

# Características de la arquitectura vernácula en zonas altoandinas de Perú. Una contribución al estudio del mundo rural\*

Fecha de recepción: 25 de diciembre de 2020 | Fecha de aprobación: 2 de septiembre de 2021 | Fecha de publicación: 15 de agosto de 2022

Heber Nehemias Chui Betancur

Universidad Nacional del Altiplano, Perú

ORCID: 0000-0001-8869-9423

hchui@unap.edu.pe

Edilberto Huaquisto Ramos

Universidad Nacional del Altiplano, Perú

ORCID: 0000-0003-1671-0747

Germán Belizario Quispe

Universidad Nacional del Altiplano, Perú

ORCID: 0000-0001-9805-3714

Ángel Canales Gutiérrez

Universidad Nacional del Altiplano, Perú

ORCID: 0000-0002-3096-1705

Alfredo Pelayo Calatayud Mendoza

Universidad Nacional del Altiplano, Perú

ORCID: 0000-0002-1213-0035

**Resumen** La arquitectura vernácula de las zonas alto andinas de Perú es una inspiración para las innovaciones en el diseño, la armonía con el ambiente y las soluciones climáticas y ambientales previstas dentro del diseño sostenible. El artículo caracteriza la conductividad térmica, la organización espacial, las creencias y costumbres ancestrales que reflejan las identidades económicas, sociales, ideológicas y psicológicas impresas en el paisaje de las viviendas vernáculas rurales del municipio de Atuncolla en Puno, Perú. Se realizan mediciones de la distribución del espacio físico y la caracterización de materiales de construcción, así como de la orientación y ubicación de viviendas, y en laboratorio se determina la conductividad térmica del adobe. Se considera arquitectura verde, dado que los materiales de construcción son elaborados principalmente con recursos propios como el adobe, cuya conductividad térmica es de  $0,20175 \pm 0,00645$ , los cuales son de bajo consumo energético (energía cero), amigables con el medio ambiente y libres de gases de efecto invernadero.

**Palabras clave** construcción de adobe, casas de energía cero, organización espacial, sostenibilidad

\* Artículo de investigación científica

Cómo citar este artículo: Chui Betancur, H. N., Huaquisto Ramos, E., Quispe, G. B., Canales Gutiérrez, Á., y Calatayud Mendoza, A. P. (2022). Características de la arquitectura vernácula en zonas altoandinas de Perú. Una contribución al estudio del mundo rural. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 15. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu15.cavz>

# Characteristics of Vernacular Architecture

in High Andean Areas of Peru. A Contribution to the Study of the Rural World

**Abstract** The vernacular architecture of the high Andean areas of Peru is an inspiration for innovations in design, harmony with the environment, and climatic and environmental solutions provided within sustainable design. The article characterizes the thermal conductivity, the spatial organization, the ancestral beliefs and customs that reflect the economic, social, ideological and psychological identities imprinted in the landscape of rural vernacular dwellings in the municipality of Atuncolla in Puno, Peru. Measurements are made of the distribution of physical space and the characterization of construction materials, as well as the orientation and location of houses, and the thermal conductivity of adobe is determined in the laboratory. It is considered green architecture, given that the construction materials are made mainly with own resources such as adobe, whose thermal conductivity is  $0.20175 \pm 0.00645$ , which are low energy consumption (zero energy), friendly to the environment and free of greenhouse gases.

**Keywords** **adobe construction, zero energy houses, spatial organization, sustainability**

## Caraterísticas da arquitetura vernácula

em zonas altoandinas do Peru. Uma contribuição para o estudo do mundo rural

**Resumo** A arquitetura vernácula das zonas alto andinas do Peru é uma inspiração para as inovações no design, a harmonia com o meio ambiente e as soluções climáticas e ambientais previstas dentro do design sustentável. O artigo caracteriza a condutividade térmica, a organização espacial, as crenças e costumes ancestrais que refletem as identidades econômicas, sociais, ideológicas e psicológicas impressas na paisagem das vivendas vernáculas rurais do município de Atuncolla em Puno, Peru. Aferições da distribuição do espaço físico são realizadas e a caracterização de materiais de construção, bem como da orientação e ubiquação de moradias, e no laboratório determina-se a condutividade térmica do adobe. Considera-se arquitetura verde dado que os materiais de construção são elaborados principalmente com recursos próprios como o adobe, cuja condutividade térmica é de  $0,20175 \pm 0,00645$ , os quais são de baixo consumo energético (energia zero), amigáveis ao meio ambiente e livres de gases de efeito estufa.

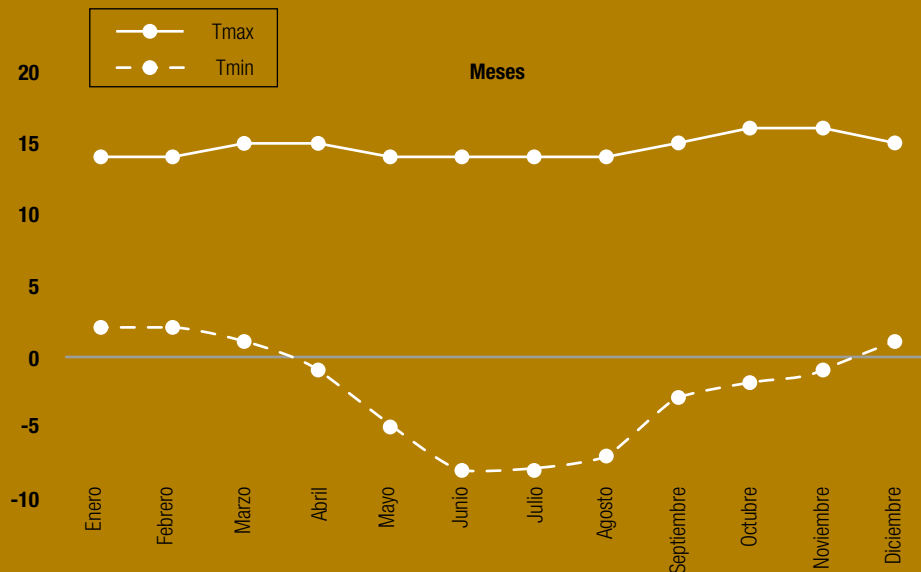
**Palavras-chave** **construção em adobe, casas de energia zero, organização espacial, sustentabilidade**

## Introducción

Durante miles de años, los habitantes de cada región del mundo han desarrollado metodologías y sistemas bioclimáticos en la construcción de viviendas a fin de mitigar los efectos adversos del cambio climático (Kırbaş y Hızlı, 2016; Nguyen et al., 2019). Particularmente, el Perú es un país con alta vulnerabilidad al cambio climático (Carranza y Zúñiga, 2018), sobre todo en las zonas altoandinas de la región de Puno, donde entre los meses de junio a agosto las temperaturas mínimas y máximas varían de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente (figura 1), mientras que a altitudes mayores a 4000 m. s. n. m. las temperaturas varían de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI], 2018), debido a que el departamento de Puno está ubicado en la sierra sudeste de Perú, en la cordillera de los Andes, en la meseta del Collao, entre los 3812 y 5500 m. s. n. m.

Además, estas bajas temperaturas causan enfermedades crónico-respiratorias que afectan principalmente a las niñas, niños y personas de la tercera edad (Essalud, 2019; OMS, 2014), por lo que ha sido necesario construir viviendas bioclimáticas con materiales que mantengan un confort térmico (Abanto et al., 2017; Olukoya Obafemi y Kurt, 2016; Quispe, 2005; Zhang et al., 2017), así como construcciones a base de adobes (tierra y paja), que presentan mejores parámetros físicos en conductividad térmica y calor específico que las edificaciones de concreto (Liu et al., 2017), por lo que las viviendas rurales construidas con adobe permiten así la ganancia de calor y la reducción de sus pérdidas (Zhang et al., 2019).

Mediante la medición de los parámetros físicos, la organización y distribución de ambientes, costumbres, actividades productivas y usos de los



**Figura 1.** Temperaturas mínimas (Tmin) y máximas (Tmax) durante un año en la región altiplánica de Atuncolla

Fuente: SENAMHI (2018)

materiales de construcción nos permitirá obtener resultados para definir los criterios de solución al problema de vivienda rural. Por ello, el presente estudio tiene como propósito caracterizar la conductividad térmica, la organización espacial, las creencias y costumbres ancestrales, que reflejan las identidades económicas, sociales, ideológicas y psicológicas impresas en el paisaje de las viviendas vernáculas rurales del municipio de Atuncolla en Puno, Perú. Este estudio es producto de la investigación multidisciplinaria: *Turismo rural vivencial ecoeficiente en el distrito de Atuncolla, lago Titicaca*, en desarrollo, para plantear alternativas de solución y fomentar la I+D+i, financiera del proyecto Concytec-Banco Mundial: *Mejoramiento y ampliación de los servicios del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica*, 8682-PE, a través de su unidad ejecutora Fondecyt [Contrato número 120- 2018-FONDECYT-BM-IADT-MU].

## Marco teórico

### Las construcciones de viviendas a base de tierra

Alrededor del 30 % de la población mundial vive en casas construidas principalmente de tierra, lo que implica cerca del 50 % de la población de los países en desarrollo y el hecho de que por lo menos el 20 % de las áreas urbano-marginales se caracteriza por este tipo de construcciones (Alrashed et al., 2017; Varum et al., 2015). Las construcciones de tierra son uno de los sistemas más antiguos y ampliamente empleados en Perú (García, 1998; Shady, 2006), y según el VII Censo Nacional de Vivienda del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018), el 27,91 % de viviendas (2.148.494) en el país son construidas de tierra (adobe o tapia), de las cuales el 12,30 % se encuentran en la región de Cajamarca, el 10,65 % en La Libertad y el 10,56 % en Puno, siendo este el tercer departamento con

mayor cantidad de construcciones de este tipo. En la región de Puno existen 386.671 viviendas, de las cuales 226.775 (58,65 %) tienen paredes construidas de adobe o tapia (figura 2), ambas hechas de tierra (INEI, 2014, 2018).

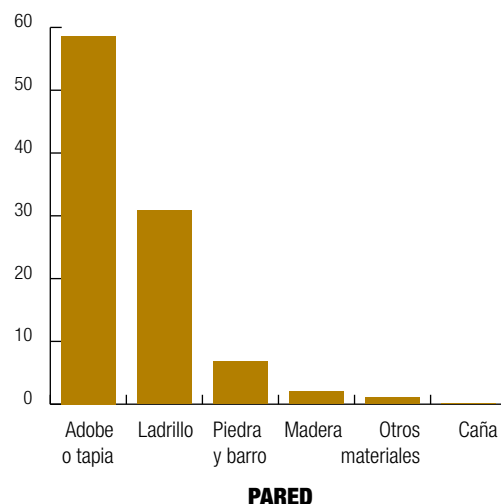


Figura 2. Tipo de material empleado en las construcciones de paredes en las viviendas de la región de Puno, Perú

Fuente: VII Censo Nacional de Vivienda del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018)

### La clasificación de la arquitectura vernácula rural altiplánica de la región de Puno

La arquitectura vernácula rural altiplánica de la región puneña se puede clasificar, de acuerdo con la construcción de las paredes y el techo, en construcciones de adobe con techo de paja o calamina (figura 3a), y construcciones de piedra con techo de calamina o paja (figura 3b), *putucos* (figura 3c) y *Lak 'a Uta* (figura 3d). De los cuatro tipos de construcciones en la región altiplánica, el que más se emplea es la construcción de adobe con techo con lámina metálica acanalada (calamina galvanizada).

En las zonas rurales a gran altitud de la región de Puno existen 26.213 viviendas (6,78 %) construidas de piedra y barro (INEI, 2018), de formas rectangulares y cilíndricas con techo de paja,

y la mayoría de estas construcciones presentan una puerta y una ventana orientada al patio. Según el INEI (2018), el 58,65 % son construcciones de adobe con techo de paja o calamina con una puerta y dos ventanas, constituyendo de este modo el tipo de vivienda predominante en la zona rural y urbana de esta región.

Además de estas, se pueden observar construcciones a las que se denominan *putucos*, las cuales tienen forma piramidal, con base rectangular y techo en punta, hechas de material champa de tierra virgen. Estas construcciones miden tres metros de alto por dos de ancho en promedio, y en su estructura cuentan con una única puerta baja y angosta, además de tener otras aberturas para ventilación (Gamarra, 2019). Los *putucos* fueron declarados Patrimonio Cultural de la Nación (Ministerio de Cultura, 2014) debido a los conocimientos, saberes y técnicas relacionados con su construcción en el distrito de Taraco, en la provincia de Huancané, y en los distritos de Samán y Arapa en la provincia de Azángaro del departamento de Puno. En la figura 3d se muestra la construcción denominada *Lak'a Uta*, la cual presenta una cubierta de adobe con un efecto natural de aislación térmica que mantiene una temperatura constante día y noche y es resistente al fuego y al viento (AHSA, 2001), siendo un tipo de construcción que se encuentra en la región altiplánica de Puno en la frontera con Bolivia.

Es importante aplicar conceptos de energía sostenible en la construcción de viviendas, lo que se traduce en casas de energía cero (UNEP SBCI, 2009), amigables con el medio ambiente y libres de gases de efecto invernadero (Alrashed et al., 2017; Salgın et al., 2017), por ejemplo, mediante la aplicación de técnicas y el uso de materiales de construcción vernáculos (figuras 3a, 3b, 3c y 3d). Los edificios y la industria de la construcción tienen una fuerte interacción con la demanda de energía global, ya que son responsables de más del 50 % del consumo mundial de energía y de



**Figura 3.** Técnicas de construcción vernáculos en las zonas altoandinas (3892 m. s. n. m.) de Puno, Perú

Fuente: elaboración propia

más de un tercio de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (Energy Information Administration, 2019; UNEP SBCI, 2009). Las construcciones de viviendas vernáculas del municipio de Atuncolla aplican un concepto de sostenibilidad debido a que son construidas con materiales de la zona como adobe, piedra y paja, entre otros, siendo preciso indicar que no utilizan cemento, ladrillos ni hormigón, materiales de construcción de elevado consumo energético y alta concentración de gases de efecto invernadero.

### Adobe: material de construcción

Se trata de una técnica tradicional ampliamente utilizada en las construcciones de viviendas más antiguas y populares del mundo, con un uso que se remonta a más de diez mil años en las más variadas zonas y climas del planeta, y también específicamente en el Perú (Shady, 2006). Para incrementar el confort térmico y la eficiencia energética en la construcción es necesario conocer las características y parámetros físicos de los materiales, como el calor específico y el coeficiente de conductividad térmica (Fernandes et al., 2020). El confort térmico está definido como una percepción subjetiva que permite expresar la satisfacción con el ambiente (ISO7730, 2005), definido como una resultante de los efectos de parámetros físicos como el calor específico y la conductividad térmica en materiales de construcción como ladrillos, adobes, cemento y componentes cerámicos de las viviendas (Ramírez et al., 2013; Varum et al., 2015). En este orden, las construcciones con adobe presentan mejores características térmicas, acústicas y ambientales con respecto a los materiales comerciales.

### Metodología

Atuncolla es uno de los quince distritos de la provincia y región de Puno, bajo la administración del Gobierno Regional de Puno. El distrito de

Atuncolla tiene una superficie de 124,74 km<sup>2</sup> con una altitud de 3822 m. s. n. m. en promedio, una población de 4555 habitantes y una densidad poblacional de 36,52 hab./km<sup>2</sup> (figura 4).

Las viviendas vernáculas de Atuncolla en estudio se encuentran alrededor de la península de la laguna Umayo, a 33 km de la ciudad Puno, en el sitio arqueológico de Sillustani (morada eterna de nobles del altiplano), y se agruparon en cuatro tipos, codificadas e identificadas con las siguientes coordenadas geográficas: P<sub>01</sub> (-15.700509, -70.131778), P<sub>02</sub> (-15.663279, -70.152392), P<sub>03</sub> (-15.637741, -70.174553) y P<sub>04</sub> (-15.715236, -70.199692).

La caracterización de los factores físicos de las viviendas rurales se realizó mediante la observación directa y medición *in situ* de las dimensiones, distribución espacial, organización, zonificación y orientación de las viviendas con wincha, GPS, flexómetro y brújula.

Los factores ambientales también se midieron *in situ* en las viviendas, referidos a la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad de viento, con una estación meteorológica automática instalada en el área de estudio y apoyada con HOBO MX Temp/HR logger.

Las propiedades térmicas de los materiales de construcción de las viviendas se evaluaron con el medidor de conductividad térmica, que consta de un recipiente octagonal para agua caliente a temperatura de ebullición constante (foco caliente del equipo), diez sensores de temperatura (+/- 0,5 °C de precisión y un rango de -40 °C a 125 °C) y humedad (+/- 2 % de precisión y un rango de 0 a 100 %), una placa arduino, un protoboard y un ordenador. Para ello se puso un sensor en el recipiente octagonal (foco caliente), otro en el ambiente a una distancia considerable de la fuente de calor, y un sensor en el extremo

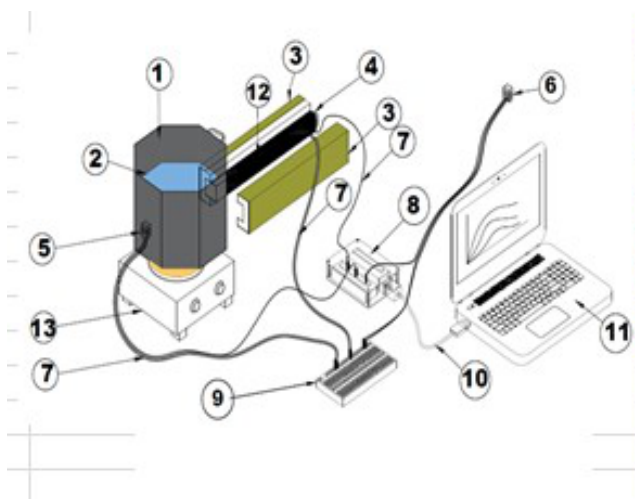


Figura 4. Ubicación geográfica de las zonas de estudio (municipio de Atuncolla)

Fuente: elaboración propia

de cada una de las ocho muestras (adobe con aislamiento), disponiendo el otro extremo de la muestra pegado a la fuente de calor. Estos sensores captan flujos de calor y de humedad, y están conectados a una tarjeta arduino que tiene la capacidad de transmitir información de las lecturas

de datos en tiempo real a través de un pseudocódigo programado mediante algoritmos, de manera que los datos obtenidos pueden apreciarse de forma sincronizada y temporalizados en la pantalla de un ordenador que se conecta a la tarjeta mediante un cable USB (Canales et al., 2021).



**EQUIPO MEDIDOR CONDUCTIVÍMETRO PULPO**

1. Recipiente octogonal
2. Volúmen de agua
3. Aislante térmico
4. Superficie lateral de la muestra
5. Sensor de medición temperatura y humedad
6. Sensor de medición temperatura y humedad
7. Cable de conexión de sensor
8. Tarjeta arduino
9. Protobard
10. Cable USB
11. Ordenador
12. Muestra de estudio
13. Estufa

Además, para determinar la conductividad térmica de los adobes de las viviendas de Atuncolla se empleó el método de Fourier (1824) y para el cálculo del calor específico se usó el método de la calorimetría, utilizando un calorímetro Pasco Scientific del Laboratorio de Física de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

La conductividad térmica es una propiedad física de los materiales, entendida como la capacidad de una sustancia de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras adyacentes o a sustancias con las que está en contacto (Serway y Jewett, 2008; Tipler y Mosca, 2010). En este proceso, la expresión matemática que relaciona dichas magnitudes físicas se conoce como ley de Fourier de la conducción térmica:

$$\vec{q} = -k\nabla T$$

$$\frac{dQ}{dt} = -kA \left( \frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y}, \frac{\partial T}{\partial z} \right)$$

Las creencias, costumbres ancestrales y modos de producción agropecuaria que reflejan las identidades económicas, sociales, ideológicas y psicológicas impresas en el paisaje de las viviendas vernáculas rurales se determinaron mediante encuestas semiestructuradas que se aplicaron a los propietarios y pobladores del ámbito de estudio.

## Resultados

Los resultados de coeficientes de conductividad térmica de los adobes de viviendas vernáculas son similares, con un valor promedio de  $0,20175 \pm 0,00645$  (tabla 1), dado que los pobladores manejan las mismas tecnologías de construcción de viviendas a base de tierra para elaborar los adobes.

Tabla 1. Conductividad térmica de los adobes de las viviendas vernáculas

Muestra	Ubicación	Conductividad térmica ( $Wm^{-1}K^{-1}$ )
P <sub>01</sub>	(-15.700509, -70.131778)	0,194 0,00612
P <sub>02</sub>	(-15.663279, -70.152392)	0,206 0,0072
P <sub>03</sub>	(- 5.637741, -70.174553)	0,208 0,0053
P <sub>04</sub>	(-15.715236, -70.199692)	0,199 0,0064

Fuente: elaboración propia

Las construcciones con adobe presentan mejores características térmicas, acústicas y ambientales, con valores de conductividad térmica de  $0,182 Wm^{-1}K^{-1}$  a  $0,225 Wm^{-1}K^{-1}$  (Arroyo et al., 2013; Gama et al., 2012; Holguino et al., 2018; Ramírez et al., 2013), mientras que las construcciones con material de concreto tienen una conductividad térmica de  $0,35 Wm^{-1}K^{-1}$  a  $0,791 Wm^{-1}K^{-1}$  (Olukoya Obafemi y Kurt, 2016; Pérez et al., 2002), por lo que las viviendas vernáculas del municipio de Atuncolla construidas de adobe tienen una mejor masa térmica (capacidad de almacenamiento de calor del material), almacenando calor durante el día y liberándolo en el ambiente durante la noche, cuando se produce el descenso de las temperaturas.

La mayoría de los propietarios de casas vernáculas de Atuncolla son agricultores y tienen como actividad principal la ganadería, dado que viven en un lugar muy fértil. Sus viviendas constan de varias construcciones, principalmente de adobe de un solo nivel, con techos de láminas acanaladas (calaminas galvanizadas), dispuestas individualmente o dispersas y agrupadas en forma de cerco, con el establo detrás de ellos. Los propietarios generalmente orientan sus casas hacia el sur, a fin de ganar calor durante el día. Los lugareños practican diversos ritos, tales como: pago a la *pachamama*, semana santa, catatisiña (cosecha de papa), casarasiris, conmemoración de todos los santos, año nuevo quechua, entre otros ritos andinos, además de la fiesta de carnavales misturita de Atuncolla, la fiesta del patrono San



Andrés, la fiesta de la Virgen del Carmen y el aniversario de distrito de Atuncolla.

La vivienda vernácula  $P_{01}$  está construida en la ladera del cerro (figuras 5a y 5b) con la finalidad de evitar las inundaciones, dado que en la región altiplánica de Puno la precipitación pluvial es de 735 mm durante un año (Díaz, 2013), siendo los meses de diciembre a marzo los de mayor intensidad, mientras que las temperaturas adversas durante los meses de junio a agosto varían de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  (SENAMHI, 2018). La arquitectura vernácula  $P_{01}$  consta de cinco ambientes: tres dormitorios (D1, D2, D3), una cocina (C) y un almacén (A), construidos de adobe y con techo de lámina metálica acanalada, un invernadero (I), un baño (SH), un establo (E) y un pozo (Pz). El dormitorio principal (D1) tiene un área de  $23,4\text{ m}^2$  con piso de tierra, una pared de espesor de 30 cm y una ventana de  $1,08\text{ m}^2$  de área, con un alféizar de 1 m. El conjunto habitacional tiene un patio de  $174\text{ m}^2$  de área. La familia, compuesta por los dos padres y tres hijos, se dedica en un 90 % a la crianza de animales como ovejas y vacas, y el 10 % restante al cultivo de papa, cebada y quinua, además de que participa de costumbres locales como los carnavales

Misturita de Atuncolla, entre otras festividades. En la distribución espacial, se obtuvo que la distancia que existe entre la cocina y el dormitorio D1 es de 4,10 m; entre la cocina y el baño es de 4,60 m; entre la cocina y el almacén es de 3,8 m; entre la cocina y el pozo de agua es de 8,40 m; y entre la cocina y el establo es de 12,50 m. Se puede ver que las unidades habitacionales se encuentran un tanto dispersas, práctica arquitectónica que no está influenciada por la arquitectura occidental predominante (Anderson, 1997).

La vivienda vernácula  $P_{02}$  está construida en una llanura con pendiente hacia el río, con la finalidad de evitar las inundaciones. La arquitectura vernácula  $P_{02}$  consta de dos dormitorios (D1 y D2), una sala (S), una cocina (C), un baño (SH), un establo (E) y un pozo (Pz). El dormitorio principal (D1) tiene un área de  $28,5\text{ m}^2$  con piso de tierra, una pared de espesor de 30 cm y dos ventanas de  $0,80\text{ m}^2$  de área, con un alféizar de 1,43 m. El conjunto habitacional tiene un patio (P) de  $265\text{ m}^2$  de área (figuras 6a y 6b). La familia está compuesta por seis personas, dos padres, un abuelo y tres hijos, y su actividad económica principal es la crianza de ovejas y vacas, aunque también se dedican a la elaboración de quesos

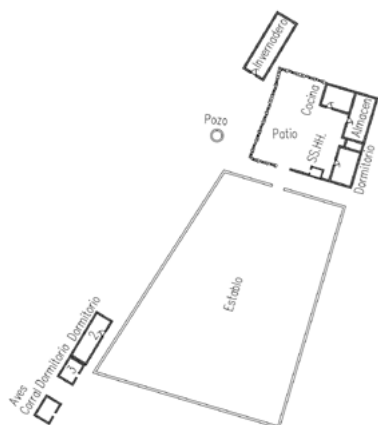


Figura 5. Distribución espacial de la arquitectura vernácula  $P_{01}$  (-15.700509, -70.131778), con construcciones de adobes y con cobertura de lámina metálica acanalada

Fuente: elaboración propia

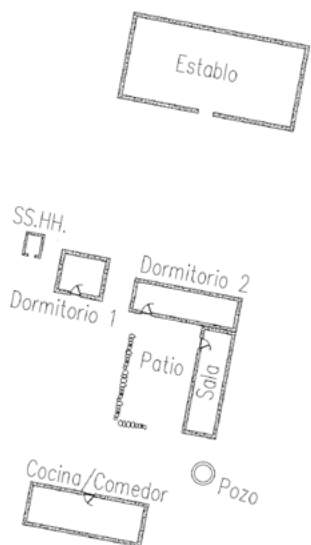


Figura 6. Distribución espacial de la arquitectura vernácula P<sub>02</sub> (-15.663279, -70.152392), con construcciones de adobes y con cobertura de lámina metálica acanalada

Fuente: elaboración propia

y a la venta de animales, además de que practican la agricultura de papa, cebada, quinua y alfalfa como una actividad secundaria solo para el consumo interno. En la distribución espacial, se obtuvo que la distancia entre la cocina y el dormitorio (D1) es de 10,10 m; entre la cocina y el baño es de 14 m; entre la cocina y la sala (S) es de 7,5 m; entre la cocina y el pozo de agua es de

6,5 m; y entre la cocina y el establo es de 26,40 m. Las unidades habitacionales se encuentran dispersas, práctica arquitectónica no influenciada por la arquitectura occidental predominante (Anderson, 1997; Oliver, 1997; Stevenson, 2006). La familia participa de las costumbres locales, como los carnavales Misturita de Atuncolla, entre otras festividades.

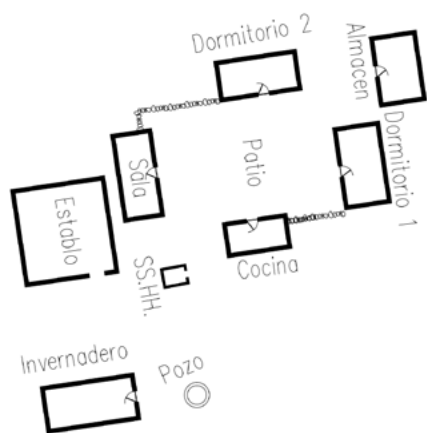


Figura 7. Distribución espacial de la arquitectura vernácula P<sub>03</sub> (-15.637741, -70.174553), con construcciones de adobes y con cobertura de lámina metálica acanalada

Fuente: elaboración propia

La vivienda vernácula  $P_{03}$  está construida en la ladera del cerro (figuras 7a y 7b), a fin de evitar las inundaciones que se presentan en la región altiplánica de Puno por las fuertes precipitaciones pluviales estacionales. La arquitectura vernácula  $P_{03}$  consta de dos dormitorios (D1 y D2), una sala (S), un almacén (A), una cocina (C), un invernadero (I), un baño (SH) y un pozo (Pz), todos construidos con adobe y techo de calamina galvanizada, además de un establo (E). El dormitorio principal (D1) tiene un área de  $26,46 \text{ m}^2$  con piso de tierra, una pared de espesor de 30 cm y una ventana de  $0,2 \text{ m}^2$  de área, con un alféizar de 1 m. El conjunto habitacional tiene un patio (P) de  $169,4 \text{ m}^2$  de área. La familia está compuesta por seis personas, dos abuelos, tres hijos y un nieto. La principal actividad económica que desarrollan es la crianza de vacas y ovejas, además de la elaboración de quesos artesanales, si bien cultivan papa, quinua, cebada y alfalfa como actividad secundaria, solo para el consumo interno, dado que el clima en la zona no es favorable debido a las heladas y granizadas (SENAMHI, 2018). En la distribución espacial, se obtuvo que la distancia que existe entre la cocina y el dormitorio (D1) es de 8,50 m; entre la

cocina y el baño es de 8,3 m; entre la cocina y el almacén es de 14,5 m; entre la cocina y el pozo de agua es de 12 m; y entre la cocina y el establo es de 10,5 m. Como en los anteriores casos, las unidades habitacionales se encuentran dispersas, pasando por alto la influencia occidental predominante (Anderson, 1997).

Finalmente, la vivienda vernácula  $P_{04}$  está igualmente construida en la ladera del cerro (figuras 8a y 8b) para evitar las inundaciones. La arquitectura vernácula  $P_{04}$  consta de un dormitorio (D), una sala (S), una cocina (C) y un baño (SH), ambientes todos construidos de adobe y con techo de lámina metálica acanalada (calamina galvanizada), además de un establo (E) y un pozo. El dormitorio tiene un área de  $28 \text{ m}^2$  con piso de tierra, una pared de adobe de espesor de 30 cm y una ventana de  $0,63 \text{ m}^2$  de área, con un alféizar de 1,16 m. El conjunto habitacional tiene un patio de  $174 \text{ m}^2$  de área, y en la distribución espacial se obtuvo que la distancia entre la cocina y el dormitorio es de 4,10 m; entre la cocina y el baño es de 5 m; entre la cocina y la sala es de 4,5 m; entre la cocina y el pozo de agua es de 6 m; y entre la cocina y el establo es de 12,50 m. También aquí las

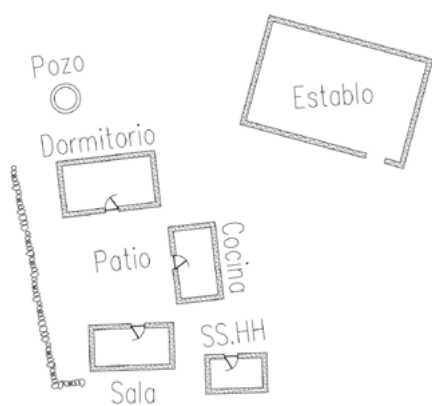


Figura 8. Distribución espacial de la arquitectura vernácula  $P_{04}$  (-15.715236, -70.199692), con construcciones de adobes y con cobertura de lámina metálica acanalada

Fuente: elaboración propia

unidades habitacionales se encuentran dispersas, en una práctica arquitectónica divergente de la influencia occidental predominante (Anderson, 1997; Oliver, 1997; Stevenson, 2006). La actividad principal de la familia (compuesta por cuatro personas, dos padres y dos hijos) es la crianza de vacas y ovejas, pero además se dedican a la pesca, dado que su casa se encuentra a las orillas de la laguna Umayo, y practican como actividad secundaria el cultivo de papa, quinua, cebada y alfalfa, solo para el consumo por cuestiones de heladas y granizadas (SENAMHI, 2018).

## Conclusiones

La conductividad térmica de los adobes de las paredes de las cuatro viviendas vernáculas identificadas en este estudio es similar en todos, ya que tiene un coeficiente de conductividad térmica de  $0,20175 \pm 0,00645$  en promedio, lo cual se explica porque los pobladores manejan las mismas tecnologías de la construcción de viviendas a base de tierra. Este valor obtenido es mucho menor a los valores de conductividad térmica de materiales de cemento y ladrillo, lo que indica que tiene mayor capacidad de almacenamiento de calor.

La arquitectura vernácula de la zona altiplánica de Atuncolla es sostenible, como arquitectura verde, dado que los materiales de construcción de estas casas son elaborados principalmente con recursos de la zona como tierra y paja. Estos materiales empleados son de bajo consumo energético y de energía sostenible, por lo que pueden definirse como casas de energía cero (UNEP SBCI, 2009), amigables con el medio ambiente y libres de gases de efecto invernadero en su construcción (Alrashed et al., 2017).

La arquitectura vernácula de Atuncolla se deriva de la conexión entre el ser humano y el medio ambiente, ajustándose a la topografía (figuras 5b, 6b, 7b y 8b), el clima y el paisaje local (Salgin et al., 2017), además de que se presenta una

percepción ecológica como una interpretación holística de los procesos, productos, órdenes y factores mediadores ecológicos y humanos que ocurren en todas las escalas de la superficie y la biosfera de la Tierra, respecto al uso de los materiales de construcción (Oliver, 1997; Stevenson, 2006). Por ello, estos conjuntos habitacionales están contruidos en una ladera y tienen una distribución espacial con distancias promedio entre la cocina y el dormitorio de 4,10 m; entre la cocina y el baño de 4 m; entre la cocina y el almacén de 13,5 m; entre la cocina y el pozo de agua de 6 m; y entre la cocina y el corral de 12,50 m. También, se pudo constatar que las unidades habitacionales se encontraban dispersas, en una práctica arquitectónica que pasa por alto la influencia occidental predominante. Esta distribución arquitectónica se adecúa a sus creencias, sus costumbres ancestrales y a la región particular, reflejando las identidades económicas, sociales, ideológicas y psicológicas impresas en el paisaje (Bosman y Whitfield, 2014; Popescu, 2006).

## Agradecimientos

Los autores reconocen el apoyo financiero del proyecto Concytec-Banco Mundial: *Mejoramiento y Ampliación de los Servicios del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica*, 8682-PE, a través de su unidad ejecutora Fondecyt [Contrato número 120- 2018-FONDECYT-BM-IADT-MU], además de que viene llevándose a cabo el proyecto de investigación multidisciplinario *Turismo rural vivencial ecoeficiente en el distrito de Atuncolla, lago Titicaca, Puno*, y agradecen la participación activa de los habitantes del distrito de Atuncolla por su disponibilidad para colaborar en esta investigación.

## Referencias

Abanto, G. A., Karkri, M., Lefebvre, G., Horn, M., Solis, J. L., y Gómez, M. M. (2017). Thermal properties of adobe employed in Peruvian rural

- areas: Experimental results and numerical simulation of a traditional bio-composite material. *Case Studies in Construction Materials*, 6, 177-191. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.02.001>
- AHSA. (2001). *Manual para Autoconstructores Lak'a Uta* (Primera ed). DANIDA.
- Alrashed, F., Asif, M., y Burek, S. (2017). The role of vernacular construction techniques and materials for developing zero-energy homes in various desert climates. *Buildings*, 7(1), 17. <https://doi.org/10.3390/buildings7010017>
- Anderson, K. B. (1997). *African Traditional Architecture: A Study of the Housing and Settlement Patterns of Rural Kenya* (first edit). Oxford University Press.
- Arroyo, R., Sanchez, S., y Catalan, P. (2013). Caracterización experimental de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe del sur de México. *Ingeniería*, 17(3), 167-177. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46730914001>
- Bosman, G., y Whitfield, C. (2014). Perceptions of vernacular architecture. *Vernacular Architecture: Towards a Sustainable Future*, (July), 157-162. <https://doi.org/10.1201/b17393>
- Canales, Á., Belizario, G., Calatayud, A. P., Chui, H. N., y Huaquisto, E. (2021). Thermal comfort and the risk of respiratory infections in older adults in the Peruvian highlands. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 56(1), 24-28. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2020.07.007>
- Carranza, G., y Zúñiga, P. (2018). Tipologías de vivienda alpaquera altoandina en Puno - Perú. *Terra Lyon*, 12(4), 1-13.
- Díaz, R. (2013). *Estudio de caracterización climática de la precipitación pluvial y temperatura de aire para las cuencas de los ríos Coata e Ilave*. SENAMHI. <https://hdl.handle.net/20.500.12542/447>
- Energy Information Administration. (2019). International Energy Outlook 2019 with projections to 2050. En *Choice Reviews Online* (No. IEO2019). <https://doi.org/10.5860/CHOICE.44-3624>
- Essalud. (2019). *Guía de practica clinica para el manejo de neumonía*. IETSI.
- Fernandes, J., Silva, S. M., Mateus, R., y Teixeira, E. R. (2020). Analysis of the Thermal Performance and Comfort Conditions of Vernacular Rammed Earth Architecture From Southern Portugal. *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials*, 4, 1-10. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.11460-2>
- Fourier, J.-B. J. (1824). Remarques générales sur les Températures du Globe terrestre et des espaces planétaires. *Annales de Chimie et de Physique*, 27, 36-167.
- Gama, J. E., Cruz, T., Pi, T., Alcalá, R., Cabadas, H., Jasso, C., ... De Allende, R. V. (2012). Arquitectura de tierra: El adobe como material de construcción en la época prehispánica. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 64(2), 177-188.
- Gamarra, L. V. (2019). *Edificaciones de tierra cruda: putucos de taraco, aportes tecnológicos y constructivos en la vivienda del altiplano peruano*. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- García, E. (1998). Chan Chan y el imperio de Barro. *Revista de Arqueología*, 53(2), 24-36.
- Holguino, A., Olivera, L., y Escobar, K. (2018). Confort térmico en una habitación de adobe con sistema de almacenamiento de calor en los andes del Perú. *Journal of High Andean Research*, 20(3), 289-300.

INEI. (2014). En más de 3 millones de viviendas predominan paredes de materiales vulnerables a movimientos telúricos. *Inei* [Prensa]. <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/en-mas-de-3-millones-de-viviendas-predominan-paredes-de-materiales-vulnerables-a-movimientos-teluricos-7583/>

INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. INEI. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf)

ISO7730, I. S (2005). *International Standard Referennce Number ISO 7730:2005 (E)*, 7730.

Kırbaş, B., y Hızlı, N. (2016). Learning from Vernacular Architecture: Ecological Solutions in Traditional Erzurum Houses. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 216, 788-799. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.076>

Liu, Y., Wang, J., Ren, J., Xiao, Q., y Zhao, J. (2017). A Preliminary Study on the Climate Adaptive Design of Green Rural Houses in west China. *Procedia Engineering*, 180, 735-740. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.233>

Ministerio de Cultura. (2014). *Resolución Viceministerial N° 116-2014-VMPCIC-MC.*, Pub. L. No. Resolución Viceministerial, 7.

Nguyen, A. T., Truong, N. S. H., Rockwood, D., y Le, A. D. T. (2019). Studies on sustainable features of vernacular architecture in different regions across the world: A comprehensive synthesis and evaluation. *Frontiers of Architectural Research*, 8(4), 535-548. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.07.006>

Oliver, P. (1997). *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Cambridge University Press.

Olukoya Obafemi, A. P., y Kurt, S. (2016). Environmental impacts of adobe as a building material: The north cyprus traditional building case. *Case Studies in Construction Materials*, 4, 32-41. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2015.12.001>

OMS. (2014). *Infecciones Respiratorias Agudas en el Perú. Experiencia frente a la temporada de bajas temperaturas*. OPS-OMS. <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/28549/iras2014-spa.pdf>

Pérez, M. M., Centeno, R., y Lazcano, F. (2002). Desarrollo de un prototipo para la caracterización térmica de los materiales de construcción regionales. *Ingeniería*, 6(2), 13-22.

Popescu, C. (2006). Space, Time: Identity. *National Identities*, 8(3), 189-206. <https://doi.org/10.1080/14608940600842060>

Quispe, J. (2005). El problema de la vivienda en el Perú, retos y perspectivas. *Revista INVI*, 20(53), 20-44. <https://doi.org/10.4067/invi.v20i53.333>

Ramírez, M., Aguiluz, J., y Gutierrez, R. (2013). Prototipo de vivienda de adobe con energías renovables : caso de estudio localidad de Raíces, Area Natural Protegida del Parque Nacional del Nevado de Toluca, Estado de Mexico. *Ciencia Ergo Sum*, 20(3), 231-237.

Salgın, B., Bayram, Ö., Akgün, A., y Agyekum, K. (2017). Sustainable Features of Vernacular Architecture: Housing of Eastern Black Sea Region as a Case Study. *Arts*, 6(3), 11. <https://doi.org/10.3390/arts6030011>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). (2018). Condiciones climáticas diciembre 2017 y perspectivas para el periodo enero-marzo 2018. [Informe técnico No. 4]. SENAMHI.

- Serway, R. A., y Jewett, J. W. (2008). *Física para ciencias e ingeniería (volumen 1)* (Septima ed). Cengage Learning Editores.
- Shady, R. (2006). *Caral - Supe: La civilización más antigua de América*. Proyecto Especial Arqueológico Caral-Supe/INC.
- Stevenson, F. (2006). Natural materiality – the people’s choice. En G. Broadbent y C. A. Brebba (eds.), *Eco-Architecture Harmonisation between Architecture and Nature* (pp. 257-266). Witpress.
- Tipler, P. A., y Mosca, G. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología* (Sexta edic). Reverte.
- UNEP SBCI. (2009). *Buildings and Climate Change: A Summary for Decision-Makers* (No. 1st ed). UNEP SBCI.
- Varum, H., Costa, A., Fonseca, J., y Furtado, A. (2015). Behaviour Characterization and Rehabilitation of Adobe Construction. *Procedia Engineering, 114*, 714-721. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.015>
- Zhang, H., Chen, Y., Rui, J., Yoshino, H., Zhang, J., Chen, X., y Liu, J. (2019). Effects of thermal environment on elderly in urban and rural houses during heating season in a severe cold region of China. *Energy and Buildings, 198*, 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.05.059>
- Zhang, H., Du, C., Huang, J., y Jin, L. (2017). Investigation of indoor environment and energy consumption for rural residential houses in Northern Zhejiang Province, China. *Procedia Engineering, 205*, 3206-3213. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.280>