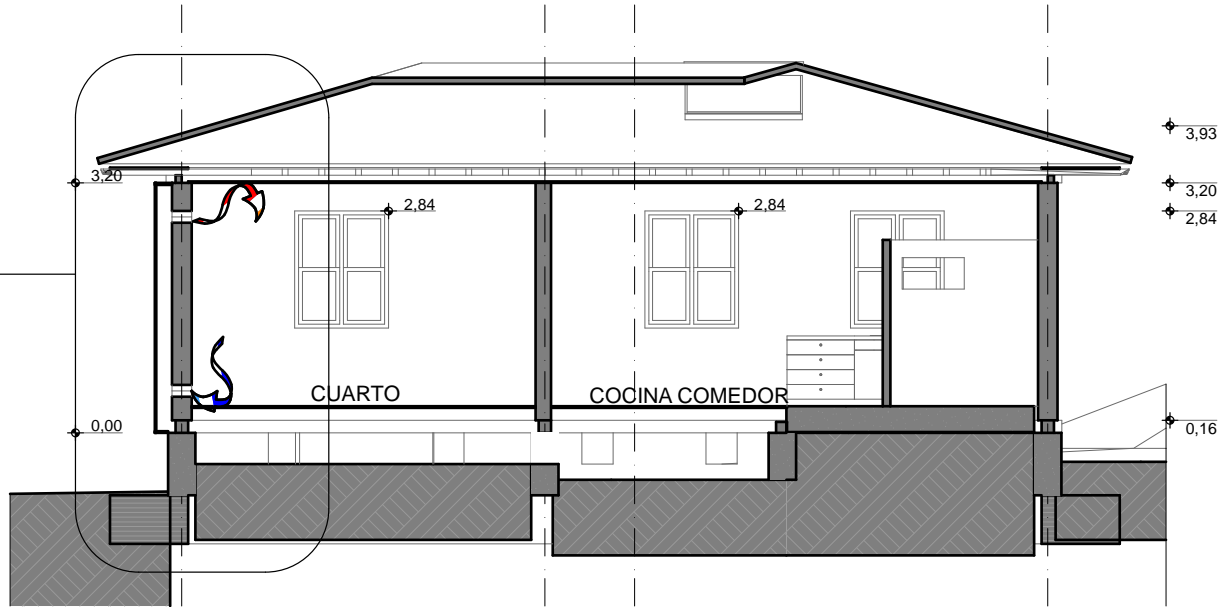


Fig. 301 PLANTA ESTADO ACTUAL

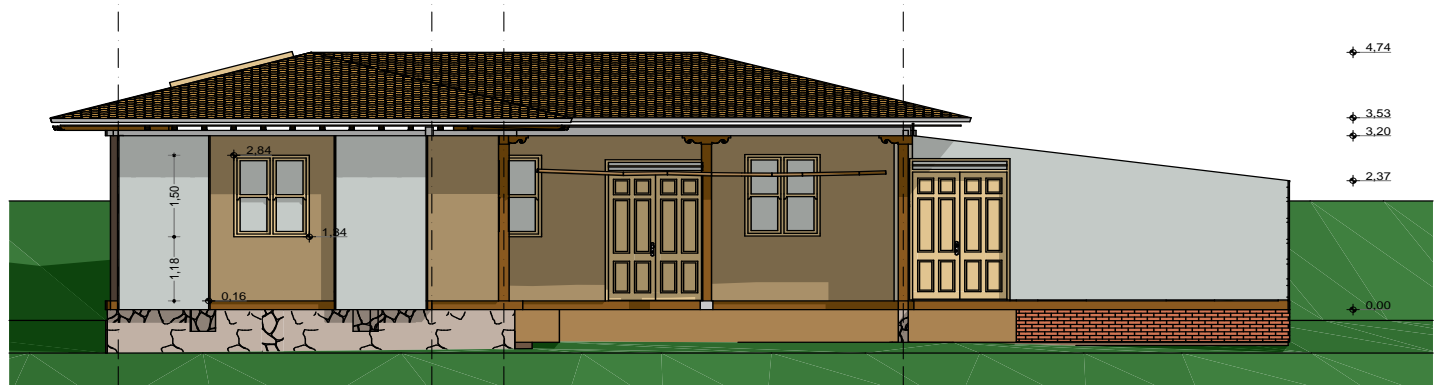


Fig. 302 PLANTA ARQUITECTONICA PROPUESTA

D-04
Detalle 1



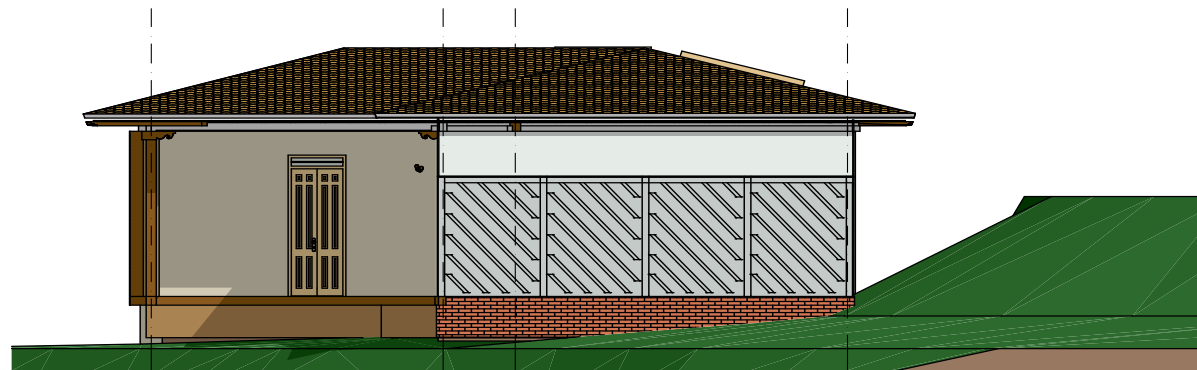
FACHADAS



E-04

Alzado Oeste (1)

1:100



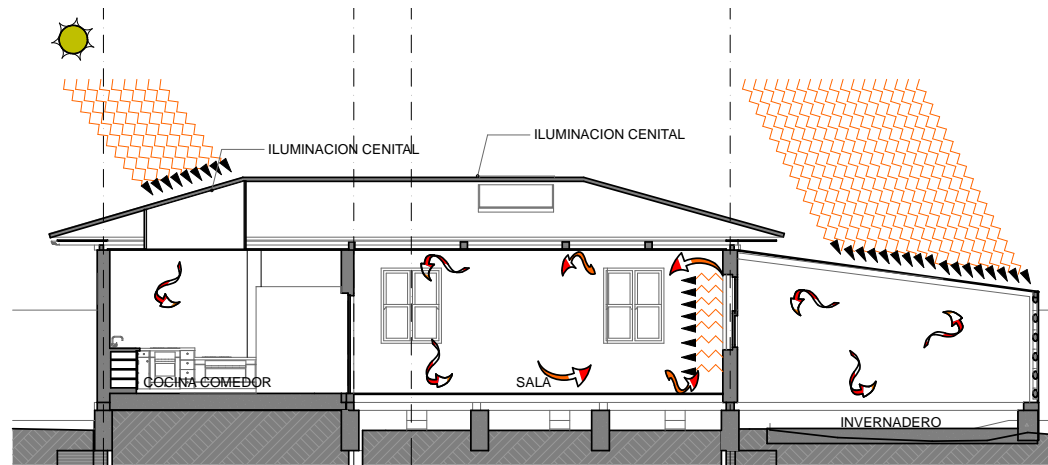
E-03

Alzado Sur (1)

1:100

Fig. 303 FACHADAS FRONTAL Y LATERAL

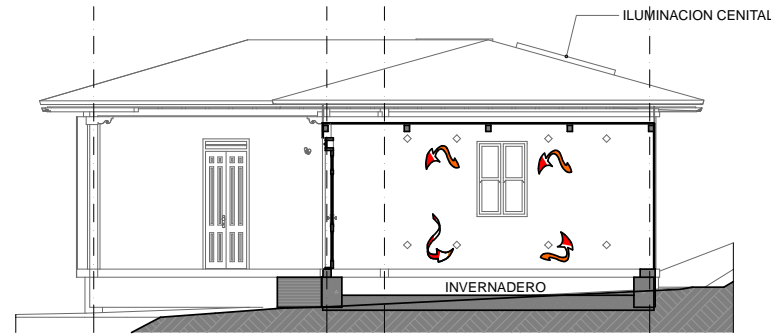
CORTES



S-12

Sección Construcción

1:100



S-13

Sección Construcción

1:100

Fig. 304 CORTES DE VIVIENDA

DETALLES CONSTRUCTIVOS.

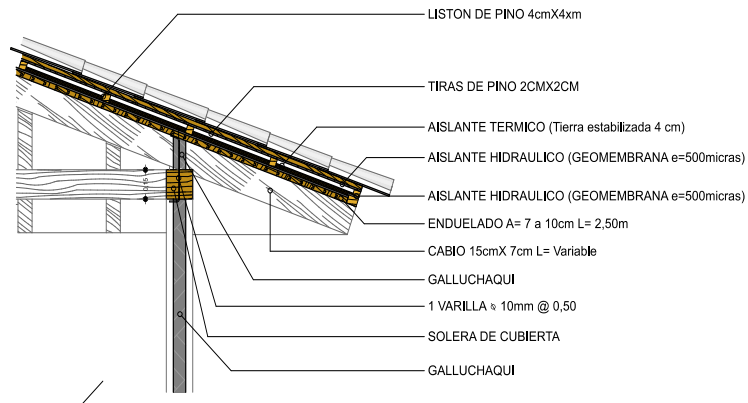


Fig. 305 DETALLE DE CUBIERTA

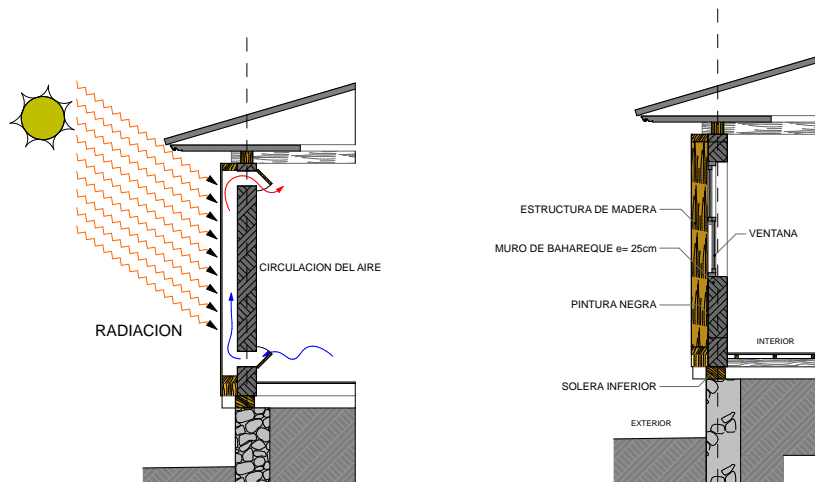


Fig. 306 DETALLE DE MURO TROMBE

PERSPECTIVAS.



Fig. 307 PERSPECTIVA DE VIVIENDA CON LA INCORPORACION DE INVERNADERO



Fig. 308 SOLEAMIENTO DE VIVIENDA



Fig. 309 VISTA DEL SOLEAMIENTO EN MURO TROMBE A LAS 3 DE LA TARDE

SIMULACIONES Y VALIDACIÓN EN SOFTWARE ECOTEC

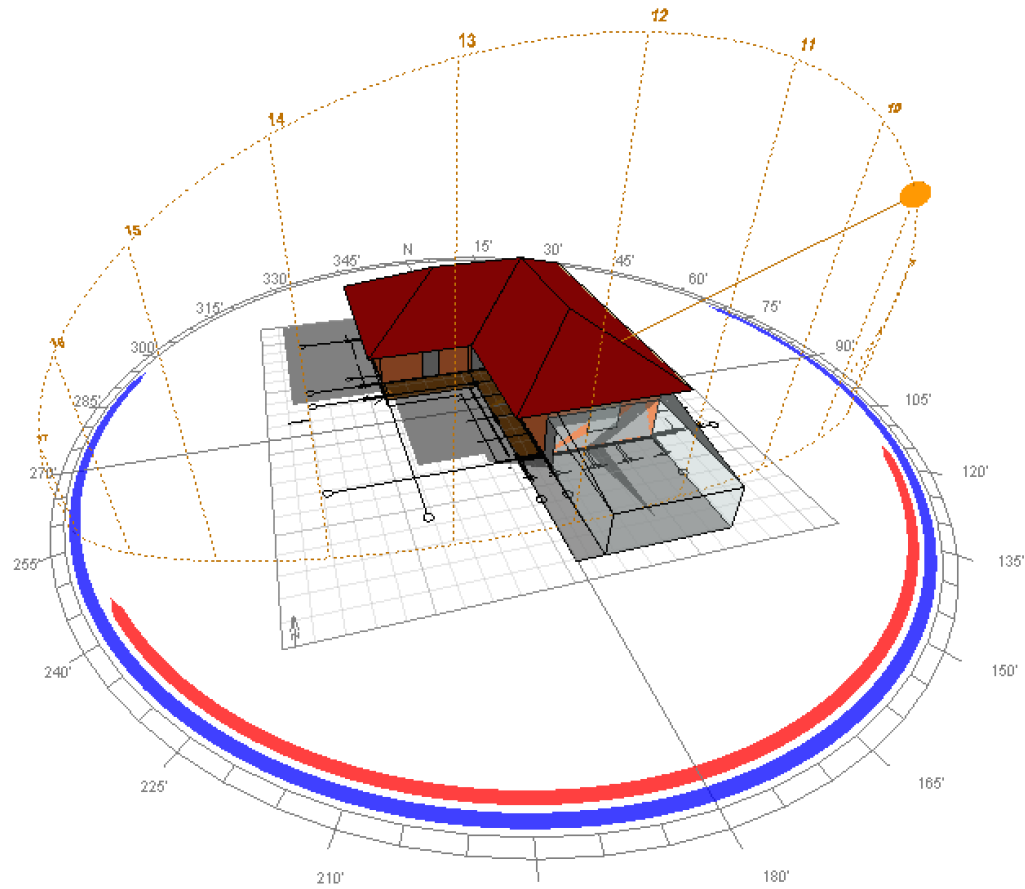


Fig. 310 RECORRIDO DEL SOL A LAS 9 DE LA MAÑANA

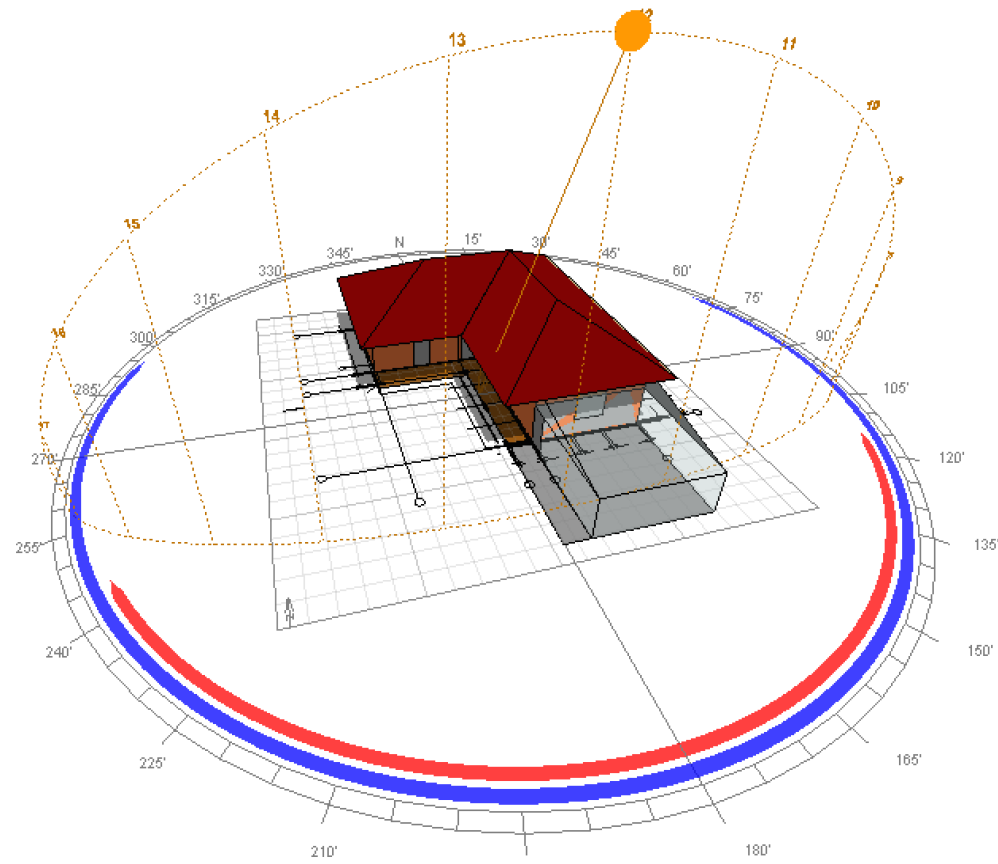


Fig. 311 RECORRIDO DEL SOL A LAS 12 DEL DIA.

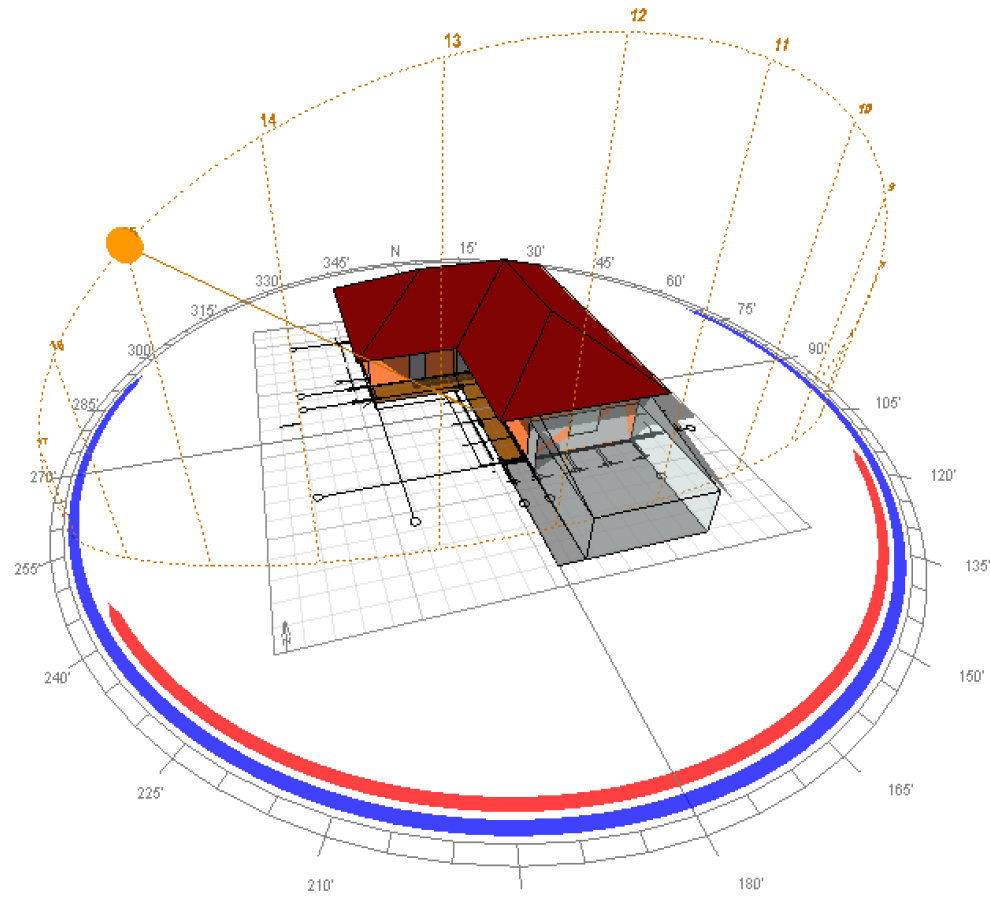


Fig. 312 RECORRIDO DEL SOL A LAS 3 DE LA TARDE

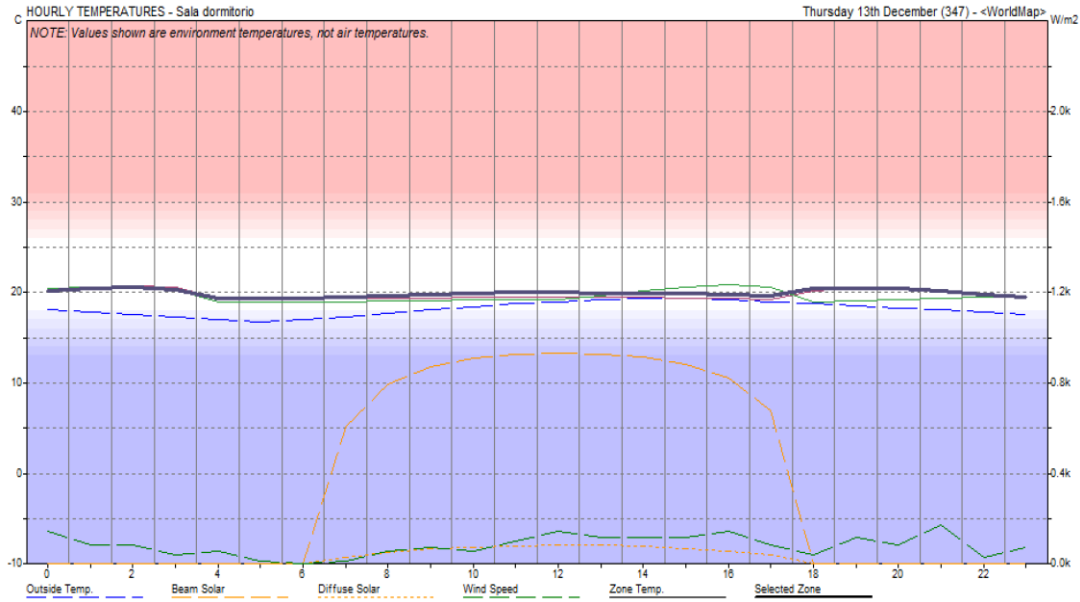


Fig. 314 DATOS DE TEMPERATURA DE LA SALA

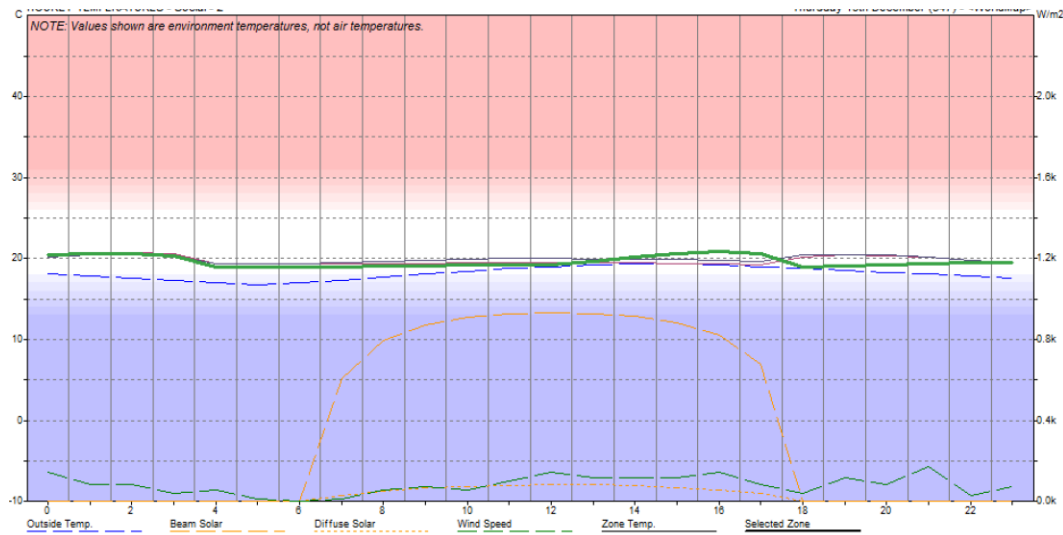


Fig. 313 DATOS DE TEMPERATURA DE LA HABITACION.

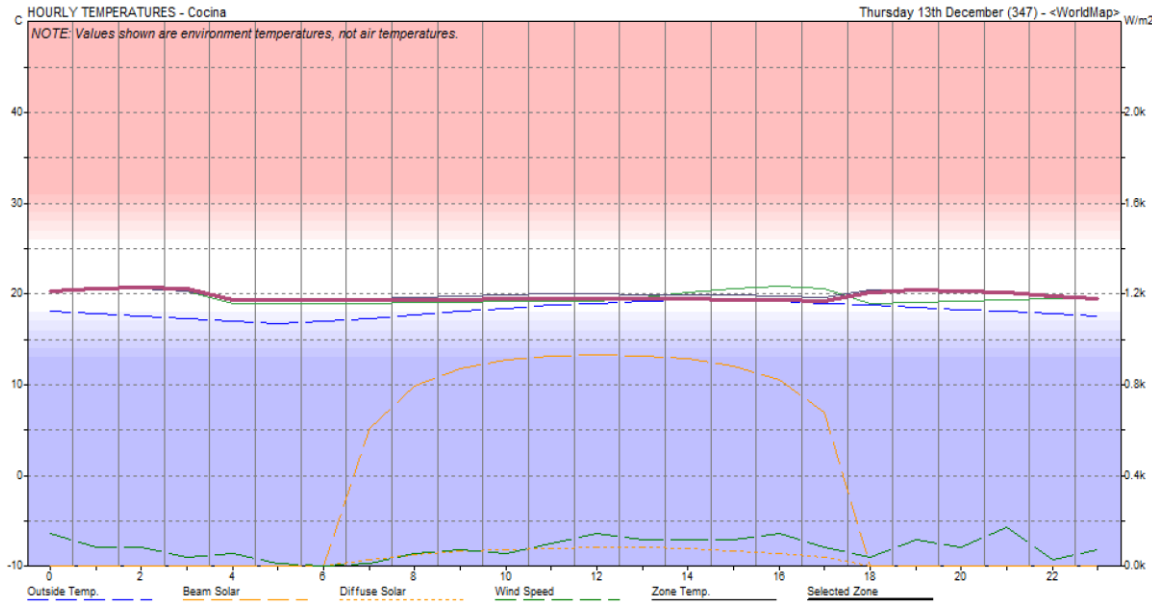


Fig. 315 DATOS DE TEMPERATURA DE LA COCINA

Como se observa en el grafico las temperaturas se han incrementado en relación al estudio realizado en los diferentes ambientes,

Con esta propuesta se cumple el objetivo de mejorar las condiciones térmicas son estables con mínimas variaciones entre 18 y 22°C durante las 24 horas en diciembre cuando las temperaturas exteriores son desfavorables.

Los límites de confort térmico para actividades sedentarias van desde los 18 a 26°C, según Fanger, y con las propuestas realizadas a la vivienda se verifica que la habitación, la sala y la cocina están dentro el rango de confort térmico.

CONCLUSIONES

Una vez cumplido con la investigación tanto bibliografía, analítica, y generado la propuesta para el Mejoramiento del sistema constructivo de bahareque de galluchaqui, para las viviendas del Cantón Saraguro, se puede arribar a las siguientes conclusiones

En el aspecto bibliográfico, no se cuenta con mucha información actualizada sobre viviendas vernáculas construidas con bahareque de galluchaqui; el enfoque bibliográfico más detallado sobre viviendas construidas con esta técnica, en la cultura Saraguro, es la realizada por Alfonso Calderón en su libro Saraguro Huasi.

La presente investigación se complementa con estudios realizados por otros autores enfocados en el tema. Estos estudios han servido para generar las propuestas de mejoramiento tecnológico en los diferentes aspectos físicos y mecánicos de la presente investigación.

Luego de analizar las viviendas tomadas como muestra se concluye que: En los aspectos físicos; *la iluminación*, presenta serias deficiencias, ya que según los datos obtenidos en la medición indican que tanto el valor mínimo y el valor máximo reflejados en la toma de datos, no llegan a cumplir con el valor mínimo de confort sugerida por la NEC; esta característica de la iluminación es común en todas las viviendas analizadas.

En el aspecto de *la temperatura*, se concluye que los datos obtenidos con equipos de medición son similares a los datos de simulación Software Ecotec,. Los rangos de temperatura en las viviendas se acercan al rango mínimo de confort térmico requerido. Es decir, que la temperatura se mantiene constante durante las 24 horas, lo que indica la capacidad térmica del muro de tierra; sin embargo la variación de temperaturas en las viviendas es muy dependiente a la ubicación geográfica, y a la construcción de la vivienda.

CONCLUSIONES

En cuanto al aspecto *de ventilación*, las viviendas presentan una excesiva ventilación a través de los espacios existentes en la cubierta, influyendo directamente en la disminución de la Temperatura de la vivienda, este aspecto es común en todas la viviendas analizadas.

Mientras que en el aspecto de *la Humedad Relativa*, en estas viviendas sobre pasan el límite superior permitido en los días lluviosos y nublados, mientras que en los días calurosos se encuentran dentro del rango permitido, se observa además que la humedad se eleva durante las noches, y disminuye durante el día.

Con respecto a los aspectos mecánicos; se concluye que: *las cimentaciones* en todas la viviendas presentan deficiencias, debido a la cercanía entre el suelo y la solera, lo que permite el fácil contacto con la humedad; además la cimentación se presenta muy débil, al encontrarse sobre puesta al suelo, sin un mayor anclaje.

En las paredes o mamposterías, se observa que la estructura en si es **eficiente** debido a su gran cantidad de arrostros, sin embargo la técnica empleada para el relleno y revoque de la misma, es ineficiente, ya que presenta serios problemas de fisura y desprendimiento. *Las cubiertas*, de las viviendas sufren daños estructurales debido específicamente a la humedad transmitida por la permeabilidad de las tejas, dando como resultado la pudrición de los elementos estructurales en las cubiertas.

Existen otros aspectos como el uso de la madera y del suelo que deben ser mencionados. *La madera*, ambientalmente es la más adecuada, sin embargo en la actualidad, no se está considerando procedimientos para su tratamiento y conservación. En cuanto a *la tierra*, esta es utilizada sin un previo análisis, que ayude a seleccionar el mejor material tanto para relleno, y revoque.

En cuanto a las propuestas generadas.

Al incorporar ciertos elementos como muros trombe, iluminación cenital y un invernadero, en una vivienda existente; mediante simulación, se logra cumplir con la normas de confort térmico, y corregir las deficiencias en los

CONCLUSIONES

aspectos de ventilación, temperatura, iluminación y humedad relativa.

Elevando la cimentación con una estructura de hormigón garantizamos el aislamiento de las soleras inferiores, al mismo tiempo que el sistema de anclaje incorporado ayuda a una mejor fijación de las soleras a los cimientos.

Con la impermeabilización en la cubierta, se controla los efectos de humedad, garantizando la durabilidad de la madera, además la propuesta de incrementar las pendientes en las cubiertas ayuda a una mejor evacuación del agua.

De los ensayos realizados con los diferentes estabilizantes, se obtuvo los mejores resultados, con el estabilizante de cemento portland, sin embargo este estabilizante no es recomendado por otros autores debido a su rigidez y al incompatibilidad con la tierra. El estabilizante empleado en las pruebas realizadas, fueron ocupadas tanto como material de relleno y revoque, lo que permitió la correcta adherencia; dichas pruebas realizadas hace 3 años, permanecen sin muestras de desprendimientos o fisuras, sin embargo se debe seguir monitoreando dichas pruebas y así identificar futuras patologías que puedan presentar en la mampostería.

La presente investigación está basado en un estudio integral de las viviendas tradicionales de Saraguro, de tal forma que la propuesta generada involucra el mejoramiento de todos los aspectos, tanto físico como mecánicos. Sin embargo, no se ha profundizado en el estudio de cada uno de sus componentes. Es así que la presente investigación abre las puertas para futuras investigaciones.

Se ha logrado dar un paso más, en el mejoramiento de este sistema constructivo de la cultura Saraguro, el mismo que se encuentra rezagado, debido a la influencia de otros sistemas constructivos y a las mininas propuestas de innovación existentes sobre este sistema.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación de elementos como muro trombe, iluminación cenital y el uso de invernaderos, en las viviendas existentes, para mejorar su nivel de confort.

Realizar otras investigaciones futuras sobre el uso de otros estabilizantes para la tierra, y de esta forma disminuir el empleo del cemento como estabilizante, debido a que nuevas investigaciones indican que los estabilizantes sintéticos proveen mejores resultados en el tema de adherencia, permeabilidad y acabados. De la misma forma, enfocar estudios de este sistema y su comportamiento frente a los sismos.

Incentivar y difundir hacia los nuevos constructores, profesionales y empíricos, el uso de esta técnica de construcción, debido a los múltiples beneficios que brinda este sistema, en cuanto a confort térmico.

Difundir los resultados obtenidos en la presente investigación con el objetivo de rescatar esta técnica ancestral que brindaría una alternativa de construcción amigable con el ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- AGROTRANSFER. (2014). Tipos de invernaderos.
Retrieved from
http://www.agrotransfer.org/index.php?option=com_content&view=article&id=99:tipos-de-invernaderos&catid=45:articulo-tecnico&Itemid=112
- Andrea, H. (2008). Lesiones que sufren los muros de bahareque. *Tecnología Constructiva*, 1–19. Retrieved from <http://trienal.fau.ucv.ve/2008/documentos/tc/TC-16.pdf>
- Artigoo. (2012). El eucalipto:Ventajas y desventajas de un arbol con polemica.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2004). Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzo de viviendas de bahareques tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del decreto 052 de 2002, 106.
- Asociacion Colombiana De Ingenieria Sismica, A. (2014). *Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado*. COLOMBIA.
- Asociacion de academias de la lengua española. (2014). Diccionario.
- Aut, G., Descentralizado, N., Intercultural, M., Cant, D. E. L., & Saraguro, S. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Saraguro PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN SARAGURO Periodo 2014 - 2019 Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Saraguro*.

BIBLIOGRAFIA

- Bestraten, S., Hormías, E., & Altemir, A. (2011).
Construcción con tierra en el siglo XXI. *Informes de La
Construcción*, 63(523), 5–20.
<http://doi.org/10.3989/ic.10.046>
- Blender, M. (2015). Confort Termico.
- Burgos, E. (2015). Tribunal lo formalizó: ancuditano
descornó a golpes a yunta de bueyes. *Soychiloe*.
- C.G.Tornquist. (2012). Monumental Trees. Retrieved from
<http://www.monumentaltrees.com/en/photos/15003/>
- Calderon, A. (1985). *Saraguro Huasi: "La Casa en la Tierra
del Maiz."*
- Canchig, S. del R. J., Obtencion, A. L. A., Titulo, D. E. L.,
En, D. E. T., En, A., La, P. D. E., ... Jaguaco, R.
(2007). *USO DEL ADOBE COMO MATERIAL DE
CONSTRUCCION*. Retrieved from
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1242/1/CD-0508.pdf>
- Carazas Aedo, W., & Olmos Rivero, A. (2002). *Bahareque,
Guía de construcción parasísmica*.
- Carcedo Fernández, M. (2012). *Resistencia a compresión
de bloques de tierra comprimida estabilizada con
materiales de sílice de diferente tamaño de partícula*.
- Carlos Hadzich Marin, O. G. G. (2004). *Cocina mejorada,
2004*.
- Carlos, J., Hernández, L., & Pérez-parra, J. (1999).
Evolución de las estructuras de invernadero.

BIBLIOGRAFIA

- Caro, M. A., Administrativas, E. D. E. C., & Negocios, E. Y. D. E. (2013). Sistemas constructivos tradicionales e industrializados en concreto Sistemas constructivos industrializados , y maquinaria y equipos de construcción en edificaciones, 5.
- CORRAL, J. T. (2008). CONSTRUCCIÓN (Ground-Cement as a construction material) José Toirac Corral *. In *CIENCIA Y SOCIEDAD* (Vol. XXXIII, p. 53). Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/870/87012672003.pdf>
- Cortez, A. (2015, May). Casa de quincha, tradicion en el olvido. *La Prensa*, p. 1. Retrieved from http://imprensa.prensa.com/nacionales/Casas-quincha-tradicion-olvido_0_4118588204.html
- Déleg Guazha, N. R., & Zhunaula Sosoranga, S. P. (2010). *ANÁLISIS MICROECONÓMICO DE LOS HÁBITOS DE CONSUMO DE LAS FAMILIAS INDÍGENAS Y MESTIZAS DE LA CABECERA CANTONAL DE SARAGURO*.
- Domoticos, M. (2014). El Eucalipto (usos caracteristicas y propiedades). Retrieved from <http://mueblesdomoticos.blogspot.com/2014/04/el-eucalipto-usoscaracteristicas-y.html>
- ECU911, E. (2015). Panamericana. Retrieved from <https://twitter.com/ecu911loja/status/605147996091727872>

- Fanger ' s Thermal Comfort and Draught Models Fanger ' s Thermal Comfort and Draught Models IRC Research Report RR-162.* (2003). canada. Retrieved from <http://www.nascoinc.com/standards/breathable/PO Fanger Thermal Comfort.pdf>
- FAO, O. de las N. U. para la agricultura y la alimentacion. (2009). *Guía para la descripción de suelos* (Cuarta edi). Roma. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
- Ferreiro, A. (2009). *Arquitectura con tierra en Uruguay.* Retrieved from http://letras-uruguay.espaciolatino.com/ferreiro_alejandro/arquitectura_con_tierra.htm
- Filho, R. R. (2007). El uso de la tierra como elemento constructivo en Brasil : manejo , usos , desafíos y paradigmas, *vol. 20*, 232.
- Foglia, R. C. (2005). *Conceptos Basicos Sobre El Secado De La Madera.* Retrieved from https://www.academia.edu/17318997/Dialnet-Conceptos_Basicos_Sobre_El_Secado_De_La_Madera-5123396_1_
- Gabriel, L., Quizhpe, C., Vinicio, E., Pillajo, C., & Cuenca, U. E. D. E. (2014). *Palabras clave* : UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- Gatz512´ s. (2009). *Sismos en el Ecuador.*

- IES Santiago Grisolia. (2013). Tema 10. EL SUELO. EDAFOLOGÍA. Retrieved from http://roble.pntic.mec.es/lorg0006/dept_biologia/archivos_texto/ctma_t10_suelo.pdf
- INAMHI. (2015). *Boletín de Precipitación y Temperatura*. ECUADOR. Retrieved from http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/tematicos_zonales/precipitacion_temperatura/2015/precipitacion-y-temperatura-z7-noviembre-15.pdf
- INEC. (2010). *VII Censo de población y VI de vivienda*. Retrieved from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Instituto Nacional de normalizacion, Nc.-791. (2001). *Norma chilena oficial, NCh 791* (1a.ed. ed.). Chile: Santiago, Chile INN: 2001.
- (INSHT), I. N. de S. e H. en el T. (2007). Confort térmico, 2007. Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/FichasNotasPracticas/Ficheros/np_not_99.pdf
- ISO7730, U. (2006). española. In *Norma Española* (p. 58). España.
- Jiménez Vicario, P. M., & Cirera Tortosa, A. (2014). Arquitectura vernácula: entre lo local y lo global. *Anuario de Jóvenes Investigadores*, (7), 120–122. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4798230&orden=1&info=link\nhttp://dialnet.unirioja.es/servlet>

BIBLIOGRAFIA

/extart?codigo=4798230

- Madera, P. D. E. L. A., Veta, L. A., Dibujo, E. L., & Madera, E. D. E. L. A. (n.d.). Estructuras Recíprocas.
- Madrid, C. de. (2008). Documento basico de salubrida.
Retrieved from
<http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application/pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1310559772606&ssbinary=true>
- Mar, G., & Neves, M. (1991). de Tierra en Iberoamerica. In *Arquitectura de tierra en iberoamerica* (p. 137).
- Minke, G. (2014). Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. *Manual de Construcción Para Viviendas Antisísmicas de Tierra*, 1, 52.
- Monjo Carrió, J. (2005). La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. Procedimientos para su industrialización. *Informes de La Construcción*, 57(499-500), 37–54.
<http://doi.org/10.3989/ic.2005.v57.i499-500.481>
- Morales, R., Torres, R., Rengifo, L., & Irala, C. (1993). Manual para la construcción de viviendas de adobe.
- Municipio de Loja, G.-L. (n.d.). No Title.
- Nacional, C., & Trabajo, D. E. C. D. E. (2000). Documentación NTP 549 : El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior basada en la, 1–9.
- NEC, & MIDUVI, C. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC-SE-VIVIENDA*.

BIBLIOGRAFIA

<http://doi.org/10.4067/S0717-69962013000200001>

NEC-10., L. C. C. E. D. C. E. DE. (2010). *NEC- 10 PARTE 7 ESTRUCTURAS DE MADERA.*

Norma-E-070-DE ALBAÑILERIA-2006. (2006).

NSR-10. (2010). NSR-10, 530–827.

NSR-98. (1998). *NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE.*

Patricio Cevallos s. (n.d.). T-SENESCYT-0252.pdf.
ECUADOR: CIENCIA Y TECNOLOGIA, 15–18.

Retrieved from

<http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1086/1/T-SENESCYT-0252.pdf>

Pilar Vílchez Conde Paqui Munuera Montero 2ºI.T.I
Mecánica E.P.S Jaén. (2010). Muros de Carga y Separación. Retrieved from
<http://es.slideshare.net/rociocajar/construccion-de-viviendas-con-muros-portantes>

PREDES. (2008). Manual de Quincha Mejorada, 40.

Proyecto Quema de pastizales. (2015). Retrieved from
<http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/Zootecnia/Leup/SSD/pastizales.html>

Puertas Duque, R. (2011). *MATERIALES PARA LA ARQUITECTURA SOSTENIBLE. APLICACION DE CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN REVESTIMINETOS.* Universidad Politecnica de Valencia.

- Red, D. la. (2010). La arquitectura sustentable. Retrieved from <http://www.desdelared.com.mx/2008-2012/2010/raices/0330-arquitectura.html>
- Roland Stulz, S. K. M. (1997). *Materiales de construccion apropiados*. (1997. SKAT, Switzerland, 1993, Ed.) (edicion am). Germany. Retrieved from <http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms00.htm#Contents>
- Saludable, V. (n.d.). Cual es la mejor temperatura ambiente. Retrieved May 12, 2016, from <http://www.viviendasaludable.es/confort-bienestar/climatizacion/cual-es-la-mejor-temperatura-ambiente>
- Solís, D. (n.d.). Análisis térmico de una vivienda económica en clima cálido-seco bajo diferentes orientaciones y medidas de sombreado, 31–57.
- UNAM-DGS-344. (2015). Retrieved from <http://viaorganica.org/mexico-tiene-30-de-los-32-tipos-de-suelo-existentes/>
- Uruguay., P. de arquitectura en. (2015). Arquitectura en barro. Retrieved from <http://arquitectura.com.uy/30/arquitectura-en-barro/>
- VAISALA. (2013). Cómo medir el dióxido de carbono, 4.
- Vilella, E. C. (1983). NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación, *NTP 74*.
- Vivas, F. (2015). Barro nuestro que estas en la tierra, 7–10.
- Vivas, Fruto.Claveran Gonzalez Jorge. Ramos Borges

BIBLIOGRAFIA

Juan, T. L. P. H. J. J. V. F. C. C. R. . C. J. (2015). Red habiterra. In *Barro nuestro que estas en la tierra* (p. 73). Bolivia. Retrieved from https://www.academia.edu/6983330/RED_HABITERRA

Wikipedia. (2016). Enciclopedia Web multilingue.

ANEXO