

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**Configuración estructural en arquitectura vernácula de viviendas
de adobe del distrito de Pucará**

Por:

Saul Max Huayta Aguilar

Asesor:

Mg. Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Juliaca, septiembre de 2020

**DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

Ing. Herson Duberly Pari Cusi, de la Facultad de Ingeniería y arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: **“CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL EN ARQUITECTURA VERNÁCULA DE VIVIENDAS DE ADOBE DEL DISTRITO DE PUCARÁ”** constituye la memoria que presenta el estudiante **Saul Max Huayta Aguilar** para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Civil, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 19 días del mes de octubre del año 2020



Ing. Herson Duberly Pari Cusi
Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 28 día(s) del mes de Septiembre del año 2020 siendo las 14:00 horas,

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Juliaca, bajo la dirección del (de la)

presidente(a): Ing. Juana Beatriz Aguirre Pari el(la)

secretario(a): Mg. Efraim Velazquez Mamani y los demás miembros:

Ing. Ruben Fitzgerald Sosa Aguirre

y el(la) asesor(a) Ing. Herson Duberly Pari Cusi

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de

investigación titulado: "Configuración estructural en arquitectura vernácula de viviendas de adobe del distrito de Pucará"

de los (las) egresados (as): a) Saul Max Huayta Aguilar

b)

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

Ingeniería Civil

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

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

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

Candidato/a (a): Saul Max Huayta Aguilar

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	15	B-	Bueno	Muy bueno

Candidato/a (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

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

Presidente/a

Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

Configuración estructural en arquitectura vernácula de viviendas de adobe del distrito de Pucará

Structural configuration in vernacular architecture of adobe houses in the district of Pucará

Huayta Aguilar Saul Max ^{a*}

^aEP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

Resumen

El adobe es un material producto de la tierra cruda de construcción muy antiguo, a causa de su informalidad son las menos difundidas y estandarizadas por los códigos constructivos, por lo que el objetivo de estudio es analizar la configuración estructural en arquitectura vernácula de viviendas de adobe del distrito de Pucará-provincia de Lampa-región de Puno. Se plantea analizar con los criterios de configuración de las edificaciones de tierra reforzada según la Norma E.080, Diseño y construcción con tierra reforzada. Y se ha verificado que en las viviendas no existe una configuración estructural adecuada.

Palabras clave: Configuración estructural; Arquitectura vernácula; Viviendas; Adobe; Pucará

Abstract

Adobe is a material product of the raw earth of very old construction, because of its informality they are the least widespread and standardized by construction codes, so the objective of the study is to analyze the structural configuration in vernacular architecture of adobe houses from the district of Pucará-province of Lampa-Puno region. It is proposed to analyze with the configuration criteria of reinforced earth buildings according to Standard E.080, Design and construction with reinforced earth. And it has been verified that there is no adequate structural configuration in the houses.

Keywords: Structural configuration; Vernacular architecture; Households; Adobe; Pucará

1. Introducción

El adobe es un material, producto de la tierra cruda de construcción muy antiguo por lo que es posible hallar construcciones en casi todos los lugares del mundo, la mayoría de las edificaciones poseen materiales locales combinando incluso con madera y piedra los cuales brindan menores pérdidas económicas y ambientales (Poletti & Vasconcelos, 2014). En Pucará existe un legado y alberga construcciones patrimoniales históricos, dejado por civilizaciones a lo largo del tiempo, las cuales además de representar la identidad cultural de nuestro país, se considera como fuente de ingreso por el turismo.

Como técnica constructiva tradicional de bajo costo y facilidad hacen que las estructuras de tal material han sido ideales para ser sistema de construcción masivo, predominante y muy utilizada tanto en la población

* Autor de correspondencia:
Km. 6 Salida Arequipa, Juliaca, Puno
Cel.: 990556324
E-mail: saul.huayta@upeu.edu.pe

local y zonas rurales por habitantes de bajos recursos, su construcción si no fuera mayormente informal para la vivienda representaría como económico, sostenible, sismo-resistente y comfortable. A causa de su informalidad son las menos difundidas y estandarizadas por los códigos constructivos (Chávez, 2019), sin embargo el paso del tiempo, la acción humana y la ocurrencia de fenómenos naturales, incluso si asociamos la inexistencia de mantenimiento oportuno y detección tardía de daños. Todo ello puede llevar a la destrucción y perdida lo que provoca devaluar el gran valor cultural, histórico y turístico de las edificaciones existentes. Algunos factores mencionados podrían controlarse de alguna forma, pero su ubicación en un país de alta actividad sísmica lo enfrenta ante las perdidas tanto humanas como materiales por lo que se busca reducir el colapso parcial y total (Leceta, 2019) a través de un buen comportamiento estructural de las edificaciones.

De tal forma se busca analizar la configuración estructural en arquitectura vernácula de viviendas de adobe del distrito de Pucará-provincia de Lampa y región de Puno y además se busca identificar las configuraciones más típicas de arquitectura vernácula de viviendas de adobe de la zona, e incluso evaluar el cumplimiento de los criterios de la configuración de las edificaciones de tierra reforzada según la Norma E-080 de diseño y construcción. Por lo que se estima que si existe una configuración adecuada en arquitectura vernácula de viviendas de adobe.

2. Materiales y Métodos

2.1. Construcción en el Mundo

El adobe es un material de construcción muy antiguo (Houben & Guillaud, 1994), por lo que es posible hallar construcciones de tierra cruda en casi todos los lugares del mundo, pero donde existe tal edificación con tierra existe alta actividad sísmica por lo que nos enfrentamos ante perdidas tanto humanas como materiales.



Figura 1. Zonas con viviendas de adobe (De Sensi, 2003).

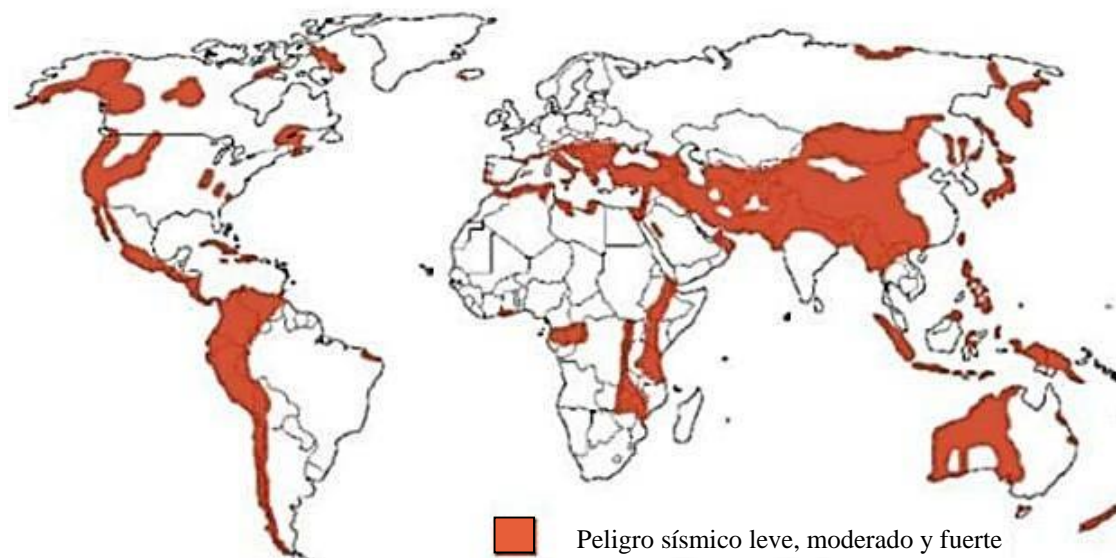


Figura 2. Zonas de alto peligro sísmico (De Sensi, 2003).

2.2. Construcción en el Perú

Las construcciones con tierra en el Perú, son muy comunes debido al bajo costo y alternativa simple, tal es así que representan el 31% del total de construcciones (Castro, 2019), de los cuales el 76,8% de estas están ubicadas en zona rural y el 22,6% en zona urbana (INEI, 2018). Las técnicas constructivas en tierra, que existen en la actualidad son el adobe, tapial (tierra apisonada), quincha (entramado de caña y madera recubierto de barro y paja) y sistema mixto (madera y tierra alivianada).

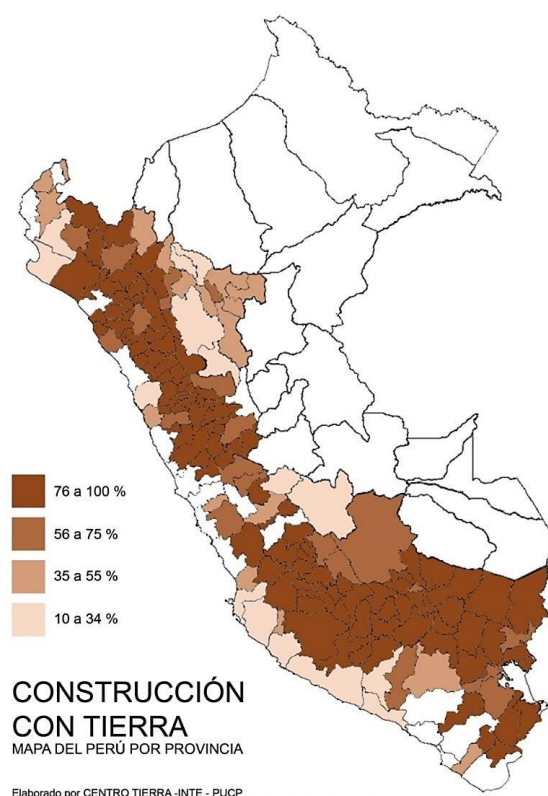


Figura 3. Mapa de construcción con tierra del Perú por provincia (CENTRO TIERRA-INTE-PUCP, 2013) “Material predominante en los muros exteriores” (INEI, 2007) - (Rodríguez-Larrain, Montoya, Gil, Onnis, & Vargas, 2013).

2.3. Construcción Local

La cuenca del Titicaca es una región con una economía agropastoril mixta, con evidencias de una intensificación que fecha hacia el periodo formativo. Pukara, que cubre un área de, al menos, 1 kilómetro cuadrado, ha sido descrito como un centro urbano, un centro ceremonial o de peregrinación y el centro de una jefatura compleja durante el periodo formativo tardío (Klarich, 2005). Pucará es considerado como un rustico pueblito de casas muy sencillas agrupadas en el mismo sitio arqueológico Pukará.

Por lo que en el lugar existe un legado y alberga construcciones patrimoniales históricos, dejado por civilizaciones a lo largo del tiempo, las cuales además de representar la identidad cultural de nuestro país, se considera como fuente de ingreso por el turismo. Así mismo los pobladores buscan soluciones empoderadas, como la autoconstrucción, para poder construir su vivienda (P. Ruiz, 2008). Por este motivo, con la intención de abaratar costos, los nuevos pobladores tienden a autoconstruir sus viviendas e imitar las construcciones modernas de la zona, corriendo el riesgo de ejecutar viviendas altamente vulnerables (Becerra Orihuela, 2019).

El distrito se ubica en la provincia de Lampa del departamento y región de Puno a unos 80 kms. al noroeste del Lago Titicaca, en el Km. 106 de la carretera Puno-Cusco y a una altura aproximada de 3890 m.s.n.m.

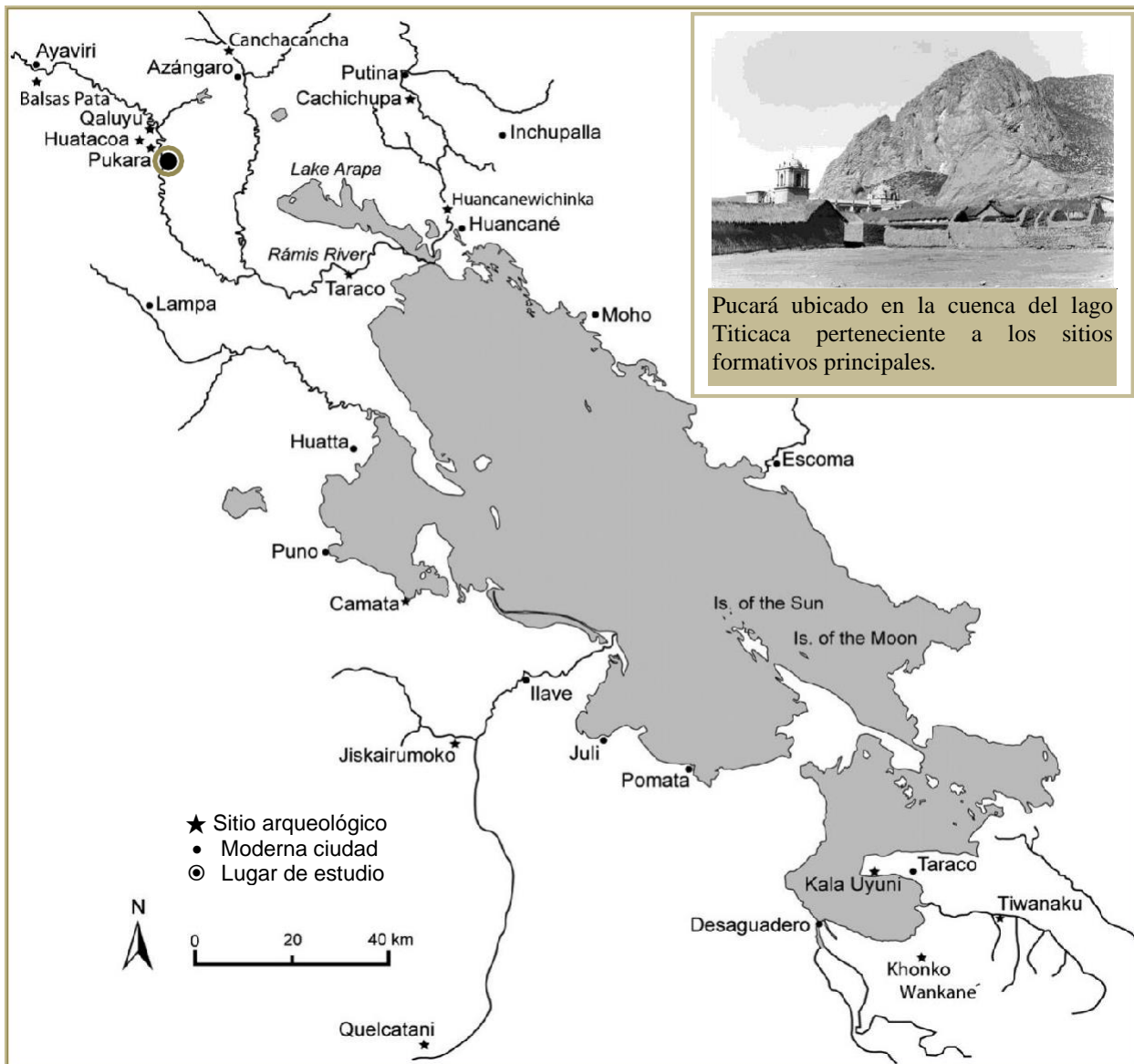


Figura 4. Ubicación del Departamento de Puno, Perú y principales sitios formativos de la cuenca del Titicaca (Levine, Chávez, Cohen, Plourde, & Stanish, 2012) - Se resalta el área de estudio.

2.4. Norma E.080 - Diseño y construcción con tierra reforzada

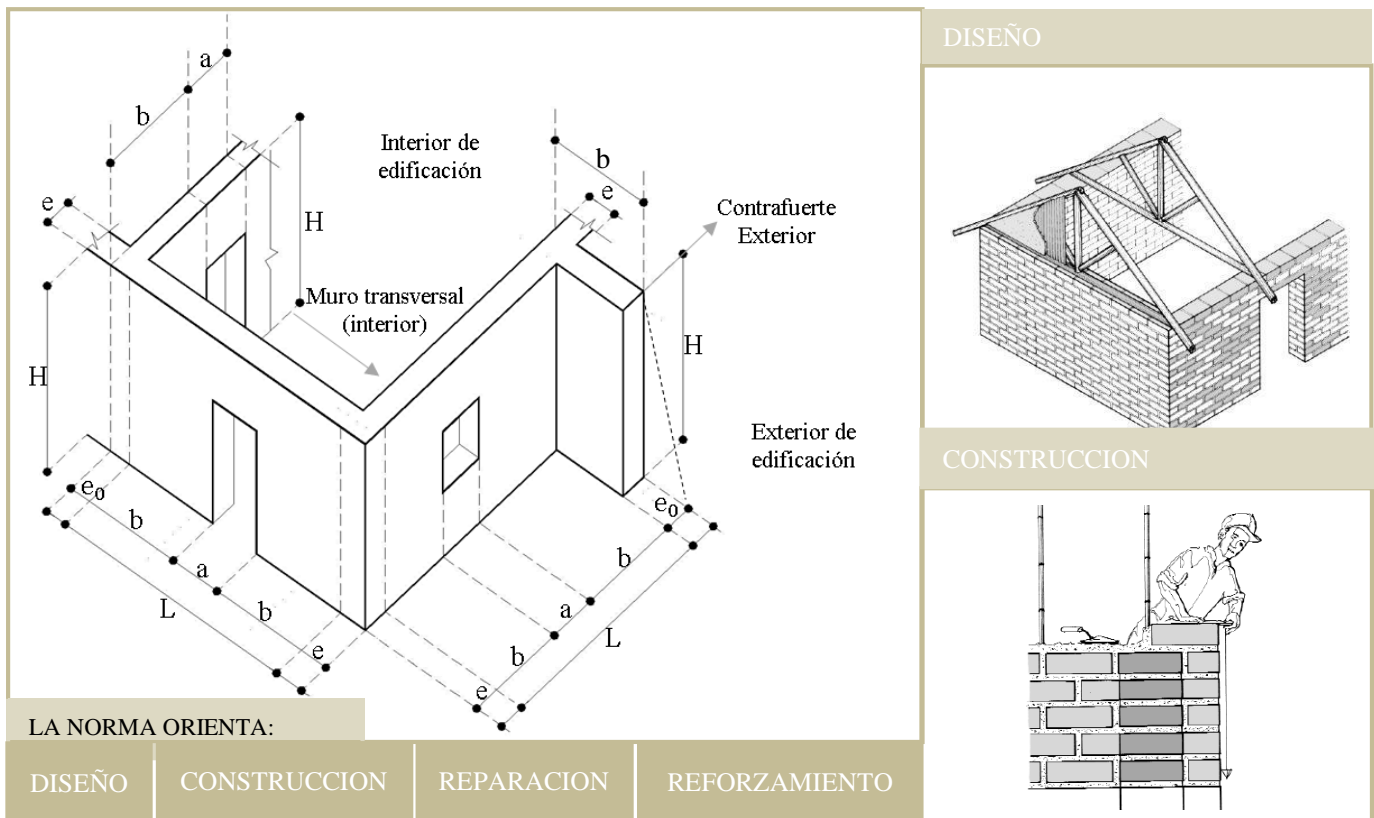


Figura 5. Norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada “Límites Geométricos de muros y vanos” (Vargas, Blondet, & Tejada, 2017) y Guía de Construcción parasísmica (Carazas Aedo, 2002).

2.5. Parámetros de análisis de la norma E.080.

2.5.1. Espesor de muro

Muros anchos para su mayor resistencia y estabilidad frente al volteo. El espesor mínimo del muro es de 0.40 m ($e_0 \geq e$).

2.5.2. Ancho de vanos

Muros de 4,00 m de largo como máximo, la longitud sin arriostres de un muro (entre muros transversales), no debería exceder de 10 veces el espesor del muro ($L=10e$). Ventanas y puertas centradas de 1,20 m de ancho como máximo ($a \leq L/3$).

2.5.3. Vanos de esquina

Proveer muros de 1.2 m de longitud mínima entre vanos ($3e \leq b \leq 5e$).

2.5.4. Altura

Altura máxima de paredes igual a 2,40 m ($h \geq 6e$).

2.5.5. *Relación geométrica (longitud, altura y espesor)*

De acuerdo a las consideraciones geométricas se tiene la siguiente condición con fines de comprobar si los parámetros geométricos cumplen para considerar un buen dimensionamiento ($L \leq 1.25H \leq 17.5e$).

2.5.6. *Esbeltez*

Relaciona la esbeltez vertical ($\lambda_v = H/e$) con la esbeltez horizontal ($\lambda_h = L/e$), de modo que se debe cumplir la expresión: $\lambda_h + 1.25 \lambda_v \leq 17.5$.

2.6. *Población de Viviendas de Adobe*

A través de la fuente de información de la INEI se ha verificado el descenso de viviendas en material de adobe de tal forma, sigue siendo significativo tal cifra.

Tabla 1

Ratio de incremento de construcciones de tierra del distrito de Pucará y rural

FI	C	INEI		I-(10 años)	IA	% IA
		2007	2017			
Censo Nacional	Viviendas	6902	6397	-505	-50.5	-1

Nota: FI = Fuente de Información; C = Concepto; INEI= Instituto Nacional de Estadística e Informática; I=Incremento; IA=Incremento anual; %IA=Porcentaje de incremento anual. Cantidad de edificaciones de adobe (INEI, Características de vivienda, 2007-2017).

2.7. *Morfología de las Viviendas de Adobe típicas*

Si bien es cierto que durante la antigüedad el uso de la tierra como material de construcción estaba ligado a la autoconstrucción, o arquitectura sin arquitectos e ingenieros, esto se debía a la gran especialización de sus obreros gracias a la transmisión de conocimientos adecuados de generación en generación.

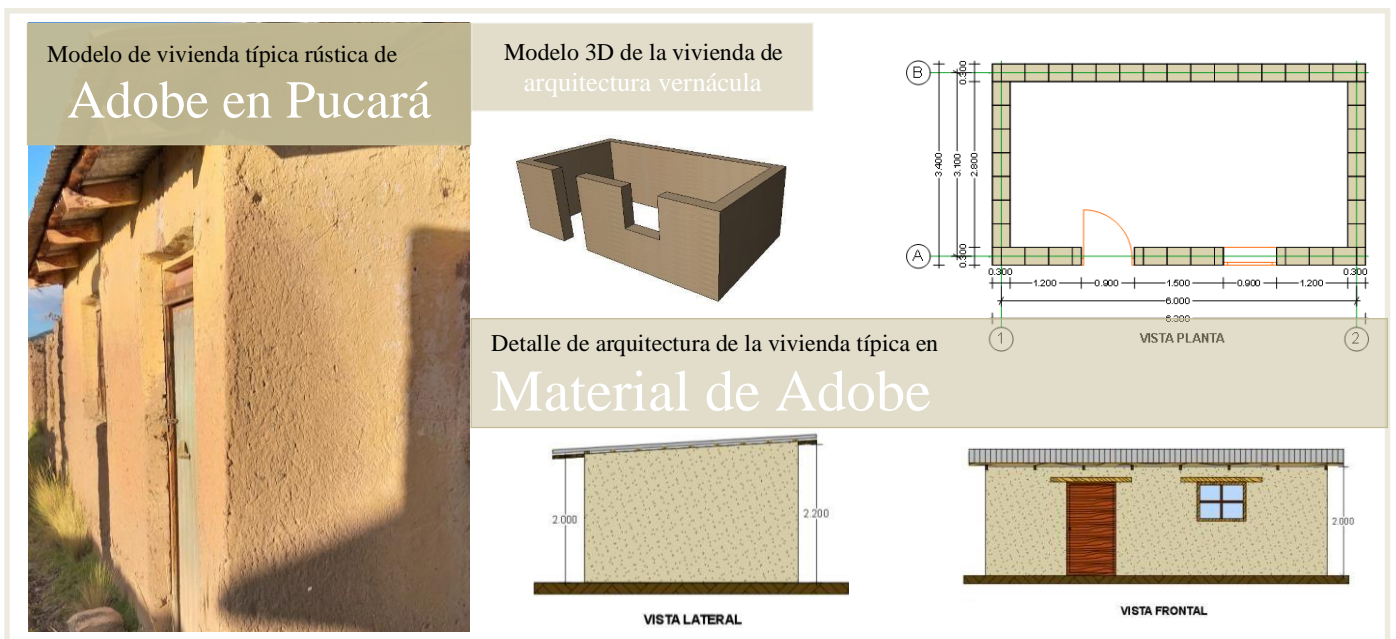


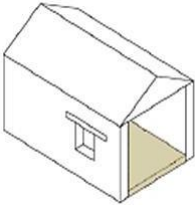
Figura 6. Modelo de vivienda típica (Elaboración Propia).

2.8. Análisis de configuración de las edificaciones de tierra

Uno de los requisitos y criterios técnicos de diseño y construcción para edificaciones de tierra reforzada es orientar al diseño, construcción, reparación y reforzamiento de edificaciones de tierra por lo que se busca conferir seguridad sísmica a la construcción de edificaciones de tierra reforzada, mediante una filosofía de diseño que defina un comportamiento estructural adecuado.

Tabla 2

Criterios de configuración de las edificaciones de tierra reforzada bajo la Norma E.080.

OA				AP	
M	V	M	D	R	C
	16	Adobe	Espesor	[0.30, 0.35]	No
			Longitud	[4.20, 8.00]	No
			Ancho de vano	[0.80, 1.00]	Si
			Vano de esquina	[1.20, 1.50]	Si
			Altura	[1.80, 2.20]	Si
			Relación Geométrica	≥ 7.00	No
			Esbeltez	≥ 17.50	No

Nota: OA = Objetivo de Análisis; M = Modelo; V= Vivienda; M=Material; D= Descripción; AP=Análisis de parámetros; C=Cumple y R=Resultado del análisis de la vivienda de adobe del distrito de Pucará mediante la norma E.080.

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados

Se ha demostrado en el estado del arte que las estructuras de tierra con madera se han replicado en todo el mundo, circunstancialmente en aquellos lugares donde se desarrolló una cultura sísmica, por lo que, con el gran potencial forestal y suelo del Perú y la gran sismicidad del país, es justificable la incorporación de la madera y tierra como una alternativa sismorresistente, económica, sostenible y fácil de construir.

Cuando se encamino en la investigación siguiente, se planteaba que existe una configuración estructural adecuada en las viviendas de adobe del distrito de Pucará, cabe mencionar que el análisis ha demostrado que, si existe criterio solo en algunos casos.

El criterio de diseño basado en la estabilidad, define los límites de grosor, esbeltez vertical y esbeltez horizontal de los muros. Considerando tal detalle podemos decir que, a través del parámetro de esbeltez analizado, se define que las edificaciones estudiadas no cumplen y no existe una configuración.

Tabla 3

Resultado de analisis de configuración de las edificaciones de tierra en Pucará bajo la Norma E.080.

OA				AP	
M	V	M	D	R	C
Típico	16	adobe	Relación Geométrica	≥ 7.00	No
			Esbeltez	≥ 17.50	No

Nota: OA = Objetivo de Análisis; M = Modelo; V= Vivienda; M=Material; D= Descripción; AP=Análisis de parámetros; C=Cumple y R= Resultado del análisis de la vivienda de adobe del distrito de Pucará mediante la norma E.080.

Por el cual se podría concluir que las configuraciones de 16 viviendas seleccionadas arbitrariamente y estudiadas, fue determinante concebir que las viviendas no están acorde a la solicitud de las recomendaciones de la normativa por lo que ante actividad sísmica lo enfrenta ante las pérdidas tanto humanas como materiales.

4. Conclusiones

A través de ésta investigación se ha verificado que no existe una configuración estructural adecuada en arquitectura vernácula de viviendas de adobe del distrito de Pucará, provincia de Lampa y región de Puno. Debido a que las personas muchas veces no tienen información necesaria, por lo que hoy a través de la Norma E.080, podría mejorar tal situación y así reducir la informalidad de la construcción con tierra e incluso hacer que sean las más difundidas y estandarizadas por los códigos constructivos.

Recomendaciones

Se recomienda estudiar las construcciones de tierra ya que es un material muy noble con la naturaleza y es responsabilidad del ser humano seguir estudiándola ya que por su accesibilidad y bajo costo su construcción es masivo.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a profesionales que aportaron con un gran conocimiento en el mundo de la construcción desde ingenieros y arquitectos: Herson Duberly Pari, Sofia Rodriguez Larrain, Teresa Montoya Robles, Julio Vargas Neumann, Silvia Onnis y Giuseppina Meli.

Referencias

- Becerra Orihuela, G. (octubre de 2019). Ensayo estático de carga lateral cíclica en un sistema mixto de madera y tierra alivianada. *Diseño y construcción prefabricada con madera y tierra*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Carazas Aedo, W. (2002). Adobe. *Guía de construcción parasísmica*. Francia: CRATerre.
- CENTRO TIERRA-INTE-PUCP. (2013). *Mapa de construcción con tierra del Perú por provincia*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Chávez, G. A. (2019). Detección y Localización de Daño Estructural en Construcciones Históricas de Tierra. Lima: Pontificie Universidad Católica del Perú.
- De Sensi, B. (2003). La difusión de la arquitectura de la tierra. *Earth Architecture*.
- Houben, H., & Guillaud, H. (1994). *Earth Construction. A Comprehensive guide*. Londres: ITDG Publishing-CRATerre.
- INEI. (2007). Instituto Nacional de Estadística e Informática-Material de construcción de las viviendas: Material predominante en los muros exteriores. *Características de la Infraestructura de las Viviendas particulares censadas*.
- INEI. (2007-2017). Características de vivienda. *Cuadro N° 6: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material de construcción predominante en las paredes exteriores de las viviendas según provincia, distrito, área urbana y rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes*.
- Klarich, E. (2005). From the Monumental to the Mundane. *Defining Early Leadership Strategies at Late Formative Pukara*. California: Tesis de doctorado: University of California at Santa Barbara.

- Leceta, J. I. (2019). Análisis sísmico utilizando bloques rígidos de modelos. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Levine, A., Chávez, C., Cohen, A., Plourde, A., & Stanish, C. (2012). El Surgimiento de la Complejidad Social en la Cuenca Norte del Titicaca. *En Arqueología de la Cuenca del Titicaca*. Perú: editado por L. Flores y H. Tantaleán, pp. 131-154. IFEA y Cotsen.
- P. Ruiz, M. (2008). Discusión y alternativas de las políticas de vivienda en el Perú (1990 – 2007). *Cuadernos 11. Arquitectura y ciudad*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Poletti, E., & Vasconcelos, G. (2014). Seismic behaviour of traditional timber frame walls. *experimental results on unreinforced walls*. Portugal: University of Minho.
- Rodríguez-Larrain, S., Montoya, T., Gil, S., Onnis, S., & Vargas, J. (2013). *Aportes de la enseñanza de la arquitectura en tierra a la mitigación de riesgos. Cuadernos 18*. Lima: Departamento de arquitectura- Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Vargas, J., Blondet, M., & Tejada, U. (2017). Norma E.080. *Diseño y construcción con tierra reforzada*. Lima: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento: Anexo - Resolución Ministerial N° 121-2017-Vivienda.

Tablas

Tabla 1. Ratio de incremento de construcciones de tierra del distrito de Pucará y rural

Tabla 2. Criterios de configuración de las edificaciones de tierra reforzada bajo la Norma E.080.

Tabla 3. Resultado de analisis de configuración de las edificaciones de tierra en Pucará bajo la Norma E.080.

Figuras

Figura 1. Zonas con viviendas de adobe (De Sensi, 2003).

Figura 2. Zonas de alto peligro sísmico (De Sensi, 2003).

Figura 3. Mapa de construcción con tierra del Perú por provincia (CENTRO TIERRA-INTE-PUCP, 2013) “Material predominante en los muros exteriores” (INEI, 2007) - (Rodríguez-Larrain, Montoya, Gil, Onnis, & Vargas, 2013).

Figura 4. Ubicación del Departamento de Puno, Perú y principales sitios formativos de la cuenca del Titicaca (Levine, Chávez, Cohen, Plourde, & Stanish, 2012) - Se resalta el área de estudio.

Figura 5. Norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada “Límites Geométricos de muros y vanos” (Vargas, Blondet, & Tejada, 2017) y Guía de Construcción parasísmica (Carazas Aedo, 2002).

Figura 6. Modelo de Vivienda Típica (Elaboración Propia).