

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“IDENTIFICAR LA INFLUENCIA DEL USO DEL BAMBÚ
COMO MATERIAL ALTERNATIVO AL ADOBE EN LA
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS SOSTENIBLES Y DE BAJO
COSTO EN LAS ZONAS MARGINALES DEL NORTE DEL
PERÚ”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Ghianfranco Miguel Araujo Yataco

Banny Steffany Haro Bello

Asesor:

Mg. Lic. José Luis Neyra Torres

<https://orcid.org/0000-0002-6470-2998>

Lima - Perú

2022

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Edmundo Vereau Miranda	10557797
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Ruben Kevin Manturano Chipana	46905022
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	CHRISTIAN MARLON ARAUJO CHOQUE	44759840
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Tesis Araujo Ghianfranco - Haro Banny - BREÑA - VF

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

2%

★ www.slideshare.net

Fuente de Internet

DEDICATORIA

A Dios, quien nos dio la fuerza para mantenernos en un camino difícil, lleno de momentos felices y tristes. Él nos guía y alienta con sabiduría y amor aun cuando una meta es imposible de lograr; porque todavía existe cuando la necesitamos.

AGRADECIMIENTO

A nuestras familias, agradecerles por su apoyo y aliento, sin ellos, no podríamos hacer frente a este gran desafío. Especialmente gracias a Dios por guiarnos y cuidarnos durante todo el proceso, y por darnos la fuerza necesaria para cumplir este sueño.

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR.....	2
INFORME DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
REALIDAD PROBLEMÁTICA	13
ANTECEDENTES.....	17
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	25
OBJETIVOS.....	25
HIPÓTESIS.....	26
JUSTIFICACIÓN	26
LIMITACIONES	28
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	30
ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	30
NIVEL DE INVESTIGACIÓN	30
ALCANCE DE INVESTIGACIÓN	31
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	31
POBLACIÓN Y MUESTRA	32
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	34
ANÁLISIS DE DATOS.....	34
MATERIALES	35
INSTRUMENTOS	35

PROCEDIMIENTO.....	36
SOPORTE DE SOFTWARE Y CONFIABILIDAD DE LA INFORMACIÓN	38
ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN	38
DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	39
CAPÍTULO III: RESULTADOS	42
DEFINICIONES GENERALES DEL PROYECTO	42
IDENTIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL BAMBÚ Y ADOBE.....	42
PLANOS GENERALES DE LA VIVIENDA.....	45
ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL	48
IDENTIFICACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	48
DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA DE ADOBE	51
METRADO DE CARGAS VIVIENDA DE ADOBE	52
PARÁMETROS SÍSMICOS VIVIENDA DE ADOBE	54
MODELAMIENTO DE LA VIVIENDA DE ADOBE EN ETABS	55
METRADO DE CARGAS VIVIENDA DE BAMBÚ	65
PARÁMETROS SÍSMICOS VIVIENDA DE BAMBÚ	67
MODELAMIENTO DE LA VIVIENDA DE BAMBÚ EN ETABS	68
VIABILIDAD ECONÓMICA DEL BAMBÚ GUADÚA Y EL ADOBE	80
COSTO DE VIVIENDA POR M ²	82
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	85
DISCUSIÓN.....	85
CONCLUSIONES	86
IMPLICANCIAS	87
RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS.....	89

Índice de tablas

Tabla 1: Tasa de energía para la producción de materiales de construcción.....	24
Tabla 2: Energía de tensión acumulada.....	24
Tabla 3: Descripción de las viviendas construidas en el norte del Perú.....	33
Tabla 4: Cuadro de operaciones de variable.....	41
Tabla 5: Parámetros generales de la vivienda.....	42
Tabla 6: Sistema estructural de vivienda de adobe.....	51
Tabla 7: Metrado de cargas de la vivienda de adobe.....	52
Tabla 8: Factores para la cobertura y muros.....	53
Tabla 9: Resultado de las presiones de la cobertura.....	54
Tabla 10: Resultado de las presiones de los muros.....	54
Tabla 11: Parámetros sísmicos de acuerdo con la norma E.080.....	55
Tabla 12: Derivadas en el eje X por sismo.....	63
Tabla 13: Derivadas en el eje Y por sismo.....	64
Tabla 14: Metrado de cargas de la vivienda de bambú.....	65
Tabla 15: Factores para la cobertura y muros.....	66
Tabla 16: Resultado de las presiones de la cobertura.....	67
Tabla 17: Resultado de las presiones de los muros.....	67
Tabla 18: Parámetros sísmicos de acuerdo con la norma E.030.....	68
Tabla 19: Derivas en el eje x por sismo.....	78
Tabla 20: Derivas en el eje y por sismo.....	79
Tabla 21: Derivas de cargas de vientos por piso.....	79
Tabla 22: Comparativa de costos de las partidas esenciales para las viviendas.....	82
Tabla 23: Cuadro comparativo del índice de ahorro.....	83

Índice de figuras

Figura 1: Vivienda de adobe colapsada.	15
Figura 2: Esquema de Guadua sometida a presión.	19
Figura 3: Esquema de Guadua sometida a tracción.	19
Figura 4: Bambú Guadua como muro de contención en tres terrazas.	21
Figura 5: Bambú Guadua soportado por postes y arriostres de madera.	22
Figura 6: Delimitación del norte del Perú.	32
Figura 7: Procedimiento para el logro de la comparativa deseada.	36
Figura 8: Plano de distribución de ambientes.	45
Figura 9: Plano de la fachada frontal.	46
Figura 10: Plano de la fachada lateral.	47
Figura 11: Zonas de producción del Bambú Guadua Angustifolia.	50
Figura 12: Espectro de respuesta (S) en relación con el periodo (T).	55
Figura 13: Creación del material a usar para la vivienda de adobe.	56
Figura 14: Creación de viga collar.	57
Figura 15: Patrones de carga vivienda de adobe.	57
Figura 16: Espectro sísmico del adobe.	58
Figura 17: Combinación de cargas por sismo y viento para el adobe.	59
Figura 18: Asignación de restricción vivienda de adobe.	60
Figura 19: Modelo de vivienda de adobe en ETABS.	61
Figura 20: Datos cargados del análisis del modelo de adobe.	61
Figura 21: Diagrama de esfuerzos cortantes.	62
Figura 22: Diagrama de momento.	62
Figura 23: Espectro de respuesta (S _a) en relación con el periodo (T).	68
Figura 24: Creación del material a usar para la vivienda de bambú.	69

Figura 25: Creación de secciones de la estructura de bambú.	70
Figura 26: Creación de vigas y viguetas.....	71
Figura 27: Patrones de cargas vivienda de bambú.....	72
Figura 28: Espectro sísmico de la vivienda de bambú.	73
Figura 29: Combinación de cargas por sismo y viento para el bambú.	74
Figura 30: Asignación de restricción vivienda de bambú.	75
Figura 31: Datos cargados del análisis del modelo de bambú.....	76
Figura 32: Diagrama de esfuerzos cortantes.....	76
Figura 33: Diagrama de momentos.....	77
Figura 34: Viabilidad y calidad de vida al cambio de viviendas.....	81

RESUMEN

La presente investigación logró presentar una propuesta comparativa de un proceso constructivo de una vivienda con bambú guadúa, que permita mejorar o igualar las propiedades de resistencia estructural de una vivienda de adobe. Para ello fue necesario identificar viviendas que presentaran autoconstrucción con adobe, principal problema por lo que se necesitan métodos basados en las normas con materiales nuevos y económicos. Mediante una encuesta realizada en una zona marginal aleatoria por conveniencia del norte del Perú, se pudo reconocer las deficiencias que presentan las edificaciones, donde comprobamos que las 11 viviendas del lugar fueron resultados de la autoconstrucción, para la investigación se seleccionó una vivienda al azar que participó en la encuesta, para realizar un análisis con un diseño de adobe y bambú guadúa. Nuestra investigación demuestra que, tanto la vivienda de adobe como la vivienda de bambú guadua son capaces de dar resultados positivos siendo sometidos a análisis sísmicos, sin embargo, la vivienda de adobe, para no sufrir daños, requiere de refuerzos como geomallas y varillas de caña entre las uniones verticales y horizontales de acuerdo con la norma E.080, mientras que la vivienda de bambú no necesita de refuerzos extras para un resultado sismorresistente efectivo según la norma E.0100. Finalmente se concluye que una edificación de bambú guadúa no requiere de ayudas adicionales, ya que, sus propiedades mecánicas son suficientes para un sistema estructural sismorresistente, produciendo un menor costo para su edificación e influyendo de manera positiva en el medio ambiente en comparación con el adobe.

PALABRAS CLAVES: Bambú, Adobe, materiales sostenibles, Viviendas, Sistema Estructural, Económico.

ABSTRACT

This research was able to present a comparative proposal for a construction process of a house with bamboo guadua, which allows improving or equaling the structural resistance properties of an adobe house. In order to do this, it was necessary to identify houses that were self-constructed with adobe, which is the main problem that requires methods based on the standards with new and economical materials. By means of a survey carried out in a random marginal zone by convenience in the north of Peru, it was possible to recognize the deficiencies that the buildings present, where we verified that the 11 houses of the place were the result of self-construction, for the investigation a house was selected at random that participated in the survey, to carry out an analysis with a design of adobe and bamboo guadua. Our research shows that both adobe and bamboo guadua houses are capable of giving positive results when subjected to seismic analysis, however, the adobe house, in order not to suffer damages, requires reinforcements such as geogrids and cane rods between the vertical and horizontal joints according to the E.080 standard, while the bamboo house does not need extra reinforcements for an effective seismic-resistant result according to the E.0100 standard. Finally, it is concluded that a bamboo guadua building does not require additional supports, since its mechanical properties are sufficient for a seismic-resistant structural system, producing a lower cost for its construction and positively influencing the environment in comparison with adobe.

KEYWORDS: Bamboo, Adobe, sustainable materials, Housing, Structural System, Economic.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Realidad problemática

A nivel Internacional

Con la creciente demanda de vivienda y el deterioro del medio ambiente, el mundo necesita medidas drásticas para proteger el medio ambiente, ahorrar energía, utilizar materiales que contribuyan al desarrollo local y reducir la producción de viviendas frías. Las soluciones propuestas deberían mejorar la calidad de vida de las personas. Sin embargo, la industria de la construcción tiene un impacto ambiental significativo debido al consumo de una gran cantidad de recursos y la contaminación del medio ambiente (Sánchez, 2020).

En Colombia y en otros países de América del Sur, la mayoría de las construcciones en el período colonial fueron construidas en adobe y/o mampostería de tierra apisonada. En terremotos anteriores, algunas de estas estructuras colapsaron incluso con terremotos de tamaño medio, causando no solo una gran pérdida de vidas, sino también un gran daño económico a la economía, la cultura y el patrimonio (Sandoval J., 2018).

En la producción de materiales de construcción, se utiliza combustible para la producción, lo que provoca contaminación ambiental. La industria de la construcción utiliza mucha energía en el proceso de conversión de materias primas, lo que incide directamente en el contenido de carbono generado en el medio ambiente (Guerrero & Sánchez, 2019).

La incompatibilidad surgió en la forma de vida del hombre y la naturaleza, lo que condujo a un desequilibrio entre las personas, el entorno de vida y la naturaleza. La mejora técnica de los materiales con los que están elaborados ha comprometido sus cualidades biológicas y seguridad ecológica, y aquí surge la bioconstrucción como un acto de respeto al medio ambiente, la escuela y la vida (Rubio, 2019).

El adobe es un material de construcción antiguo que se ha utilizado en muchas partes del mundo y durante el último siglo su uso ha disminuido significativamente debido al uso de alternativas tradicionales y modernas. Inicialmente fue visto como una alternativa popular y práctica debido a la escasez de viviendas en comunidades remotas, pero su uso actual ha creado una percepción de condiciones de vida de menor calidad. La riqueza cultural del adobe y sus ventajas como material sustentable está asociada a la facilidad y bajo costo de obtención de materias primas, las cuales han perdido su valor y reconocimiento en la industria de la sociedad (Rivera-Salcedo et al., 2020).

En el estudio de Rubio (2019) los humanos en el continente americano utilizan el tipo de bambú conocido como guadúa, con sus diversas propiedades que han ayudado a acelerar la estabilidad o unificación de diferentes culturas. También es una especie vegetal que juega un papel importante en la conservación del suelo y el agua en los acuarios, pues los guadales promueven la supervivencia y sostenibilidad de plantas, microfauna, insectos, animales, arácnidos (insectos animales), mamíferos, reptiles y anfibios.

A nivel Nacional

En el estudio de Tarque et al. (2012) propone explorar las propiedades y ventajas de materiales únicos como la madera, el bambú y los ladrillos sin quemar, que pueden ser alternativas a los sistemas constructivos tradicionales bajo estrategias de observación y comparación. Actualmente, el Perú pertenece a INBAR (Red Internacional de Bambú y Paja), y es a través de esta organización global que se han dado pasos importantes en el desarrollo de diversos usos del bambú. En nuestro caso, para el sector de la construcción, que es el escenario más probable, la legislación peruana avanzó significativamente en 2008, cuando se anunció un plan nacional de promoción de Cana Brava y Bambú. Luego, en 2012,

se aprobó la Base Técnica E.0100 del Código Nacional de Edificación, récord oficial para todo tipo de construcciones en el país.

En el Perú, aproximadamente el 30% de las casas están construidas con barro y más de 9 millones de personas viven en ellas. Las casas de adobe son económicas y bastante cómodas, pero son muy susceptibles a los efectos destructivos de los terremotos. Busca ayudar a reducir el riesgo inaceptable de terremotos para muchas personas de las zonas rurales mediante el desarrollo de herramientas de transferencia de tecnología y el uso de Adobe para la capacitación en construcción resistente a terremotos. Sin embargo, para muchas familias, el adobe es el único material de construcción al que se puede acceder, especialmente en las zonas rurales donde los materiales de construcción industrializados son escasos y las casas se construyen por cuenta propia (Blondet; Rubiños, 2014).

Figura 1: Vivienda de adobe colapsada.



Fuente: Blondet; Rubiños, (2014).

Por otra parte, si bien, en el Perú, hay una gran cantidad de guaduales (tierra donde vive Guadua). Aun así, la importación de bambú desde Ecuador sigue siendo grande y mayoritariamente informal, y la cadena de producción nacional va en aumento: entre 2012 y 2014, la producción anual ha superado las 700.000 raíces (Ministerio de Agricultura y Riego, 2014) (Ministerio de Agricultura y Agricultura). Riego, 2013; Ministerio de Agricultura y Riego, 2015), lo que demuestra que la oferta del mercado se está consolidando. Si bien esta especie existe en el Perú, en la mayor parte de la selva, casi todas las plantaciones que abastecen al mercado nacional están instaladas en la región de Cajamarca en la provincia nororiental del país. Lambayeque, Piura y Amazonas se distribuyen principalmente en la parte media alta de la cuenca (Espinoza, 2015).

A nivel Local

Pinto Herrera, H. (2014) sostuvo que Huancavelica, Perú, está situada a una altura de 3.660 m en los Andes, donde durante más de 350 años fue la principal fuente de Hg utilizada para la producción de plata por amalgamación en Sudamérica. El mineral cinabrio (HgS) fue descubierto en las montañas de Santa Bárbara en las afueras de Huancavelica en 1563. Este es un recurso económico importante para España, porque el mercurio es esencial para la extracción de plata. Para extraer el mercurio, el mineral de cinabrio extraído se tritura y funde, en este proceso el mercurio se volatiliza, se recolecta y se transporta al centro minero de plata de los Andes. En Huancavelica, debido a que el vapor y el líquido de mercurio a menudo se escapan de una fundición ineficiente ubicada en la ciudad, la contaminación ambiental es grave. Según registros coloniales, Huancavelica emitió 17.000 toneladas métricas de vapor de mercurio entre 1564 y 1810. La mayor parte del vapor de mercurio puede depositarse en las ciudades y sus alrededores, provocando niveles extremadamente altos de contaminación.

Antecedentes

A nivel Internacional

Sandoval J. (2018), realizó una investigación en Colombia, el propósito fue utilizar Adobe para realizar un procedimiento experimental para evaluar el comportamiento de los componentes dentro y fuera del plano de la estructura. Se desarrolló un modelo tridimensional no lineal de elementos finitos, que representa completamente las propiedades mecánicas de las partes de adobe observadas en el programa experimental, como rigidez, resistencia y ductilidad. El comportamiento no lineal del material está modelado por el modelo plástico de daños al hormigón proporcionado por ABAQUS. El modelo de cálculo del material se calibra en función de los resultados de la prueba de compresión. La comparación entre resultados numéricos y experimentales muestra que estos modelos simulan completamente el comportamiento de estructuras construidas en adobe y / o tierra apisonada, incluyendo los diferentes tipos de modos de daño presentados en estos materiales.

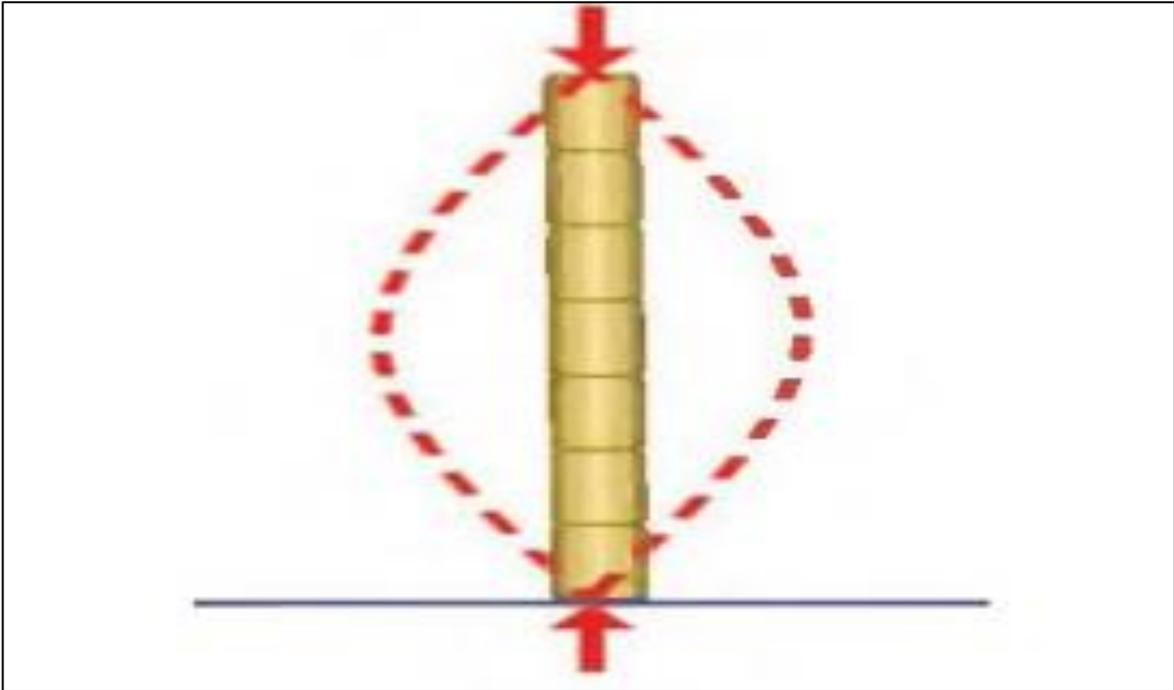
En el estudio de Guerra Riaño (2020), realizado en Colombia, mediante el sistema de prensado y encolado estructural se estudió las propiedades mecánicas de la viga formada al conectar la madera reutilizada obtenida durante el proceso constructivo con las láminas superior e inferior de *Guadua angustifolia* Kunth, limitando la madera y asumiendo la máxima tracción y esfuerzo. Y la compresión producida por el cizallamiento. Los resultados de esta investigación pueden confirmar que las propiedades mecánicas del sistema no están en función de la densidad, el contenido de humedad y el tamaño de las astillas de madera, sino de la resistencia mecánica de la fibra de *Guadua angustifolia* Kunth y la calidad de las astillas de madera. Línea de unión. Asimismo, asegúrese de que la viga sea dúctil antes de llegar a la falla.

De acuerdo con Martínez-Osorio, Barana, Rocha-Carneiro y Paschoarelli (2017), observaron que la madera es parte del progreso humano desde las edades de la piedra, el hierro y el bronce, lo que demuestra su importancia para la existencia de la civilización. Enfatizaron que las casas de madera maciza y bambú son esencialmente el estilo de vida más natural, primitivo y saludable. El procesamiento de estos productos existe en diferentes cadenas productivas, potenciando su ensamblaje, permitiendo el ensamblaje de componentes prefabricados, así como el uso intensivo de mano de obra y baja inversión en bienes de capital. El sistema de la casa de madera se determina como tradicional (clásico) o moderno (moderno), y se ha discutido e ilustrado claramente a través de diagramas y figuras a lo largo de los años.

A nivel Nacional

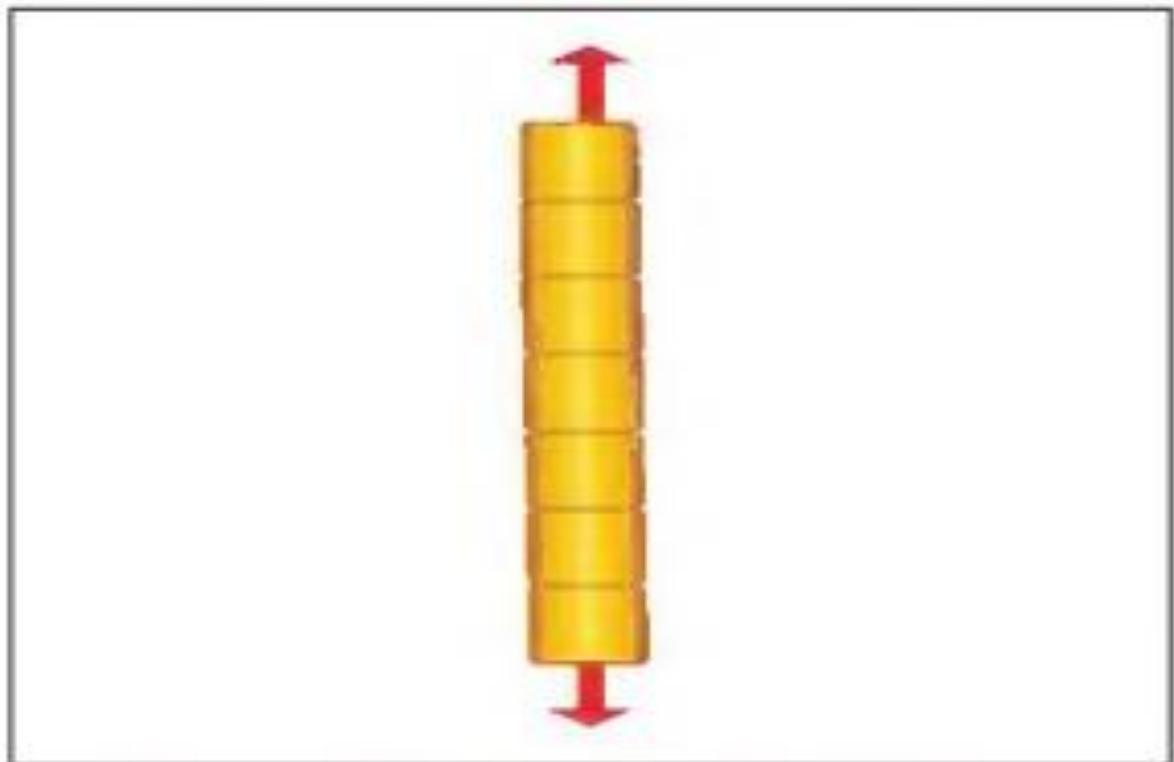
En el estudio de Montoya (2015) la idea fue desarrollar un modelo construido con formas geométricas como los paraboloides hiperbólicos, y obtener materias primas para experimentos de las selvas del centro del Perú, y exponerlo al ambiente, podremos observar su comportamiento y cambiar sus propiedades físicas. La maquinaria depende del clima. Estas pruebas permiten la posibilidad de intentar transformar palos de bambú en elementos estructurales, los cuales se formulan en un gabinete de manera teórica, y a través de esta investigación propuesta en edificios reales y realizada en condiciones reales, poder entender cómo se comporta el material de acuerdo con a su disposición estructural y posibilidades de espacio.

Figura 2: Esquema de Guadua sometida a presión.



Fuente: Montoya, (2015).

Figura 3: Esquema de Guadua sometida a tracción.



Fuente: Montoya, (2015).

A nivel Local

Por lo general, las familias cooperaron con otros miembros de la comunidad para construir sus propias casas, sin asistencia técnica y sin estándares de diseño estructural. Como resultado, la mayoría de las comunidades rurales ubicadas en regiones sísmicas como los Andes peruanos viven en condiciones inaceptables de riesgo sísmico. Existe una necesidad urgente de difundir y capacitar a las personas para que apliquen técnicas de refuerzo simples, económicas y efectivas para proteger sus casas de adobe de los efectos destructivos de los terremotos (Tarque et al., 2012).

En el estudio de Tarque et al. (2012) se han aplicado procedimientos mecánicos basados en conceptos de diseño / evaluación de desplazamiento para evaluar la vulnerabilidad sísmica de casas de adobe de un solo piso existentes dentro de un marco probabilístico. Se han definido diferentes estados límite para fallas en plano y fuera de plano, y se ha estimado la capacidad del muro de adobe en función del mecanismo de falla. La fórmula de la capacidad de desplazamiento, la relación período-altura y las propiedades del estado límite se presentan aquí como construcciones generales de adobe, mientras que la resistencia sísmica de las casas de adobe en Cusco, una ciudad de montaña. Las necesidades de Perú y la ciudad del terremoto se han calculado como la aplicación del método propuesto.

Bases Teóricas

Bambú Guadua

La Guadua constituye el género de bambú más importante de América, endémico de este continente y formado por unas 30 especies. La Guadua angustifolia, nativa de Colombia, es la más importante de estas gracias a sus extraordinarias propiedades físico-mecánicas y al

avance en el estudio silvicultural y estructural que se viene llevando a cabo en el país en los últimos años (Carmioli Umaña, 2009).

Asimismo, se encuentra en estado natural desde Ecuador a Venezuela y entre los 0 y 2.000 m. sobre el nivel del mar, el desarrollo óptimo de las plantas se alcanza entre los 500 y 1.500 metros, con temperaturas de 17° a 26°, precipitaciones de 1.200 a 2.500 mm/año, humedad relativa del 80-90% y suelos con fertilidad moderada y buen drenaje, características de la región central de los Andes, conocida como el eje cafetero colombiano (Carmioli Umaña, 2009).

En uno de los municipios de México, el Ayuntamiento desarrolló un programa para aprovechar las propiedades del bambú en la construcción de barreras, que se comportan de manera similar a muros de retención. El proyecto fue implementado en zonas de alto riesgo, donde las características y lo accidentado del terreno encarecen demasiado la construcción de muros en otro material (Carmioli Umaña, 2009).

Figura 4: Bambú Guadua como muro de contención en tres terrazas.



Fuente: Carmioli Umaña, (2009).

Figura 5: Bambú Guadua soportado por postes y arriostres de madera.



Fuente: Carmiol Umaña, (2009).

Consideraciones para la construcción sostenible

En la construcción sustentable de tallos de bambú, es necesario considerar las necesidades de los usuarios para desarrollar proyectos de construcción, así como el costo y características de los materiales (incluyendo sus fuentes). En el proceso de diseño se debe considerar el tipo de bambú a utilizar y sus propiedades físicas y mecánicas, que determinarán la cantidad de materiales y los detalles estructurales de la conexión. Cabe señalar que se debe utilizar bambú cuando el contenido de humedad sea del 12%, y se debe observar linealidad en las diferentes áreas del tallo (planta, base y base alta), y las características del exterior o interior del área. Y entrenudos; todos estos aspectos definen la densidad y resistencia mecánica del material (Drumond; Wiedman, 2017).

Considerando el manejo sustentable de la planta, el proceso comienza con el corte del tallo para permitir su uso futuro. Suponiendo que los tallos viejos se hayan eliminado durante el tratamiento anterior, se deben seleccionar los tallos maduros para los esquejes, es decir, aquellos que tengan entre 3 y 6 años. Estos deben tener pequeñas manchas en la corteza, como líquenes u hongos, lo que indica su madurez, a diferencia de los tallos jóvenes, lisos y con manchas blancas (Carmioli Umaña, 2009).

Normativa y reglamentación

Las normas para este tipo de construcción y del manejo de la caña guadúa son de corte internacional y nacional. Entre las foráneas tenemos las relacionadas con cantidades y unidades, las referentes al acero, construcción sismo resistente, sismicidad en estructuras de madera, manejo de la caña guadúa, estructuras con guadúa, métodos y ensayos, normalización y certificación. Por nombrar algunas tenemos las American Concrete Institute (ACI, Estados Unidos), la ISO TC165 N-313 (Bamboo Structural Design, Canadá), la NTC 5407 (Norma Técnica Colombiana), Norma E.100 Bambú (Lineamientos Técnicos para el diseño y construcción de edificaciones sismorresistentes con bambú en el Perú), entre otras.

Bioconstrucción

El término bioconstrucción surgió debido a la necesidad de encontrar una alternativa constructiva para el equilibrio entre el hábitat y los humanos. También se recomienda gestionar la calidad de los recursos naturales, el medio ambiente y los materiales, así como las condiciones (físicas y sociales) y las tecnologías libres de contaminación de forma consciente. Esto ha llevado a la promoción de edificaciones bioclimáticas basadas en soluciones sostenibles, buscando el equilibrio entre el medio ambiente, las personas y la economía, con el objetivo de armonizar el espacio y las condiciones óptimas de confort y

bienestar de sus miembros, uso eficaz de los recursos y la energía, y Aplicación de diseño bioclimático (Rubio, 2019).

En cuanto al consumo, Muñoz & Quiroz (2014) informaron que se necesitan 342 MJ para producir un metro cúbico de concreto premezclado. Moran (2011) y otros autores compararon la tasa de energía requerida para producir un metro cúbico de varios materiales de construcción (Tabla 1).

Tabla 1: Tasa de energía para la producción de materiales de construcción.

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

Fuente: Vanga et al. (2021).

Rodrigo & Morales (2008) reportaron que para la acumulación de energía por tensión dependerá de la máxima capacidad de acumulación en su fortaleza y seguridad, a continuación, en la tabla 2 se muestra una comparativa:

Tabla 2: Energía de tensión acumulada.

Material	Esfuerzo	Eta	
	(N/mm ²)	(J/m ³)	(J/kg)
Hormigón	8	1.200	0,5
Acero	160	64.000	8,2
Madera	7,5	2.600	4,3
Bambú	10	2.500	4,2

Fuente: Vanga et al. (2021).

Formulación del problema

Problema General

¿Cómo influye el uso del bambú guadúa como alternativa al adobe en el desarrollo de viviendas asequibles y sostenibles en las regiones marginales del norte de Perú?

Problemas Específicos

- ¿Qué impacto medioambiental puede tener la producción y extracción de bambú guadúa en comparación con el adobe en las zonas marginales del norte del Perú?
- ¿Cómo afecta el diseño sismorresistente a la seguridad y la estabilidad estructural de las viviendas de bambú guadúa como alternativa al adobe en las zonas marginales del Perú?
- ¿Cuál es el costo de construir viviendas asequibles y sostenibles hechas de bambú guadúa en las zonas marginales del norte de Perú en comparación con las de adobe?

Objetivos

Objetivo General

Identificar la influencia del uso del bambú como alternativa al adobe en el desarrollo de viviendas asequibles y sostenibles en las regiones marginales del norte de Perú.

Objetivos Específicos

- Identificar el impacto medioambiental en la producción y extracción de bambú guadúa en comparación con el adobe en las zonas marginales del norte del Perú.

- Identificar como afecta un diseño sismorresistente a la seguridad y la estabilidad estructural de las viviendas de bambú guadúa como alternativa al adobe en las zonas marginales del Perú.
- Identificar el costo de construcción de viviendas asequibles y sostenibles hechas de bambú guadúa en las zonas marginales del norte de Perú en comparación con las de adobe.

Hipótesis

Hipótesis General

La utilización de bambú guadúa como uso alternativo al adobe influirá positivamente en el desarrollo de viviendas asequibles y sostenibles en las regiones marginales del norte de Perú.

Hipótesis Específicas

- La producción y extracción de bambú guadúa mejorará el impacto medioambiental en comparación con el adobe en las zonas marginales del norte del Perú.
- El uso de bambú guadúa como alternativa al adobe en un diseño sismorresistente aumentará la seguridad y la estabilidad estructural de las viviendas en las zonas marginales del Perú.
- El empleo de bambú guadúa reducirá el costo de construcción de viviendas asequibles y sostenibles en las zonas marginales del norte de Perú en comparación con las de adobe.

Justificación

Según (Hadi, Martel, Huayta, Rojas, & Arias, 2023) detallan que la justificación en una investigación desempeña un papel crucial dentro de cualquier proyecto, dado que brinda

una fundamentación para llevar a cabo el estudio. Su objetivo radica en explicar la importancia de investigar un tema específico y cómo dicho estudio contribuirá a la actual comprensión dentro del campo de investigación.

Justificación teórica: “El investigador puede elegirlo cuando quiera enriquecer el conocimiento por el fenómeno estudiado” (Hadi, Martel, Huayta, Rojas, & Arias, 2023, p. 27). La justificación teórica de este estudio radica en la necesidad de analizar y comparar de manera rigurosa el desempeño estructural y comportamiento sísmico del uso del bambú guadúa como material alternativo al adobe en la construcción de viviendas sostenibles en las zonas marginales del norte del Perú, mediante el uso del software ETABS. Todo ello, con el objetivo de fomentar conocimiento, técnicas de construcciones sostenibles y proporcionar información relevante para el diseño de estructuras seguras y eficientes diferentes al adobe en las zonas marginales del norte del Perú.

Justificación práctica: “El investigador implementa o interviene sobre el problema para mejorarlo.” (Hadi, Martel, Huayta, Rojas, & Arias, 2023, p. 27). La justificación práctica de esta investigación radica en la necesidad de abordar la escasez de viviendas adecuadas en las zonas marginales del norte del Perú, analizando la viabilidad del bambú guadúa como material alternativo de construcción, investigar su impacto positivo en el medio ambiente y su potencial para mejorar la calidad de vida de las comunidades de bajos recursos económicos.

Justificación social: “Esta justificación se puede utilizar en cualquier tipo de estudio” (Hadi, Martel, Huayta, Rojas, & Arias, 2023, p. 27). La justificación social de esta investigación se basa en la necesidad de mejorar el tipo de viviendas en las zonas marginales del norte del Perú, proporcionando el diseño de una vivienda segura, asequible y sostenible.

El uso del bambú guadúa como material alternativo ofrece la posibilidad de abordar esta necesidad, mejorando la calidad de vida de las zonas de bajos recursos económicos, generando empleo local y contribuyendo a la conservación del medio ambiente.

Justificación económica: “Se usa cuando el investigador desea intervenir sobre lo costos, ganancias o la optimización de procesos empresariales” (Hadi, Martel, Huayta, Rojas, & Arias, 2023, p. 27). La justificación económica de esta investigación radica en la necesidad de una comparativa de costo/beneficio de una vivienda de adobe y una vivienda de bambú guadúa como material alternativo en las zonas marginales del norte del Perú. Para ello se investigará los costos de construcción de cada vivienda, los gastos de transporte del bambú guadúa frente al adobe y los ahorros que ofrece cada material a largo plazo en los gastos de mantenimiento. Esto conlleva beneficios económicos para los residentes de las zonas marginales del Perú.

Limitaciones

La investigación se encuentra ubicada en las zonas marginales del norte del Perú, el entorno de aplicación de nuestro estudio no es amplio, a comparación de otras construcciones como una carretera que abarca un área territorial mayor. Sin embargo, el enfoque se centra en generar un impacto social otorgando una herramienta para poblaciones de bajos recursos económicos de la zona norte del Perú.

En el campo de los refuerzos, podemos encontrar una gran cantidad de información nacional e internacional, sin embargo, nos hemos visto limitados en encontrar estudios similares a nuestra investigación sobre el bambú guadua como un material de construcción para viviendas y muchas otras aplicaciones en este campo teniendo en cuenta que la mayoría de estas se encuentran prefabricadas.

En el Perú, la implementación del bambú guadúa no suele estar muy posicionada en el mercado actual, no para la construcción de viviendas, sino para otros sectores, por lo que, a la hora de buscar distribuidores y estimar un presupuesto, puede depender en donde te encuentres. Esto ocurre ya que un gran porcentaje de este material es importado generando una variación a sus precios. No obstante, decimos realizar la investigación debido al aumento de producción del bambú guadua angustifolia kunth en la zona norte del Perú.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Enfoque de investigación

Enfoque cuantitativo: De acuerdo con (Hadi, Martel, Huayta, Rojas, & Arias, 2023, p. 52) detalla que a investigación cuantitativa es un enfoque metodológico que implica el uso de técnicas numéricas y estadísticas para recopilar y analizar datos. En este estudio, se utilizará un enfoque cuantitativo, ya que, se recopilarán datos numéricos mediante encuestas estructuradas que permitirán medir y analizar las viviendas en una zona marginal aleatoria del norte del Perú. Por otro lado, se realizará una comparativa del aspecto costo/beneficio para evaluar la viabilidad económica y ambiental entre una vivienda de adobe y una de bambú guadúa.

Nivel de investigación

Investigación aplicada: “Este tipo de investigación se abastece por el tipo básico o puro, ya que mediante, la teoría se encarga de resolver problemas prácticos, se basa en los hallazgos, descubrimientos y soluciones que se planteó en el objetivo del estudio, normalmente este tipo de investigación se utiliza en la medicina o ingenierías.” (Hadi, Martel, Huayta, Rojas, & Arias, 2023, p. 54) La investigación aplicada se centra en examinar cómo el uso del bambú como sustituto del adobe en la construcción de viviendas sostenibles y de bajo costo puede mejorar las condiciones de vida en las zonas marginales del norte del Perú. El estudio se enfocará en evaluar los efectos de durabilidad, resistencia estructural aplicando las normativas del Reglamento Nacional de Edificaciones y el software ETABS. El propósito final es realizar un diseño eficiente de una vivienda fomentando la adopción de edificaciones sostenibles y de bajo costo que mejoren la calidad de vida de las zonas de bajos recursos económicos y contribuyan a la protección del medio ambiente.

Alcance de investigación

Alcance descriptivo: “Los estudios descriptivos pueden permitir la posibilidad de predecir un evento, aunque sean de forma rudimentaria, sin embargo, se debe tener la base teórica correcta, además de antecedentes que muestren un panorama claro de lo que puede pasar, solamente de esta forma se podrían plantear hipótesis, no se pueden plantear hipótesis si la base teórica es limitada o escasa.” (Hadi, Martel, Huayta, Rojas, & Arias, 2023, p. 55). Esta investigación tiene un alcance descriptivo porque se analizará la condición actual de las viviendas de las zonas marginales del Perú y se diseñarán viviendas de adobe y bambú guadúa con ayuda del software ETABS para analizar la resistencia sísmica y el análisis estructural de ambas edificaciones, recopilando información sobre el uso de ambos materiales.

Diseño de investigación

Experimental - transeccional descriptivo: De acuerdo con (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 155) nos dice que los diseños transversales descriptivos buscan investigar la frecuencia de las diferentes formas o niveles de una o más variables en una población. Este proceso implica seleccionar individuos, objetos, situaciones, contextos, fenómenos, comunidades, u otros elementos y describirlos. se seleccionará una muestra representativa aleatoria de viviendas en las zonas marginales del norte del Perú. Se realizará una observación y descripción detallada de las características de estas viviendas, incluyendo el tipo de material utilizado en su construcción, el costo de construcción, las dimensiones, la resistencia estructural y los aspectos de sostenibilidad. Además, se recopilarán datos sobre el contexto socioeconómico de los hogares en las zonas marginales del norte del Perú, como el nivel de ingresos, la accesibilidad a servicios básicos y la calidad de vida en general.

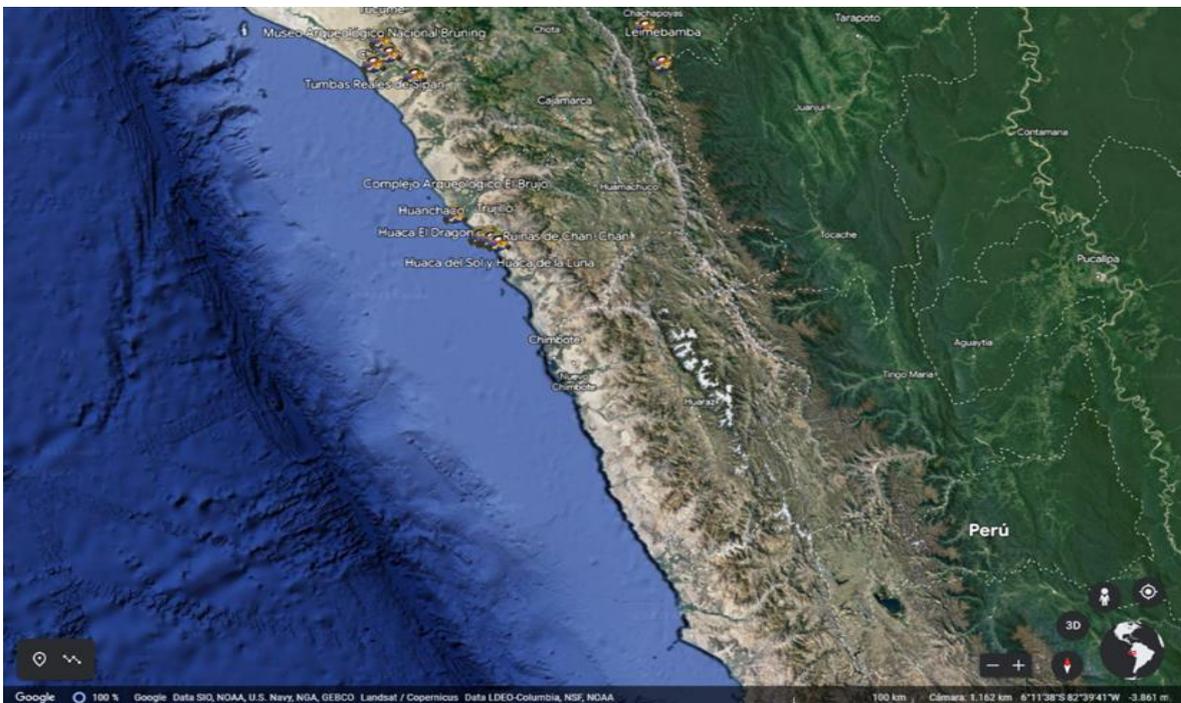
Población y muestra

Población

Una población es un grupo de personas, cosas o eventos que son interesantes para una investigación específica y que tienen una o más cosas en común. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) afirmaron que la población es descrita como "un conjunto completo de elementos que poseen una o más características comunes, objeto de una investigación".

En la investigación se consideró que la población será las zonas marginadas del norte del Perú identificando las características socioeconómicas y demográficas, evaluando las demandas de vivienda y las condiciones de acceso a materiales de construcción. También se considerará la aceptación y percepción de la población respecto al uso del bambú como material alternativo al adobe en la construcción de viviendas sostenibles y de bajo costo.

Figura 6: Delimitación del norte del Perú.



Fuente: Google Earth, (2023).

Muestra

En esta investigación se empleará una muestra no probabilística para recopilar datos. Según Salgado, M. (2019). Se conoce como muestra no probabilística a un grupo de participantes elegidos sin utilizar un proceso de selección aleatoria y que no representa de manera precisa a la población. En este caso, la muestra es un tipo de vivienda típica representativa y aleatoria encontrada por conveniencia en las zonas marginales del norte de Perú para hacer el análisis de la construcción de viviendas sostenibles y asequibles utilizando el bambú como material alternativo al adobe.

Por otro lado, las viviendas encuestadas de una zona marginal aleatoria del norte del Perú están compuestas por diferentes sistemas estructurales. Las casas de adobe constan de un diseño pasivo para lograr adecuación ambiental. A continuación, se mostrará en una tabla los diferentes sistemas estructurales que tienen algunas viviendas de la zona norte del Perú.

Tabla 3: Descripción de las viviendas construidas en el norte del Perú.

Viviendas	Sistema estructural
C1	Adobe
C2	Albañilería/Drywall
C3	Adobe
C4	Adobe/Drywall
C5	Albañilería/Drywall
C6	Adobe
C7	Albañilería/Drywall
C8	Albañilería/Drywall

C9	Adobe
C10	Adobe/Drywall
C11	Adobe/Drywall
C12	Adobe/Drywall
C13	Adobe
C14	Adobe/Drywall

Fuente: Elaboración Propia.

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se aplicarán técnicas de investigación basadas en el análisis de documentos y el uso del software ETABS para identificar la seguridad sismorresistente de las viviendas construidas con adobe y bambú guadúa. Asimismo, se recopiló información de numerosas normas, entre ellas la N.T.P. E.030 de 2018 (Diseño Sismorresistente), la N.T.P. E-080 para Adobe y la N.T.P. E.0100 de Bambú. Posteriormente, utilizando los conocimientos adquiridos de las normas anteriormente citadas, se realizó un análisis dinámico de las estructuras para conocer su comportamiento estructural. Además, se considerará la realización de encuestas y entrevistas para obtener información sobre la opinión y disposición de la población acerca del uso del bambú guadúa como material alternativo al adobe en la construcción de viviendas sostenibles y económicas.

Análisis de datos

Para el análisis de los datos se realizará una recopilación de información de resultados otorgados por el programa ETABS identificando la capacidad estructural de las viviendas

hechas con bambú guadúa y adobe, y se compararán los resultados con las regulaciones de construcción aplicables. Además, se llevará a cabo una comparativa de costo-beneficio para determinar la viabilidad financiera del uso del bambú como alternativa al adobe en la construcción de viviendas sostenibles y económicas.

Materiales

Será necesario utilizar el software de ETABS para el análisis estructural, mientras que para la evaluación de costos y beneficios se precisarán datos económicos y de precios de los materiales de construcción disponibles en la zona de estudio.

- Pobladores del norte del Perú
- Microsoft Excel
- Microsoft Forms
- Software ETABS

Instrumentos

- Cuestionario
- Test

Se empleará el software de ETABS como el principal instrumento para analizar la resistencia estructural de las viviendas construidas con bambú guadúa y adobe. Además, será necesario recolectar información económica y de precios de materiales de construcción en la zona de estudio para su posterior análisis en la evaluación del costo-beneficio.

Procedimiento

Figura 7: Procedimiento para el logro de la comparativa deseada.



Fuente: Elaboración propia.

El presente estudio se divide en 5 pasos para obtener los resultados y verificar la hipótesis principal. Para la recolección de datos se elabora una encuesta mediante el software Microsoft Forms. Seguido, se procede a seleccionar el sector local a evaluar, el cual es se encuentra en la zona norte del Perú.

Una vez definida las viviendas se inicia las encuestas a los pobladores con el fin de descubrir el porcentaje de los habitantes que prefiere una construcción que afecta al medio ambiente o un diseño ecológico.

El segundo paso es realizar el diseño de la vivienda de adobe como material estructural. La casa se conceptualiza primero mediante bocetos, utilizando adobe como material principal. El diseño estructural se crea una vez introducidos los bocetos en el programa ETABS, teniendo en cuenta las circunstancias geográficas y medioambientales del emplazamiento, así como las especificaciones de la Normativa Nacional de Edificación. Para obtener los resultados requeridos. Finalmente, implementamos todo lo requerido en el software para realizar el diseño final.

El tercer paso consiste en la propuesta de diseño implementando el bambú como diseño estructural. Por consiguiente, se inicia realizando los bocetos de la vivienda usando el bambú como elemento principal, posteriormente, se plasma el boceto al software ETABS y realizamos el diseño estructural considerando las condiciones ambientales del lugar y cumpliendo con lo indicado en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Se ejecutará el diseño final en el programa para obtener los resultados requeridos.

En el paso número 4 se realiza la recopilación de los resultados arrojados a través de los pasos 2 y 3, para concluir una comparativa de análisis de resistencia máxima, verificación de

las propiedades mecánicas y la calidad de materiales tanto en el diseño de la vivienda a base de bambú guadúa como en el de la estructura de la edificación rural.

Por último, se llevará a cabo una comparativa costo-beneficio de la casa de adobe y otra de bambú, que incluirá un análisis de los costes asociados a la construcción, así como de la resistencia, durabilidad e impacto medioambiental de ambos materiales. También se estudiará el diseño estructural del material y se compararán los precios de producción y mantenimiento a largo plazo.

Soporte de Software y confiabilidad de la información

Para determinar la validez y confiabilidad de la información de este estudio están respaldadas por el análisis realizado en el software ETABS, que permitió comparar las propiedades mecánicas y resistencia de una vivienda construida con bambú y otra con adobe sin necesidad de realizar estudios de campo. Los resultados de este estudio permitieron identificar la influencia del uso de bambú guadúa como material alternativo al adobe en la construcción de viviendas sostenibles y de bajo costo en las zonas marginales del norte del Perú. Cabe destacar que se utilizaron parámetros y datos confiables, los cuales fueron validados por investigaciones previas, lo que asegura la confiabilidad de los resultados obtenidos. Además, se realizaron búsquedas específicas en motores de búsqueda confiables como Dialnet, ScienceDirect, ResearchGate y Mendeley.

Aspectos éticos de la investigación

Para garantizar la honestidad, la transparencia y el respeto de todas las partes implicadas, los valores éticos deben ser el motor de la investigación académica y científica. Es crucial abordar las preocupaciones éticas relativas a la identificación y el uso adecuado de las citas de los autores y el código CIP en el contexto de este estudio sobre el uso del bambú guadúa como

material sustitutivo del adobe en la construcción de viviendas sostenibles y asequibles en zonas marginadas del norte de Perú.

En primer lugar, es crucial confirmar que todas las citas de los autores utilizadas en el estudio son exactas e incluyen los agradecimientos pertinentes. Esto implica citar con precisión las fuentes y asegurarse de que los datos o conceptos tomados de otras publicaciones sean debidamente reconocidos. Al utilizar contenidos de otras publicaciones, también es fundamental cumplir las leyes de derechos de autor y obtener las licencias necesarias. De este modo, mostrarás respeto por la propiedad intelectual de los autores y fomentarás la integridad académica.

Por otro lado, es crucial atenerse a las directrices establecidas para el uso del código CIP (Clasificación Internacional de Patentes). El código CIP permite clasificar y organizar los datos sobre patentes, mejorando el acceso y la transferencia de conocimientos en la comunidad científica. Tanto el intercambio adecuado de información científica como el fomento de la colaboración entre investigadores se ven favorecidos por la correcta aplicación del código CIP.

Es crucial tener en cuenta los elementos éticos más amplios de la investigación, además de asegurarse de que las citas de los autores y el código CIP se utilizan correctamente. Esto implica obtener el consentimiento de los participantes después de facilitarles la información, salvaguardar su intimidad y confidencialidad y asegurarse de que se respetan las normas éticas durante los procesos de recogida, análisis e interpretación de los datos.

Definición y operacionalización de variables

Variable independiente: Uso del bambú guadua como alternativa al adobe.

Definición conceptual: De acuerdo con (Pereira, y otros, 2023) Hay que tomar importancia a la medida en que se emplea el bambú guadúa como sustituto del adobe en la construcción de viviendas.

Definición operacional: Implementación y porcentaje de uso de bambú guadúa en la construcción de viviendas en las regiones marginales del norte de Perú.

Variables dependientes: Desarrollo de viviendas asequibles y sostenibles en las regiones marginales del norte de Perú.

Definición conceptual: Según (Sassu, Falco, Giresini, & Puppio, 2016) Da importancia al grado en que se logra la construcción de viviendas asequibles y sostenibles utilizando bambú guadúa como alternativa al adobe.

Definición operacional: Puntuación compuesta de indicadores de asequibilidad y sostenibilidad de las viviendas construidas con bambú guadúa.

Tabla 4: Cuadro de operaciones de variable.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente: Uso del bambú guadua como alternativa al adobe	De acuerdo con (Pereira, y otros, 2023) Hay que tomar importancia a la medida en que se emplea el bambú guadúa como sustituto del adobe en la construcción de viviendas.	Implementación y porcentaje de uso de bambú guadúa en la construcción de viviendas en las regiones marginales del norte de Perú.	Impacto ambiental	Reducción de emisiones de CO2.
			Eficiencia en la construcción	Tiempo de construcción.
Variable Dependiente: Desarrollo de viviendas asequibles y sostenibles en las regiones marginales del Perú	Según (Sassu, Falco, Giresini, & Puppio, 2016) Da importancia al grado en que se logra la construcción de viviendas asequibles y sostenibles utilizando bambú guadúa como alternativa al adobe.	Puntuación compuesta de indicadores de asequibilidad y sostenibilidad de las viviendas construidas con bambú guadúa.	Accesibilidad de las viviendas construidas.	Costo accesible
			Calidad de vida en las viviendas.	Nivel de satisfacción
			Adaptabilidad de las viviendas	Grado de eficiencia energética

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Definiciones generales del proyecto

En el diseño de la vivienda de Bambú, nos basaremos en la norma E.0100 específica para esta técnica constructiva. Para la vivienda de Adobe, utilizaremos la norma E.080 correspondiente. Para llevar a cabo el análisis de ambas estructuras, emplearemos el software de ETABS. Además, nos apoyaremos en la norma E.030 (Análisis sismorresistente) y la norma E.020 (Cargas vivas y muertas) para la edificación. En cuanto al predimensionamiento de los elementos estructurales de las viviendas adobe y bambú, tomaremos en cuenta investigaciones nacionales e internacionales relacionadas con el uso de bambú como material estructural.

Tabla 5: Parámetros generales de la vivienda.

Ubicación	Norte del Perú
Uso	Vivienda
Niveles	1 nivel
Tipo de suelo	S4
Acabado en pisos	100 kg/m ²
Altura de piso a techo	3.00 m
Altura de alfeizar	1.00 m (ventanas bajas) y 1.80 m (ventanas baño)
Área de terreno	10m x 8m = 80 m ²
Área techada	80 m ²

Fuente: Elaboración Propia.

Identificación de las propiedades del Bambú y Adobe

Propiedades físicas

De acuerdo con las normas peruanas, a continuación, se comparan algunas características físicas del adobe y del bambú *guadua angustifolia kunth* utilizados en las viviendas del norte de Perú:

- **Resistencia a la compresión:** El bambú guadua tiene una resistencia a la compresión de aproximadamente 50-80 MPa (megapascales) (Norma Técnica Peruana NTP E.0100, 2020), mientras que el adobe tiene una resistencia a la compresión de 2-5 MPa. (Norma Técnica Peruana NTP E.080, 2020).
- **Resistencia a la tracción:** El bambú guadúa tiene una resistencia a la tracción entre 60 y 100 MPa (Norma Técnica Peruana NTP E.0100, 2020), mientras que el adobe tiene una resistencia a la tracción entre 0,1 y 0,4 MPa. (Norma Técnica Peruana NTP E.080, 2020).
- **Densidad:** El adobe tiene una densidad aproximada de 1,500 a 2,000 kg/m³ (Norma Técnica Peruana NTP E.080, 2020), pero el bambú guadúa oscila entre 400 y 800 kg/m³ (Norma Técnica Peruana NTP E.0100, 2020).
- **Conductividad térmica:** La conductividad térmica del bambú guadúa oscila entre 0,22 y 0,37 W/mK (vatios por metro Kelvin) (Norma Técnica Peruana NTP E.0100, 2020), mientras que la del adobe está entre 0,5 y 1 W/mK. (Norma Técnica Peruana NTP E.080, 2020).

Propiedades mecánicas

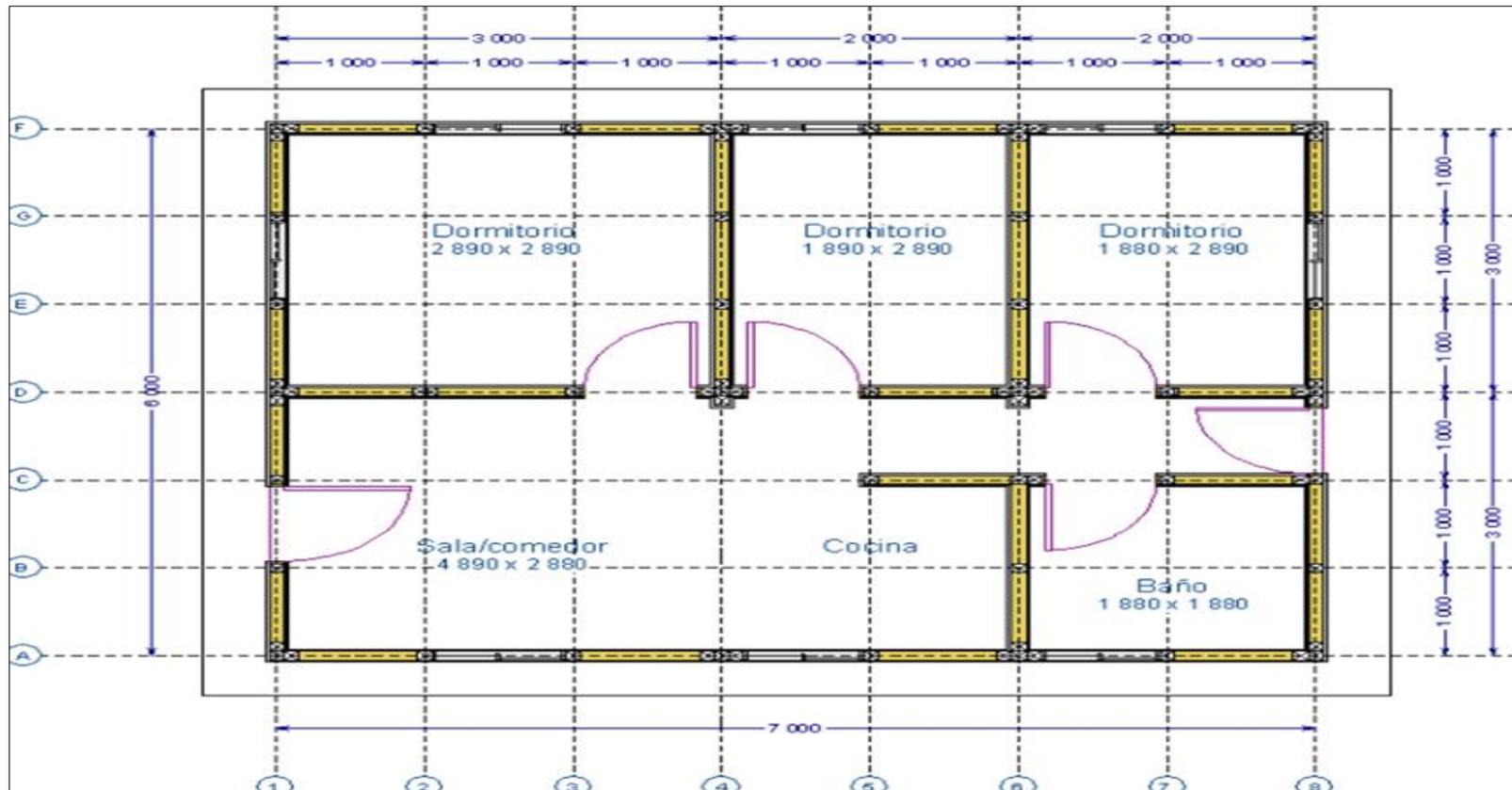
De acuerdo con las normas peruanas, a continuación, se presenta una comparación de ciertas características mecánicas del adobe y del bambú guadua angustifolia kunth utilizados en viviendas del norte del Perú:

- **Elasticidad:** La elasticidad del bambú guadua oscila entre 8 y 12 GPa (gigapascales) (NTP E.0100, 2020, Norma Técnica Peruana), mientras que la elasticidad del adobe está entre 0,2 y 0,6 GPa. (NTP E.080-2020, Norma Técnica Peruana).

- **Resistencia a la flexión:** Mientras que el adobe tiene una resistencia a la flexión de aproximadamente 1 a 2 MPa (NTP E.080, 2020, Norma Técnica Peruana), el bambú guadúa tiene una resistencia a la flexión de aproximadamente 100 a 180 MPa. (Norma Técnica Peruana NTP E.0100, 2020).
- **Dureza:** El bambú guadúa tiene una dureza aproximada de 1,600 a 1,800 N (newtons) (NTP E.0100, 2020, Norma Técnica Peruana), mientras que el adobe tiene una dureza aproximada de 20 a 30 N. (Norma Técnica Peruana NTP E.080, 2020).
- **Tenacidad:** El bambú guadúa tiene una tenacidad de 60 a 70 kJ/m² (kilojulios por metro cuadrado) (NTP E.0100, 2020, Norma Técnica Peruana), mientras que el adobe tiene una tenacidad de 0,05 a 0,15 kJ/m². (Norma Técnica Peruana NTP E.080, 2020).
- **Resistencia al impacto:** El bambú guadúa tiene una resistencia al impacto de aproximadamente 200 a 400 J (julios) (NTP E.0100, 2020, Norma Técnica Peruana), por otro lado, el adobe tiene una resistencia al impacto de aproximadamente 5 a 10 J. (Norma Técnica Peruana NTP E.080, 2020).

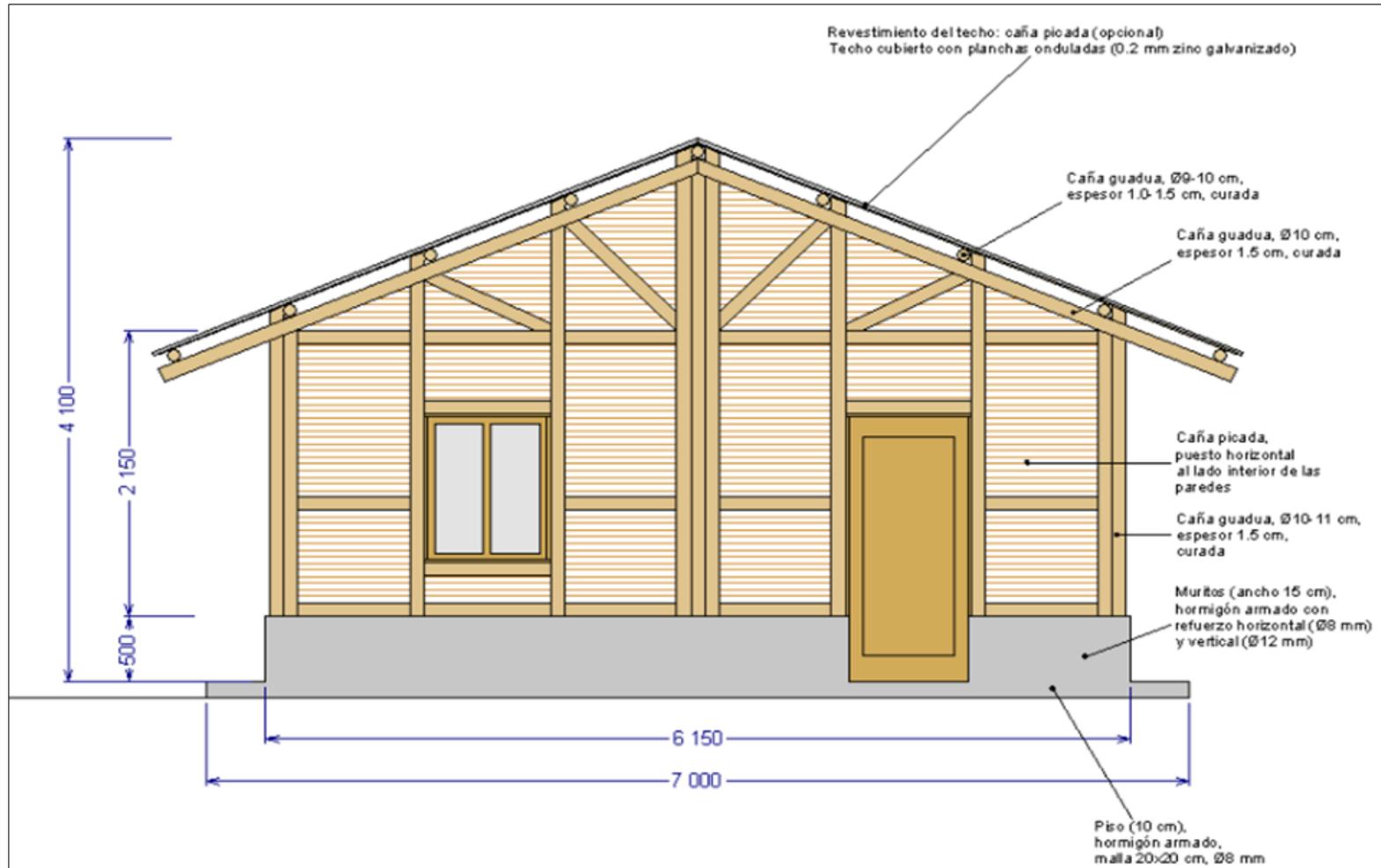
Planos generales de la vivienda

Figura 8: Plano de distribución de ambientes.



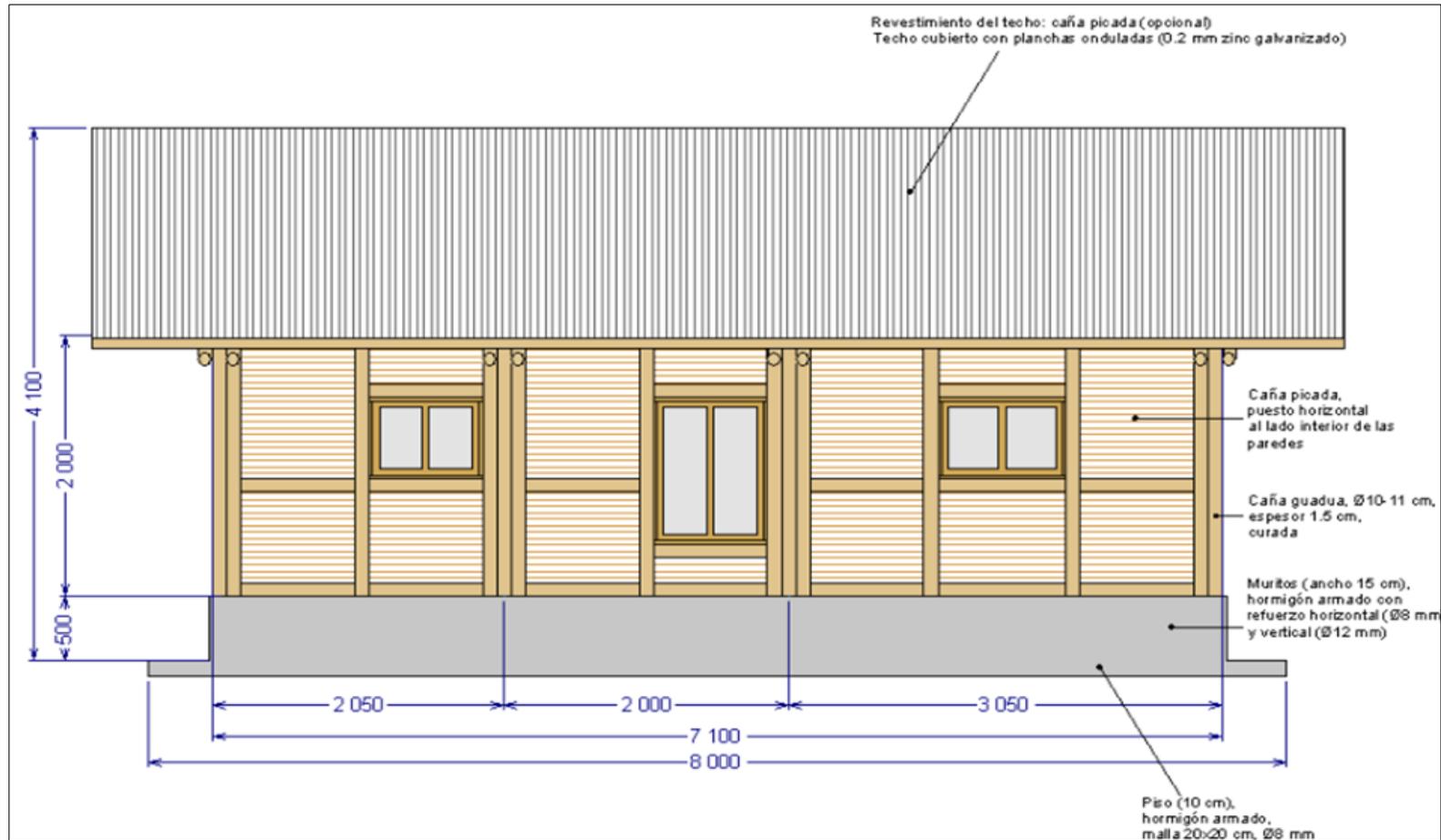
Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Plano de la fachada frontal.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Plano de la fachada lateral.



Fuente: Elaboración propia

Estimación de vida útil

El diseño, la construcción, el mantenimiento y las circunstancias climáticas son sólo algunas de las variables que afectarán a la vida útil de una casa de bambú *Guadua angustifolia* Kunth y otra de Adobe en el norte de Perú. (NTP E.0100-2020, Norma Técnica Peruana)

El adobe, si se cuida adecuadamente puede tener una vida útil de unos 40 a 60 años, aunque la humedad y el clima pueden influir. Aunque, el adobe puede durar más si se construye con métodos contemporáneos. (NTP E.080-2020, Norma Técnica Peruana)

El bambú guadua *Angustifolia* Kunth es extremadamente resistente y, con los cuidados adecuados, puede durar más de 50 años. Además, tiene una larga vida útil porque es resistente a los hongos y los insectos. (NTP E.0100-2020, Norma Técnica Peruana).

Identificación de la sostenibilidad ambiental

Impacto ambiental del uso del Bambú y Adobe en viviendas

Debido al deseo de disminuir las emisiones de carbono y proteger los recursos naturales, los efectos medioambientales de la construcción son un tema de gran preocupación. He aquí algunas comparaciones entre los efectos sobre el medio ambiente del uso de adobe y bambú guadua en las viviendas del norte de Perú:

- **Producción y cultivo:** Según Suffian et al. (2016) El bambú guadua es un recurso fácilmente renovable, ya que crece rápidamente y puede recolectarse en tres o cinco años sin necesidad de replantar. Además, la fabricación de guadua de bambú tiene un menor impacto ambiental porque utiliza poca energía y no utiliza productos químicos. Por el contrario, la fabricación de adobe utiliza mucha agua, energía y, si se emplean aditivos químicos, tiene el potencial de ser contaminante.

- **Construcción y transporte:** Suffian et al. (2016) Señala que, el bambú guadua está disponible localmente en la región norteña del Perú, su impacto ambiental durante el tránsito se reduce al mínimo. Además, este material es ligero y fácil de manejar, lo que reduce la necesidad de grandes máquinas y disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero. En cambio, el adobe tiende a ser pesado y voluminoso, lo que aumenta el efecto medioambiental tanto de su transporte como de su construcción.
- **Eficiencia energética y aislamiento:** Suffian et al. (2016) menciona que, el bambú Guadua tiene una gran capacidad de aislamiento térmico, lo que reduce la cantidad de energía necesaria para calentar y enfriar una vivienda. La demanda de aire acondicionado disminuye aún más por la baja conductividad térmica del bambú guadua, que lo hace adecuado para zonas cálidas y húmedas. En cambio, la capacidad de aislamiento térmico del adobe es baja, lo que podría dar lugar a un aumento de la cantidad de energía necesaria para calentar y enfriar la vivienda generando mayores costos de energía.
- **Durabilidad y mantenimiento:** Según Suffian et al. (2016) Al tratarse de un material duradero y resistente a los insectos y a la intemperie, el bambú guadua requiere menos trabajos de mantenimiento y reparación, lo que tiene un menor impacto negativo sobre el medio ambiente. Por el contrario, el adobe tiene un efecto medioambiental mayor debido a su susceptibilidad a la humedad y a la posible necesidad de mantenimiento continuo.

Figura 11: Zonas de producción del Bambú Guadua Angustifolia.



Fuente: Ministerio de Agricultura (2014)

Diseño estructural de la vivienda de adobe

Se diseñó la vivienda sismorresistente de adobe considerando los parámetros determinados en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), haciendo uso de las siguientes normas: Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada, Norma E0.30 Diseño sismorresistente y Norma E.020 Cargas. Asimismo, se hizo uso de del software ETABS V17 para modelar la vivienda. La vivienda unifamiliar está conformada por muro con medidas de 38cm x 40cm x 10cm y vigas de madera de adobe.

Tabla 6: Sistema estructural de vivienda de adobe

DISEÑO SISMORESISTENTE		
		COMENTARIOS
UBICACIÓN DEL PROYECTO		
Macro región	Norte del Perú	
SISTEMA ESTRUCTURAL		
Cimientos profundidad mínima 60cm; ancho mínimo 60cm	Concreto ciclópeo	
	Albañilería de piedra	• Cimientos Prof. 80cm; ancho 60cm
Sobrecimientos	Albañilería de piedra	• Sobrecimiento de 0.40cm
	Concreto armado	
Columnas	Concreto armado	
	sin columnas	•
Muros	Reforzados	• Refuerzo con caña, con adobe 38cmx40cmx10cm y 18cmx38cmx10cm
	No reforzados	
Viga	Collar	• Alrededor de todos los muros
Techo	Una caída	
	Dos caídas	• Tijerales de madera

Fuente: *Elaboración Propia.*

Metrado de cargas vivienda de adobe

El techo de la vivienda se realizará de acuerdo con la norma E-020 del reglamento nacional de edificaciones. En este análisis se considera un techo de dos caídas y está constituido por tijerales de madera sobre los cuales se pondrá teja andina Eternit. Para ello, se evaluará las cargas aplicadas en función de las propiedades de la teja andina Eternit. Del mismo modo, se tendrá en cuenta los factores de seguridad y recomendaciones por el reglamento nacional de edificaciones.

Tabla 7: Metrado de cargas de la vivienda de adobe.

Peso tijerales 4"4"	500 kg/m
Peso cobertura andina Eternit	8.4 kg/m ²
Peso Vigas correas	5.96 kg/m ²
Muros de adobe	1600 kg/m ²
Carga Viva	50 kg/m ²

Fuente: *Elaboración Propia.*

Carga de viento

De acuerdo con el Código Nacional de la Edificación (E-020), la vivienda se clasifica como un edificio tipo 1, ya que, sus características no son muy receptivas a los cambios bruscos y a los impactos en movimiento causados por el viento. Analizando el mapa de viento correspondiente, se determina que la velocidad del viento a una altura de 10 metros es de 57 km/h. A partir de esta información se calcula la velocidad de diseño (V_h) para una vivienda de 3 metros de altura.

$$V_h = V * (h/10)^{0.22}$$

$$V_h = 57 * (3/10)^{0.22}$$

$$V_h = 43.736 \text{ km/h}$$

Según el Código Nacional de la Edificación (RNE, E.020) el V_h debe ser igual o superior a 75 km/h, en nuestro caso para una altura de 3m se obtuvo un resultado de velocidad de diseño (V_h) de 43.736 km/h el cual es inferior al valor especificado en el Código Nacional de la Edificación (RNE, E.020), por lo tanto, se aplicará el valor de 75km/h según normativa. A continuación, se procederá al cálculo de la carga exterior del viento, teniendo en cuenta esta velocidad de diseño con el objetivo de asegurar la protección y solidez de la construcción frente a las fuerzas producidas por el viento.

Tabla 8: Factores para la cobertura y muros.

Estructura	Inclinación de techo	Muros
Grado	Superficies inclinadas a 15° o menos	90°
Barlovento	0.3	0.8
Sotavento	-0.6	-0.6

Fuente: *Elaboración Propia.*

La carga exterior del viento se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$P_h = 0.005 * C * V_h^2$$

Donde:

Ph: Representa la presión o succión del viento a una altura h, medida en kg/m².

C: Es el factor de forma adimensional.

Vh: Es la velocidad de diseño a la altura h, expresada en km/h.

Tabla 9: Resultado de las presiones de la cobertura.

Presión			Subducción		
C	Vh	Ph	C	Vh	Ph
0.7	43.74	2.87	-0.6	43.74	-5.74

Fuente: *Elaboración Propia.*

Tabla 10: Resultado de las presiones de los muros.

Presión			Subducción		
C	Vh	Ph	C	Vh	Ph
0.8	43.74	7.65	-0.6	43.74	-5.74

Fuente: *Elaboración Propia.*

Parámetros sísmicos vivienda de adobe

Determinación del espectro de aceleraciones

De acuerdo con la normativa (E-030), se establece que, para calcular las fuerzas sísmicas horizontales de la vivienda de adobe se usará los parámetros sísmicos que indica la norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada. Dicho cálculo se define mediante la siguiente fórmula:

$$H=S.U.C. P$$

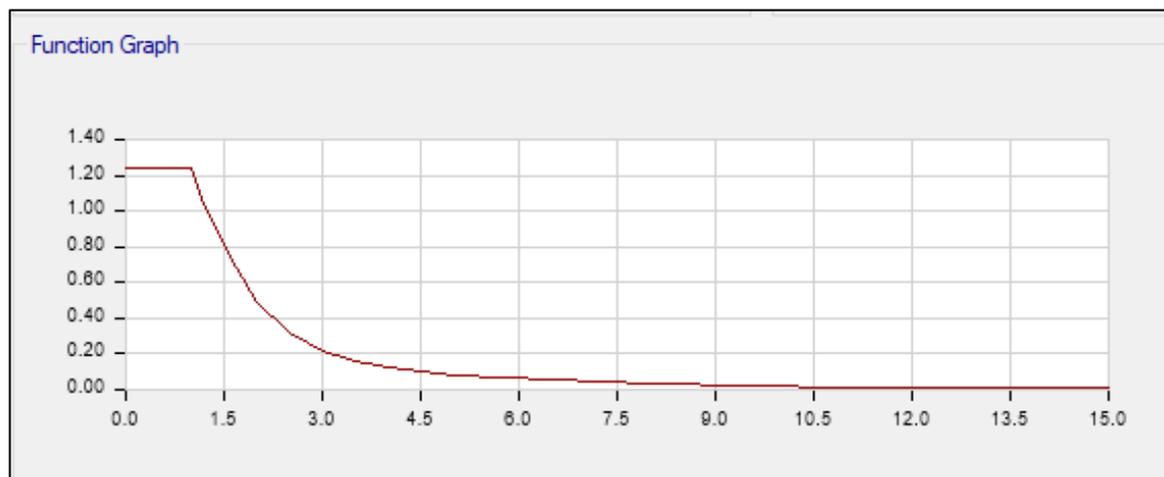
Los valores sísmicos correspondientes se calcularán teniendo en cuenta las particularidades del terreno, la estructura y la ubicación del proyecto. La norma establece la necesidad de tomar en consideración estas variables para asegurar un diseño sísmico seguro y adaptado a las condiciones específicas del entorno.

Tabla 11: Parámetros sísmicos de acuerdo con la norma E.080

Parámetros	Valores	Descripción
Z	0.45	Zona
S	1.4	Factor de suelo
U	1	Factor de uso
C	0.25	Coefficiente sísmico
P	115.68 ton	Peso total de cargas verticales actuantes sobre el muro

Fuente: Norma Técnica E.0.80 (2020).

Figura 12: Espectro de respuesta (S) en relación con el periodo (T)



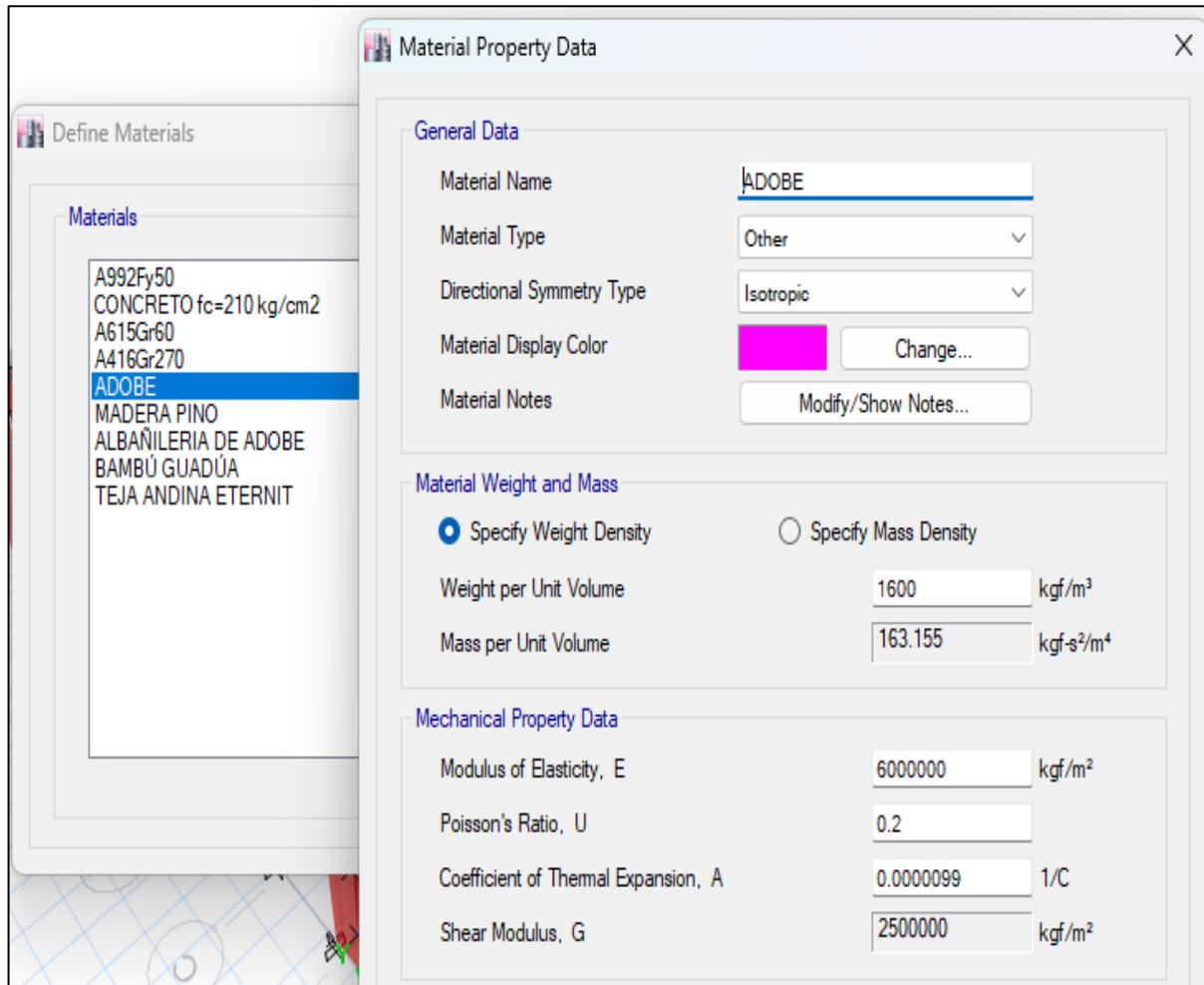
Fuente: Elaboración Propia.

Modelamiento de la vivienda de adobe en ETABS

Definición de las propiedades del material

Se determinó el tipo de material de acuerdo con el RNE (E.080) Diseño y construcción con tierra reforzada y (E.020) Cargas, donde se encuentran las propiedades específicas del adobe y la madera Pino. Utilizando el software ETABS, se procederá a introducir los parámetros y propiedades que incluirán el módulo de elasticidad, la expansión térmica y el peso por unidad de volumen.

Figura 13: Creación del material a usar para la vivienda de adobe

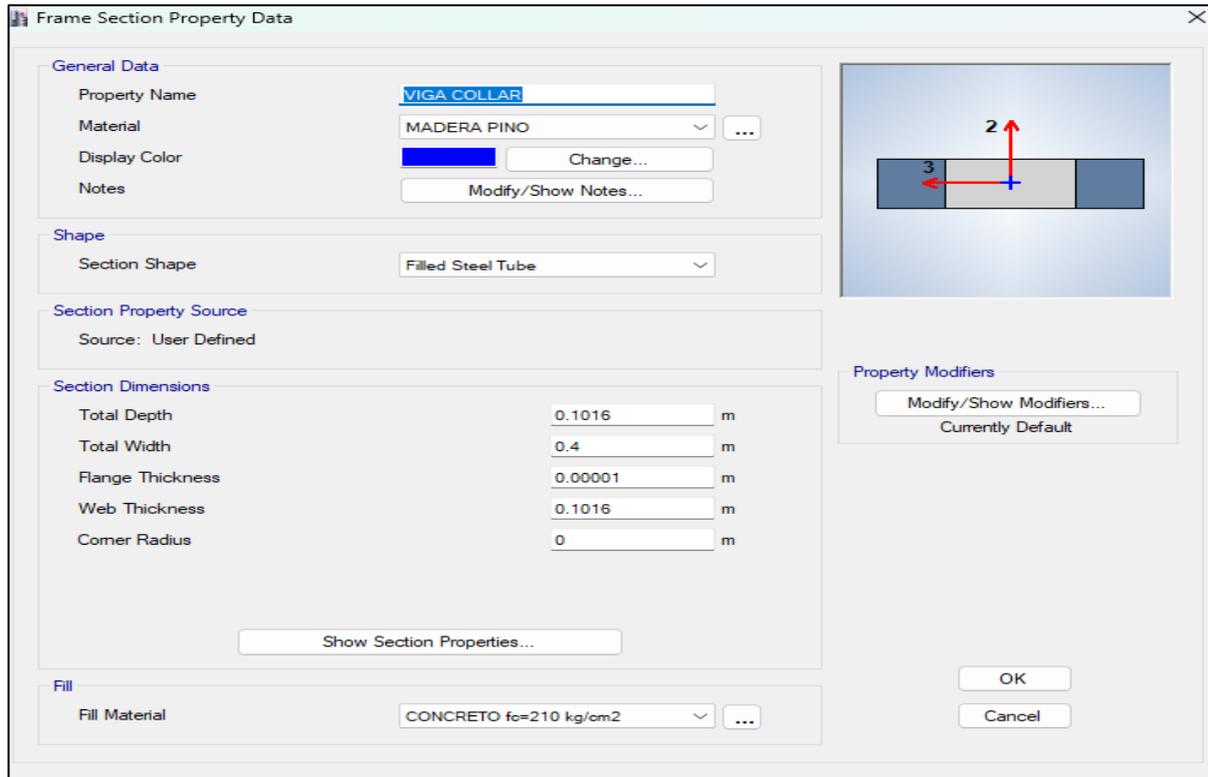


Fuente: *Elaboración Propia.*

Definición de secciones

Para categorizar las secciones en ETABS V17, Se llevó a cabo una primera etapa de dimensionamiento de los componentes estructurales con el fin de identificar las secciones viables para la construcción. Una vez finalizado este proceso, se procedió a la creación de elementos "Frames". En el caso específico de la viga collar fue necesario crear una sección incorporando los detalles relevantes, como el material utilizado (madera de pino y concreto).

Figura 14: Creación de viga collar

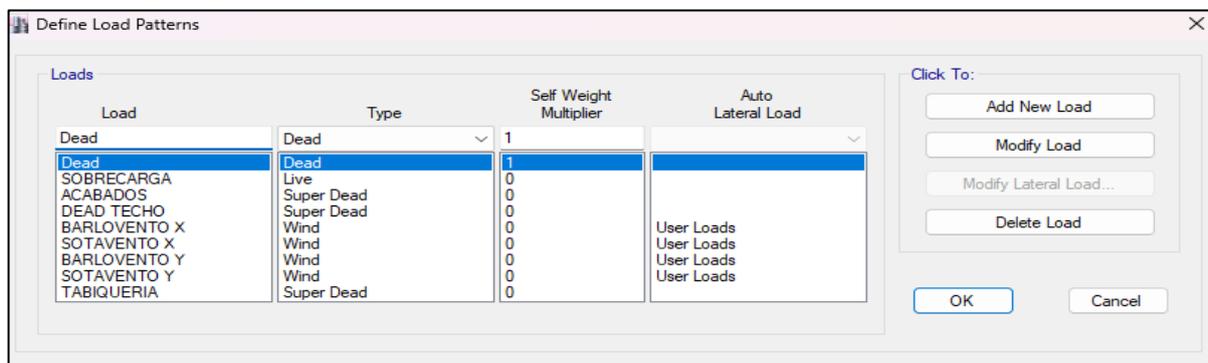


Fuente: Elaboración Propia.

Definición de cargas

Aparte de asignar las cargas propias por defecto por el programa "DEAD", se generan cargas adicionales, incluyendo la Carga muerta (DEAD), la Carga viva (CV), la Carga de viento a barlovento y sotavento, y el caso de carga sísmica (SDX y SDY).

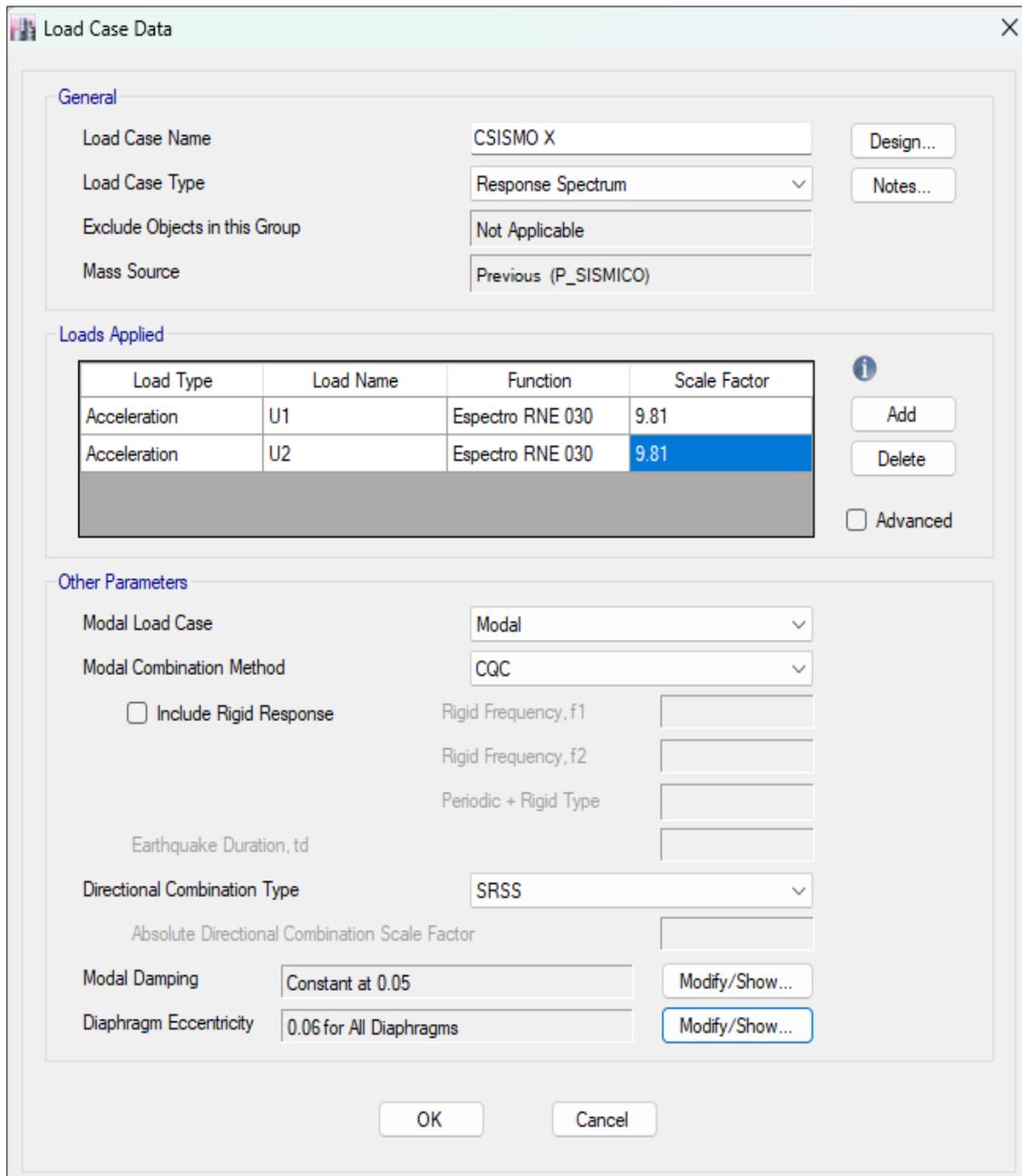
Figura 15: Patrones de carga vivienda de adobe



Fuente: Elaboración Propia.

Se procede a la creación de las cargas sísmicas proporcionando los valores obtenidos del cálculo del espectro sísmico, como el factor de amplificación, en los campos correspondientes. Los datos se deben ingresar en los campos específicos según se muestra a continuación:

Figura 16: Espectro sísmico del adobe



General

Load Case Name: CSISMO X [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (P_SISMICO)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Espectro RNE 030	9.81
Acceleration	U2	Espectro RNE 030	9.81

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0.06 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Fuente: Elaboración Propia.

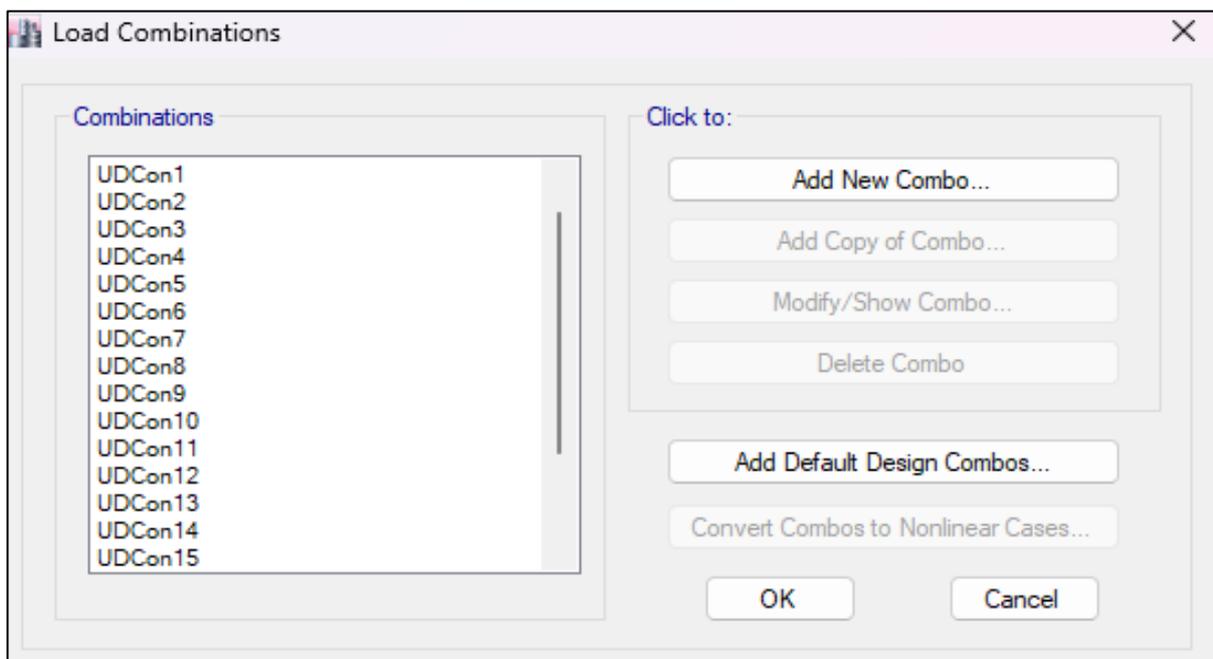
Combinación de cargas

Teniendo en cuenta las dos condiciones de análisis, se realizaron combinaciones de carga para tener en cuenta las cargas de viento y las cargas sísmicas. Estas combinaciones se realizan de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Norma E.020.

- (1) D.....1
- (2) D + CV.....2
- (3) D + (W ó 0,70 S)3
- (4) [D + CV + (W ó 0,70 S)]* α4
- (5) [D + (W ó 0,70 S)] * α5
- (6) [D + CV + (W ó 0,70 S) +T] * α6

De acuerdo con lo anterior, es crucial considerar el factor α que se utiliza en las combinaciones de carga. Para las combinaciones (4) y (5), el valor mínimo de este factor es 0,75, mientras que para la combinación (6), es 0,67.

Figura 17: Combinación de cargas por sismo y viento para el adobe

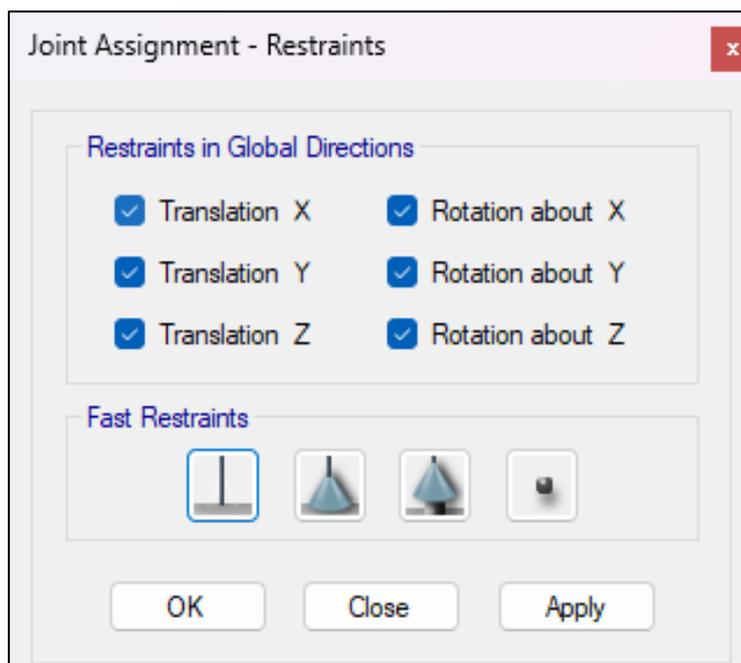


Fuente: Elaboración Propia.

Asignación de restricciones

En primer lugar, nos situamos en el nivel $Z=0$ y procedemos a seleccionar los nodos pertinentes y aplicamos las restricciones garantizando la estabilidad y el comportamiento adecuado del modelo estructural.

Figura 18: Asignación de restricción vivienda de adobe

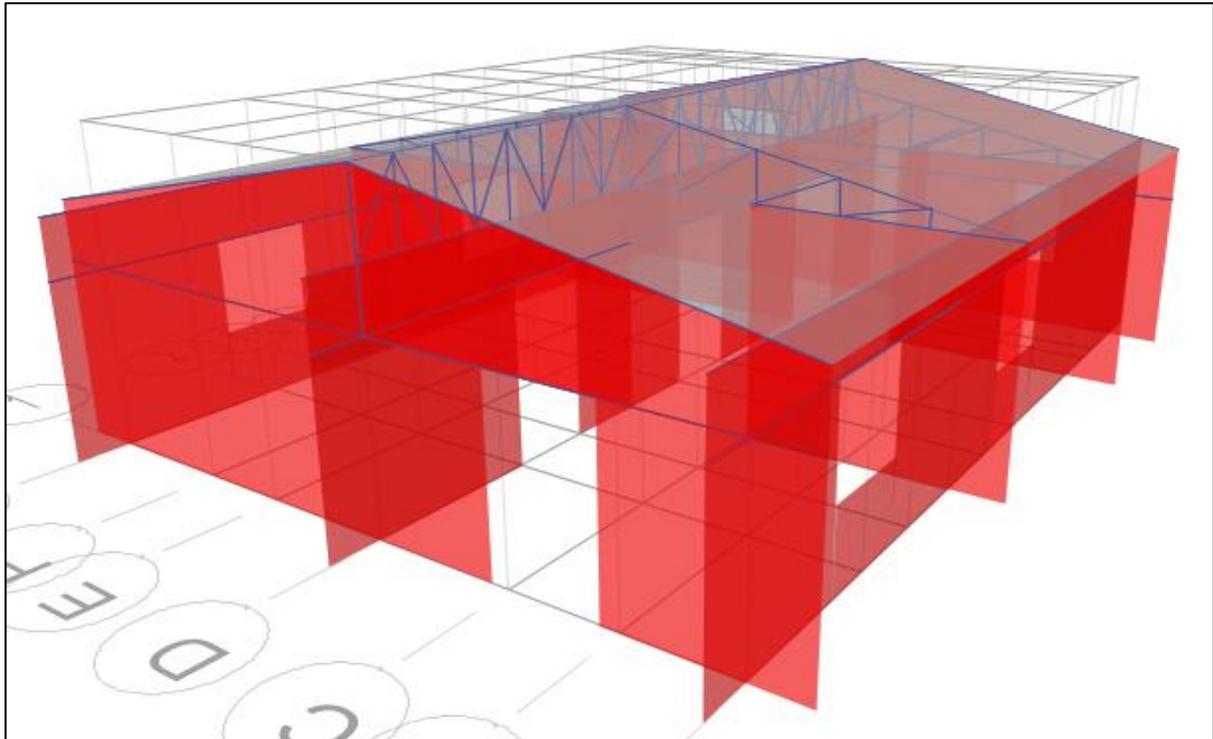


Fuente: Elaboración Propia.

Análisis del modelo

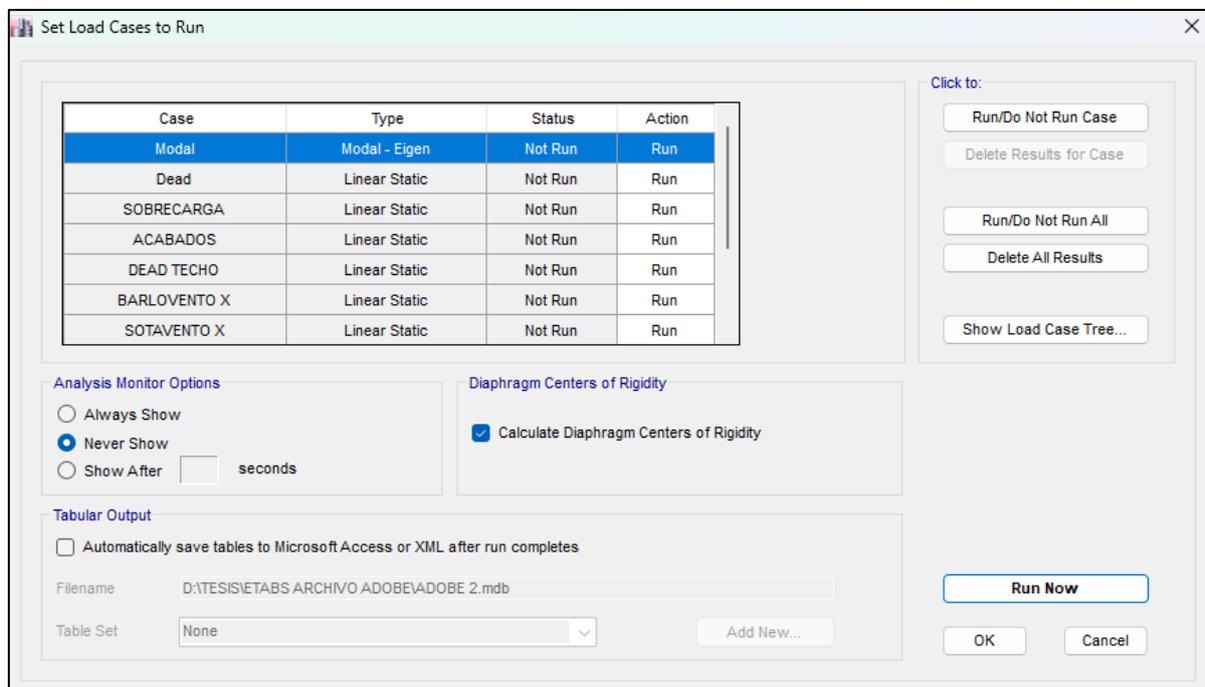
Una vez que se han ingresado todos los valores y configuraciones necesarios en el software ETABS V17, procedemos a realizar el análisis estructural. Durante este proceso, el software realiza un análisis completo de la estructura utilizando los parámetros y datos proporcionados, evaluando su comportamiento bajo cargas y condiciones específicas. Para ello se primero se requiere analizar y verificar que el dibujo/modelado de la estructura no tenga fallas o elementos superpuestos.

Figura 19: Modelo de vivienda de adobe en ETABS



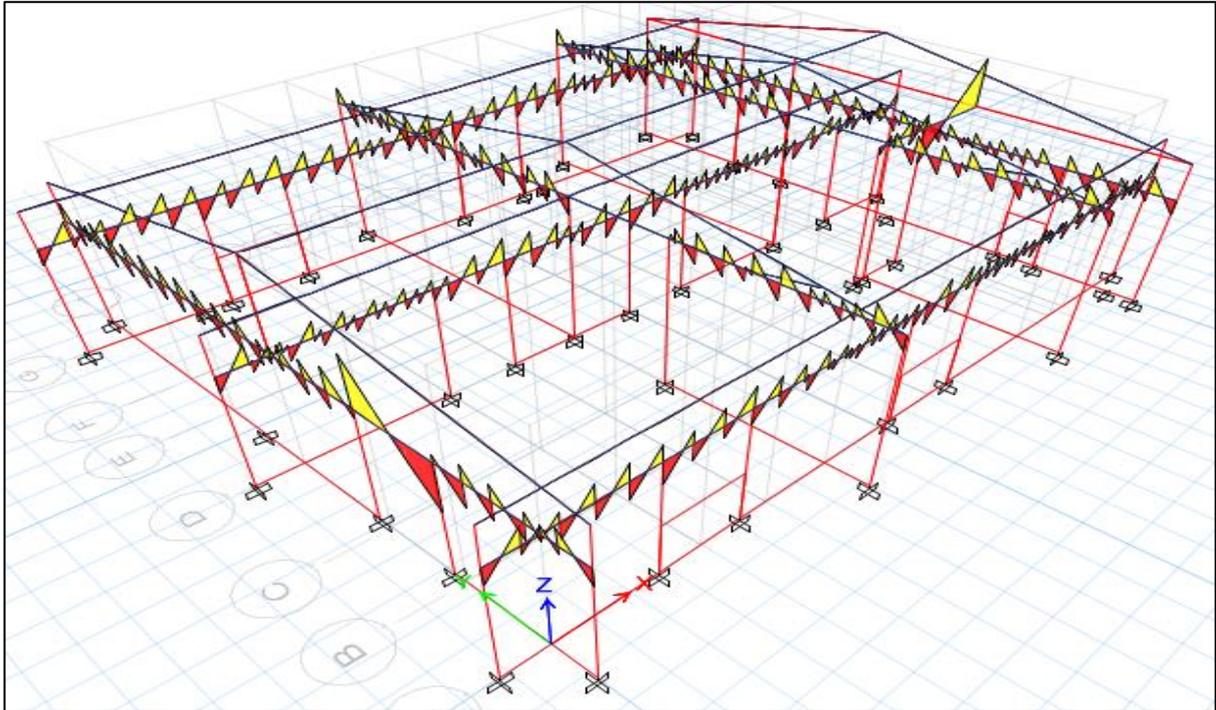
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 20: Datos cargados del análisis del modelo de adobe



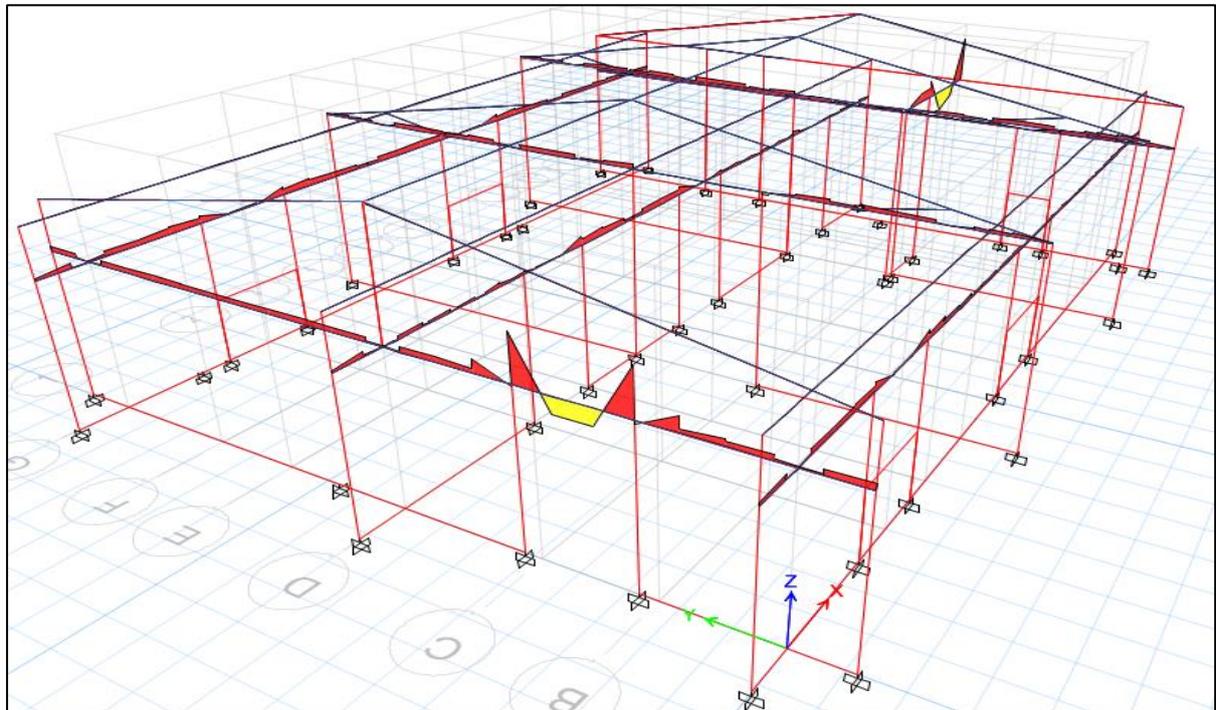
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 21: Diagrama de esfuerzos cortantes



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 22: Diagrama de momento



Fuente: Elaboración Propia.

Verificación de las Derivas

Tabla 12: Derivadas en el eje X por sismo

DERIVADAS EN EL EJE X POR SISMO					
Story	Load Case/Combo	Direction	Max Drift m	Avg Drift m	Ratio
Story1	Dead	X	0.018872	0.006901	2.735
Story1	CSISMO X Max	X	0.55895	0.291062	1.92
Story1	UDCon1	X	0.026421	0.009661	2.735
Story1	UDCon2	X	0.022646	0.008281	2.735
Story1	UDCon3	X	0.022646	0.008281	2.735
Story1	UDCon4	X	0.022646	0.008281	2.735
Story1	UDCon5	X	0.022646	0.008281	2.735
Story1	UDCon6	X	0.022646	0.008281	2.735
Story1	UDCon7	X	0.022646	0.008281	2.735
Story1	UDCon8	X	0.022646	0.008281	2.735
Story1	UDCon9	X	0.022646	0.008281	2.735
Story1	UDCon10	X	0.022646	0.008281	2.735
Story1	UDCon11	X	0.016985	0.006211	2.735
Story1	UDCon12	X	0.016985	0.006211	2.735
Story1	UDCon13	X	0.016985	0.006211	2.735
Story1	UDCon14	X	0.016985	0.006211	2.735
Story1	UDCon15	X	0.016985	0.006211	2.735
Story1	UDCon16	X	0.016985	0.006211	2.735
Story1	UDCon17	X	0.016985	0.006211	2.735
Story1	UDCon18	X	0.016985	0.006211	2.735
Story1	UDCon19 Max	X	0.554252	0.283576	1.955
Story1	UDCon19 Min	X	0.563648	0.290115	1.943
Story1	UDCon20 Max	X	0.556059	0.287546	1.934
Story1	UDCon20 Min	X	0.561841	0.290479	1.934

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 13: Derivadas en el eje Y por sismo

DERIVADAS EN EL EJE Y POR SISMO					
Story	Load Case/Combo	Direction	Max Drift m	Avg Drift m	Ratio
Story1	Dead	Y	0.0285	0.023449	1.215
Story1	CSISMO X Max	Y	0.880719	0.47121	1.869
Story1	UDCon1	Y	0.039901	0.032829	1.215
Story1	UDCon2	Y	0.034201	0.028139	1.215
Story1	UDCon3	Y	0.034201	0.028139	1.215
Story1	UDCon4	Y	0.034201	0.028139	1.215
Story1	UDCon5	Y	0.034201	0.028139	1.215
Story1	UDCon6	Y	0.034201	0.028139	1.215
Story1	UDCon7	Y	0.034201	0.028139	1.215
Story1	UDCon8	Y	0.034201	0.028139	1.215
Story1	UDCon9	Y	0.034201	0.028139	1.215
Story1	UDCon10	Y	0.034201	0.028139	1.215
Story1	UDCon11	Y	0.02565	0.021104	1.215
Story1	UDCon12	Y	0.02565	0.021104	1.215
Story1	UDCon13	Y	0.02565	0.021104	1.215
Story1	UDCon14	Y	0.02565	0.021104	1.215
Story1	UDCon15	Y	0.02565	0.021104	1.215
Story1	UDCon16	Y	0.02565	0.021104	1.215
Story1	UDCon17	Y	0.02565	0.021104	1.215
Story1	UDCon18	Y	0.02565	0.021104	1.215
Story1	UDCon19 Max	Y	0.853135	0.443653	1.923
Story1	UDCon19 Min	Y	0.908304	0.496961	1.828
Story1	UDCon20 Max	Y	0.863744	0.454975	1.898
Story1	UDCon20 Min	Y	0.897695	0.487057	1.843

Fuente: Elaboración Propia.

Según el RNE, el desplazamiento inelástico máximo permitido debe ser menor o igual a 2.00. Mediante esta verificación y en los cuadros anteriores se observa que las cifras no

exceden a 2.00 por lo tanto el diseño cumple con los requisitos necesarios para una estructura de adobe.

$$\Delta i / h_{ei} \leq 2.00$$

Metrado de cargas vivienda de bambú

En relación con la asignación de cargas de servicio sobre el techo de la vivienda, se realizará una cuidadosa determinación teniendo en cuenta la normativa vigente del reglamento nacional de edificaciones, específicamente la norma E-020. En este análisis, se considerará la utilización de cobertura de UPVC, lo cual implica evaluar las cargas aplicadas en función de las características y propiedades de dicho material. Asimismo, se tendrán en cuenta los factores de seguridad y las recomendaciones establecidas en la normativa para garantizar un diseño estructural adecuado y seguro para la vivienda.

Tabla 14: Metrado de cargas de la vivienda de bambú.

Sobrecarga	200 kg/m ²
Acabados	2.25 kg/m ²
Peso de techo	6.75 kg/m ²
Peso cobertura UPVC	4.73 kg/m ²
Tab. De drywall	9.35 kg/m ²

Fuente: Elaboración Propia.

Carga de viento

Siguiendo los lineamientos marcados por el Código Nacional de la Edificación (E-020), la vivienda se clasifica como un edificio Clase C debido a que sus características le ocasionan problemas aerodinámicos. Analizando el mapa de viento correspondiente, se determina que la velocidad del viento a una altura de 10 metros es de 57 km/h. A partir de esta información se

calcula la velocidad de diseño (Vh) para una vivienda de 3 metros de altura, teniendo en cuenta la velocidad antes mencionada de 57 km/h. Este cálculo tendrá en cuenta las condiciones específicas del lugar donde se encuentra la vivienda y garantizará que la estructura esté diseñada adecuadamente para resistir las fuerzas del viento.

$$Vh = V * (h/10)^{0.22} = 57 * (3/10)^{0.22} = 43.736 \text{ km/h}$$

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos para la velocidad de diseño (Vh) a una altura de 3 m, que es inferior al valor especificado en el Código Nacional de la Edificación (RNE, E.020), que establece que Vh debe ser igual o superior a 75 km/h, se aplicará el valor de 75 km/h según lo indicado en la normativa. A continuación, se procederá al cálculo de las presiones de viento, teniendo en cuenta esta velocidad de diseño para garantizar la seguridad y estabilidad de la estructura ante las cargas generadas por el viento.

Tabla 15: Factores para la cobertura y muros.

Estructura	Inclinación de techo	Muros
Grado	15° y 60°	90°
Barlovento	0.7	0.8
Sotavento	-0.6	-0.6

Fuente: *Elaboración Propia.*

La fórmula utilizada para calcular la presión o succión del viento a una altura determinada es la siguiente:

$$Ph = 0.005 * C * Vh^2$$

Donde:

Ph: Representa la presión o succión del viento a una altura h, medida en kg/m².

C: Es el factor de forma adimensional.

Vh: Es la velocidad de diseño a la altura h, expresada en km/h.

Al utilizar esta fórmula, se podrá determinar la presión o succión del viento en cada punto de la estructura, lo cual es fundamental para el análisis de las cargas y asegurar que la edificación cumpla con los requisitos de seguridad y resistencia ante las fuerzas del viento.

Tabla 16: Resultado de las presiones de la cobertura.

Presión			Subducción		
C	Vh	Ph	C	Vh	Ph
0.7	43.74	6.70	-0.6	43.74	-5.74

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 17: Resultado de las presiones de los muros.

Presión			Subducción		
C	Vh	Ph	C	Vh	Ph
0.8	43.74	7.65	-0.6	43.74	-5.74

Fuente: Elaboración Propia.

Parámetros sísmicos vivienda de bambú

Determinación del espectro de aceleraciones

De acuerdo con la normativa (E-030), se establece que, para cada una de las direcciones horizontales analizadas en el estudio sísmico, se utilizará un espectro inelástico de pseudo aceleraciones. Dicho espectro se define mediante la siguiente fórmula:

$$S_a = [(S * U * C * S) / R] * g$$

Estos parámetros sísmicos se determinarán en función de las características específicas del suelo, la estructura y el lugar donde se ubicará el proyecto. La normativa establece la

importancia de considerar estas variables para garantizar un diseño sísmicamente seguro y adecuado a las condiciones particulares del entorno.

Tabla 18: Parámetros sísmicos de acuerdo con la norma E.030.

Parámetros	Valores	Descripción
Z	0.45	Zona
S	1.10	Parámetros del suelo
U	1	Categoría
Tp(s)	1.0	Parámetros de sitio
Tl(s)	1.6	
Rx,y	7	Factor de reducción por dirección

Fuente: Norma Técnica E.0.30 (2020).

Figura 23: Espectro de respuesta (S_a) en relación con el periodo (T).



Fuente: Elaboración Propia.

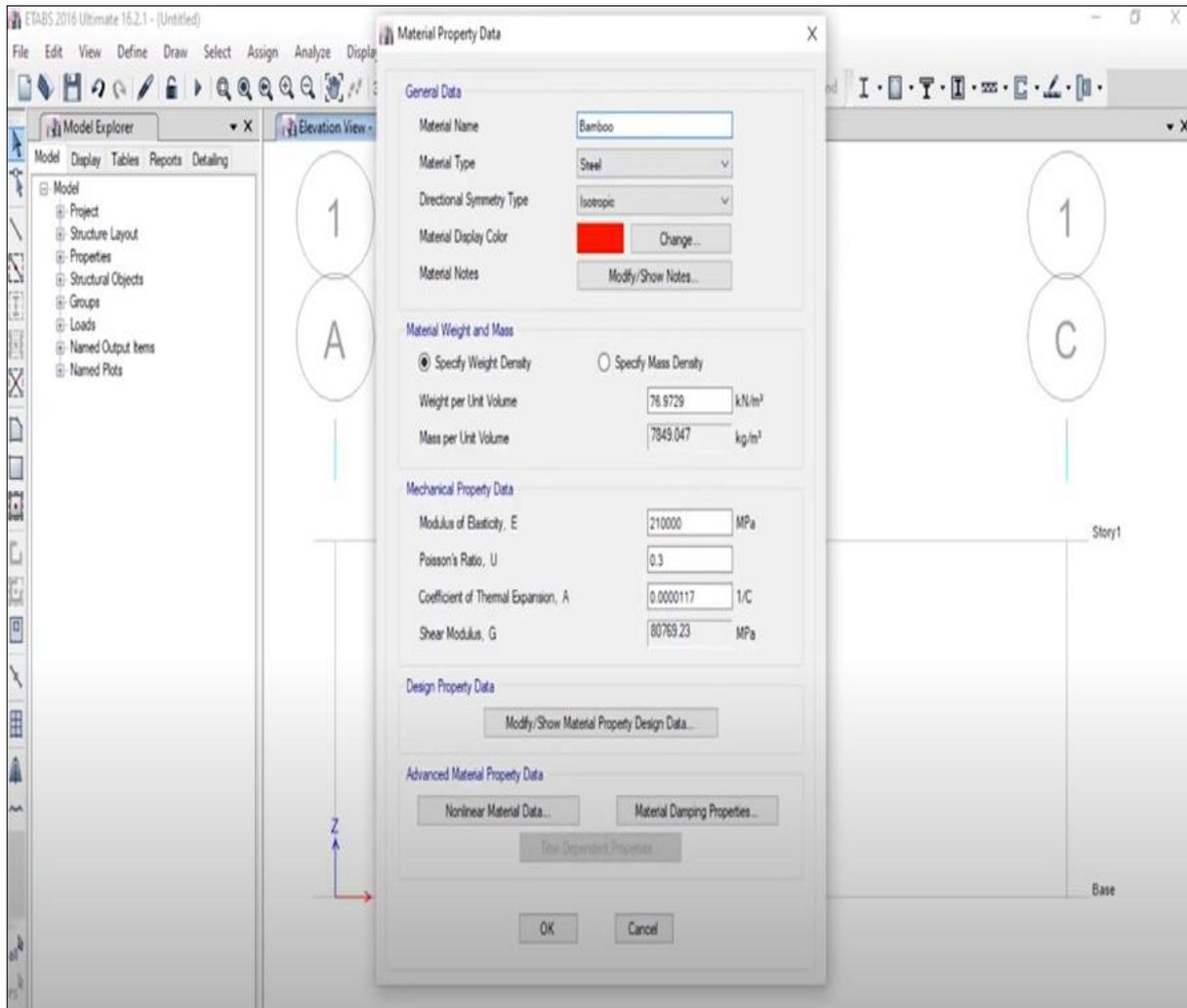
Modelamiento de la vivienda de bambú en ETABS

Definición de las propiedades del material

Para determinar el tipo de material a utilizar, es necesario consultar fuentes como el libro RNE (E100) y "Bambú en estructuras de edificios" de Jullus Joseph, donde se encuentran

las propiedades específicas del material. En este caso, nos enfocaremos en el bambú guadua. Utilizando el software ETABS, se procederá a introducir los parámetros correspondientes. Estas propiedades incluirán el módulo de elasticidad, la expansión térmica y el peso por unidad de volumen, entre otros aspectos relevantes para el análisis estructural.

Figura 24: Creación del material a usar para la vivienda de bambú.



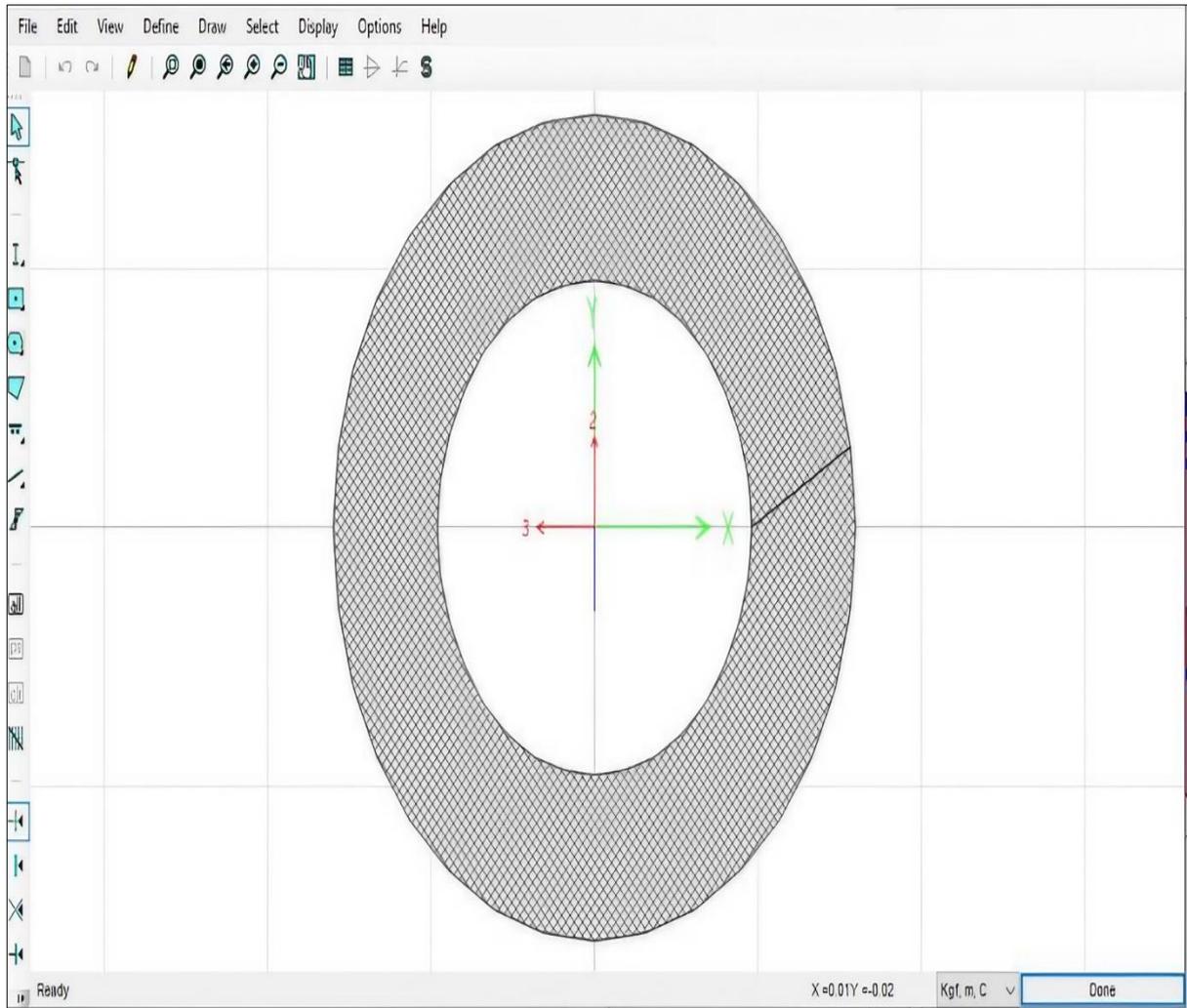
Fuente: Elaboración Propia.

Definición de secciones

Para categorizar las secciones en ETABS V16, se realizó un dimensionamiento inicial de los elementos estructurales para determinar las secciones factibles de construir. Una vez completado este dimensionamiento, el proceso de generación de elementos unidimensionales,

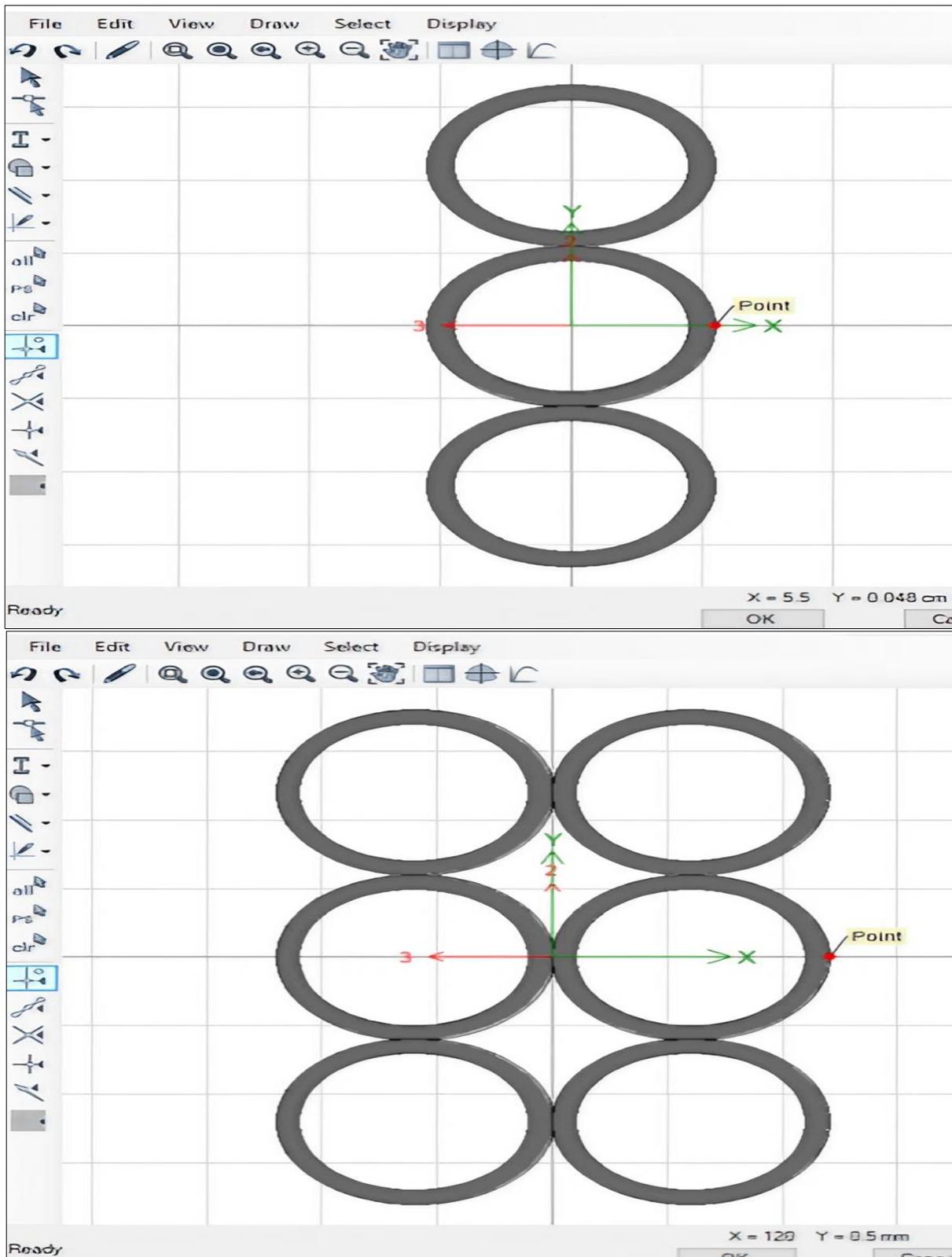
denominados "Frames". Dado que estas secciones no están predefinidas en el programa, fue necesario crear nuevas secciones introduciendo los detalles pertinentes, como el material de base (bambú, que se estableció previamente). Utilizando las 134 dimensiones del material elegido, generamos varios tipos de secciones necesarias para el proyecto.

Figura 25: Creación de secciones de la estructura de bambú.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 26: Creación de vigas y viguetas.

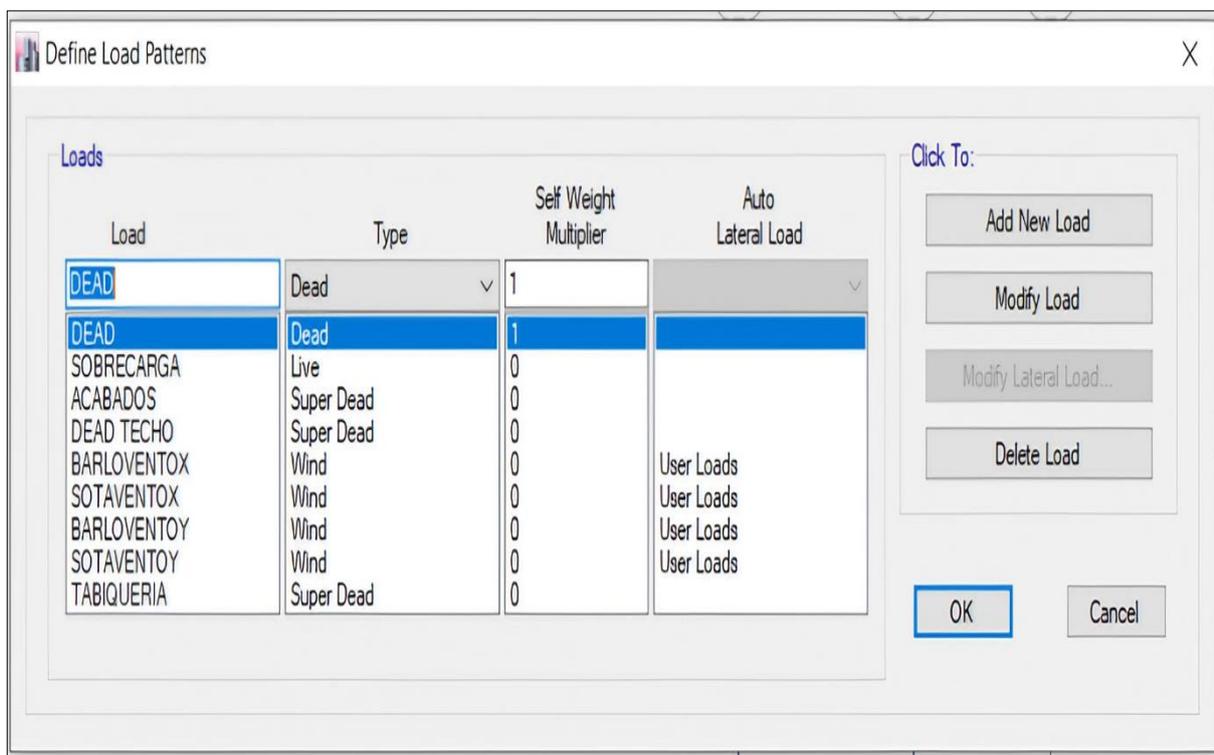


Fuente: Elaboración Propia.

Definición de cargas

Aparte de las cargas propias por defecto asignadas por el programa "DEAD", se generan cargas adicionales, incluyendo la Carga muerta (DEAD), la Carga viva (CV), la Carga de viento a barlovento y sotavento, y el caso de carga sísmica (SDX y SDY). Para definir estas cargas hay que seguir los siguientes pasos: Access Define Load Patterns, Add New Load Patterns, y Define Load cases, Add New Load cases.

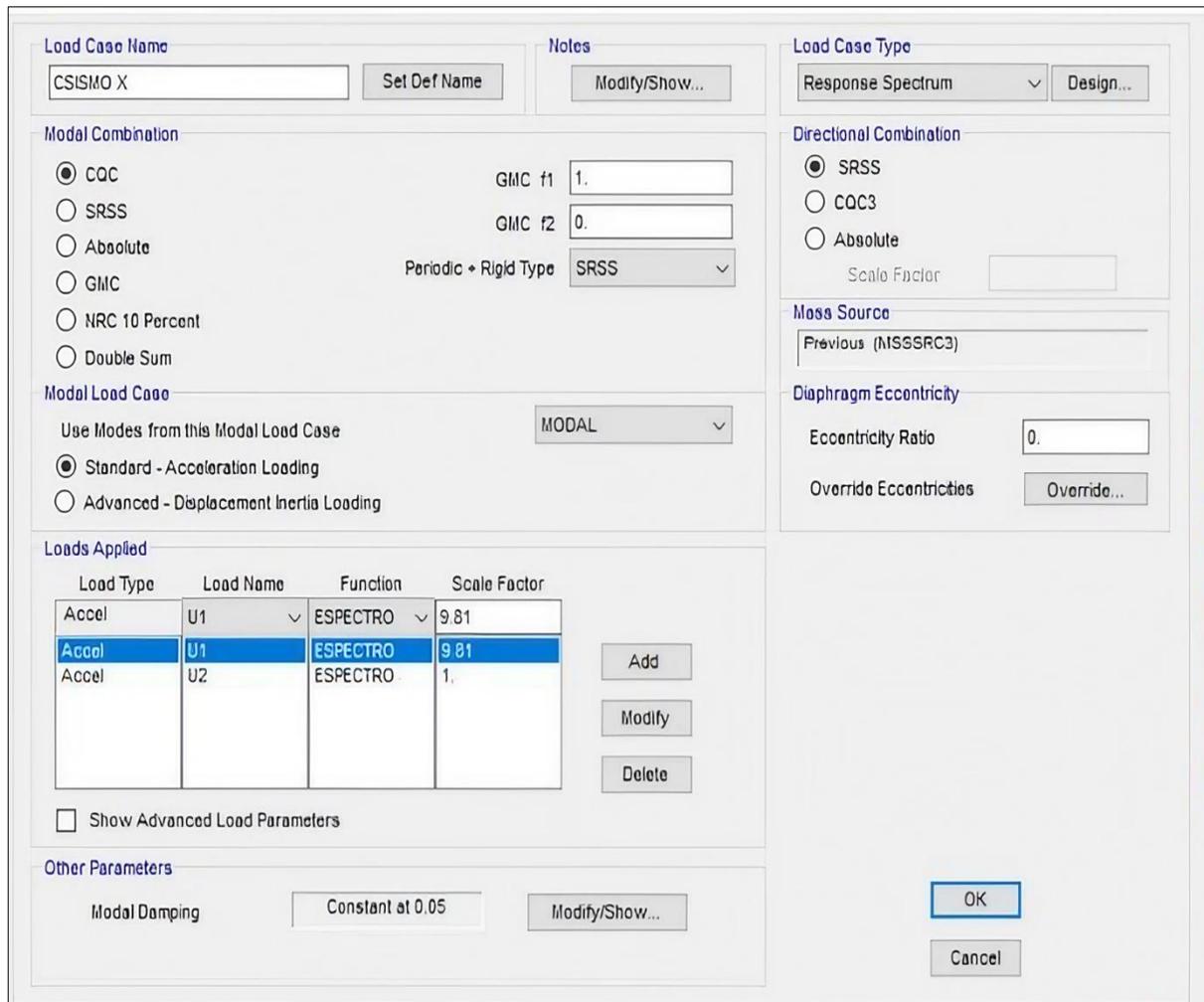
Figura 27: Patrones de cargas vivienda de bambú.



Fuente: Elaboración Propia.

La definición y creación de las cargas sísmicas implica proporcionar los valores obtenidos del cálculo del espectro sísmico, como el factor de amplificación, en los campos correspondientes. Este proceso se realiza para completar la información necesaria relacionada con las cargas generadas por un sismo. Esta información se debe ingresar en los campos específicos según se muestra a continuación.

Figura 28: Espectro sísmico de la vivienda de bambú.



Load Case Name: CSISMO X

Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination: CQC (selected), SRSS, Absolute, GMC, NRC 10 Percent, Double Sum

GMC f1: 1.0, GMC f2: 0.0, Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination: SRSS (selected), CQC3, Absolute

Scale Factor: []

Mass Source: Previous (MSSSRC3)

Diaphragm Eccentricity: Eccentricity Ratio: 0.0, Override Eccentricities: Override...

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Standard - Acceleration Loading (selected), Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	ESPECTRO	9.81
Accel	U1	ESPECTRO	9.81
Accel	U2	ESPECTRO	1.0

Show Advanced Load Parameters: []

Other Parameters: Modal Damping: Constant at 0.05

Buttons: OK, Cancel

Fuente: Elaboración Propia.

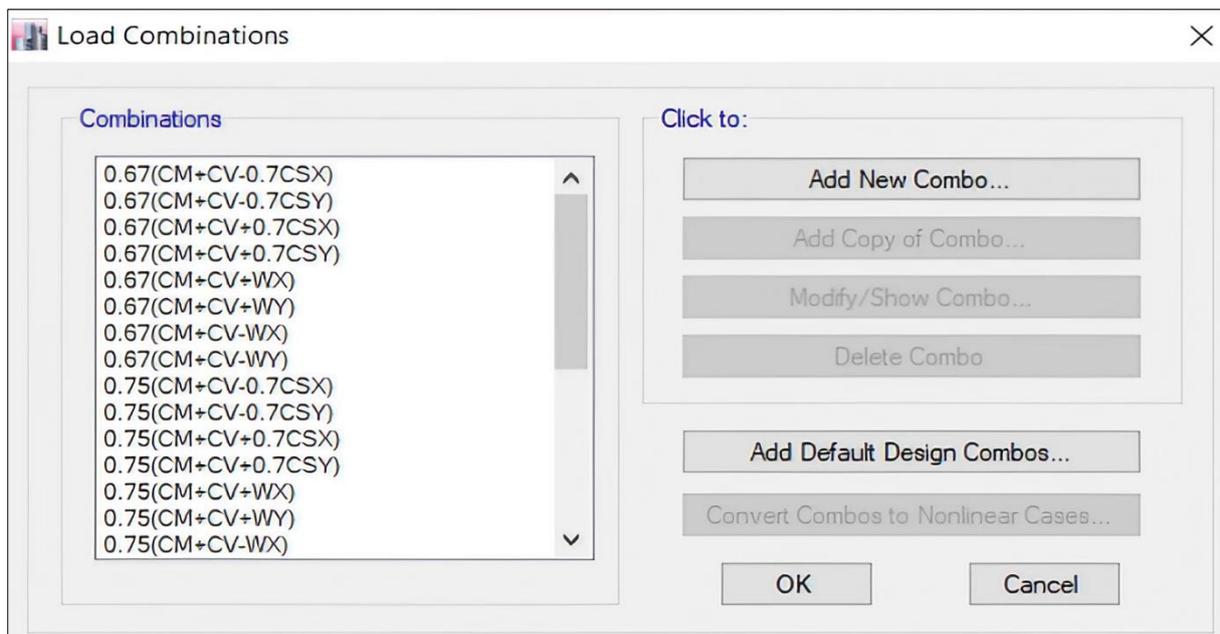
Combinación de cargas

Se llevaron a cabo las combinaciones de cargas para abordar tanto las cargas de viento como las cargas sísmicas, teniendo en cuenta las dos condiciones de análisis. Estas combinaciones se realizaron de acuerdo con los lineamientos establecidos en la norma E.020. Dicha normativa proporciona las pautas necesarias para determinar la manera en que las cargas de viento y sismo deben ser consideradas en conjunto, con el fin de garantizar la seguridad y estabilidad de la estructura.

- (1) D.....1
- (2) D + CV.....2
- (3) D + (W ó 0,70 S)3
- (4) [D + CV + (W ó 0,70 S)]* α4
- (5) [D + (W ó 0,70 S)] * α5
- (6) [D + CV + (W ó 0,70 S) +T] * α6

En relación con lo mencionado, es importante tener en cuenta el factor α que se aplica en las combinaciones de cargas. Este factor tiene un valor mínimo de 0.75 para las combinaciones (4) y (5), mientras que para la combinación (6) su valor mínimo es de 0.67. Es fundamental considerar estos valores al realizar las combinaciones de cargas, ya que el factor α desempeña un papel crucial en la determinación de la resistencia y estabilidad de la estructura frente a las diferentes condiciones de carga. Asegurarse de aplicar correctamente estos factores garantizará un diseño estructural seguro y confiable, de acuerdo con las normas y regulaciones correspondientes.

Figura 29: Combinación de cargas por sismo y viento para el bambú.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Asignación de restricciones

Para proporcionar restricciones al modelo, se aplican apoyos fijos en puntos estratégicos. En primer lugar, nos situamos en el nivel $Z=0$ y procedemos a seleccionar los nodos pertinentes siguiendo una serie de pasos específicos. Estas opciones determinarán las restricciones aplicadas en los nodos seleccionados, garantizando la estabilidad y el comportamiento adecuado del modelo estructural.

Figura 30: Asignación de restricción vivienda de bambú.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Análisis del modelo

Una vez que se han ingresado todos los valores y configuraciones necesarios en el software ETABS V16, se procede al procesamiento de la siguiente manera. Para ello, accedemos a las opciones siguientes: Menú/Analyze/Run Analysis, al realizar esta acción, se abrirá una ventana donde podremos seleccionar los casos específicos con los que deseamos que la estructura sea analizada. Una vez que hemos seleccionado los casos pertinentes, procedemos a ejecutar el análisis de la estructura. Durante este proceso, el software empleará los parámetros y datos proporcionados para llevar a cabo un análisis completo de la estructura, evaluando su comportamiento bajo las cargas y condiciones especificadas.

Se realiza la evaluación de los desplazamientos causados por el sismo en el eje X, con el objetivo de verificar que se mantengan dentro del límite establecido por el RNE. Según esta normativa, el desplazamiento inelástico máximo permitido, representado por Δ inelástico, debe ser menor o igual a 0.01. Mediante esta verificación, se busca asegurar que los desplazamientos generados por el sismo no excedan el límite especificado, garantizando así la integridad y la seguridad estructural de acuerdo con las pautas establecidas por el RNE.

Tabla 19: Derivas en el eje x por sismo.

Puntos	Caso	Dirección	Deriv. Elástica x	Deriv. Elástica y	Deriv. Inelástica x	Deriv. Inelástica y	Norma 0.30	Verificación x / y
1	Sismo din. Max	X	0.00173	0.00027	0.00910	0.00144	0.01	cumple
2	Sismo din. Max	X	0.00160	0.00017	0.00842	0.00091	0.01	cumple
3	Sismo din. Max	X	0.00158	0.00027	0.00830	0.00143	0.01	cumple
4	Sismo din. Max	X	0.00149	0.00017	0.00782	0.00091	0.01	cumple
5	Sismo din. Max	X	0.00144	0.00137	0.00756	0.00721	0.01	cumple
6	Sismo din. Max	X	0.00190	0.00138	0.00997	0.00724	0.01	cumple
7	Sismo din. Max	X	0.00084	0.00027	0.00439	0.00142	0.01	cumple
8	Sismo din. Max	X	0.00119	0.00017	0.00623	0.00091	0.01	cumple

Fuente: *Elaboración Propia.*

Se procede a calcular los desplazamientos generados por el sismo en el eje Y, con el fin de asegurar que se mantengan dentro del límite establecido por el RNE. Según la normativa, el

desplazamiento inelástico máximo permitido, representado por Δ inelástico, debe ser menor o igual a 0.01.

Tabla 20: Derivas en el eje y por sismo.

Puntos	Caso	Dirección	Deriv. Elástica y	Deriv. Elástica y	Deriv. Inelástica x	Deriv. Inelástica y	Norma 0.30	Verificación y
1	Sismo din. Max	Y	0.00018	0.00110	0.00093	0.00577	0.01	cumple
2	Sismo din. Max	Y	0.00016	0.00059	0.00086	0.00310	0.01	cumple
3	Sismo din. Max	Y	0.00016	0.00110	0.00085	0.00577	0.01	cumple
4	Sismo din. Max	Y	0.00015	0.00059	0.00080	0.00310	0.01	cumple
5	Sismo din. Max	Y	0.00014	0.00110	0.00074	0.00577	0.01	cumple
6	Sismo din. Max	Y	0.00014	0.00059	0.00074	0.00310	0.01	cumple
7	Sismo din. Max	Y	0.00009	0.00110	0.00045	0.00577	0.01	cumple
8	Sismo din. Max	Y	0.00012	0.00059	0.00064	0.00310	0.01	cumple

Fuente: Elaboración Propia.

Se lleva a cabo la evaluación de los desplazamientos causados por la carga de viento, verificando que se encuentren dentro del límite establecido por el RNE. Según las directrices establecidas, el desplazamiento inelástico máximo permitido, representado por Δ inelástico, debe ser igual o menor a 0.01.

Tabla 21: Derivas de cargas de vientos por piso.

Puntos	Caso	Deriva elástica x	Deriva Elástica y	Deriv. Inelástica x	Deriv. Inelástica y	Norma E.030	Verificación x	Verificación y
1	Envol. Viento	0.00165	0.00081	0.00868	0.00426	0.01	Cumple	Cumple
2	Envol. Viento	0.00176	0.00048	0.00922	0.00254	0.01	Cumple	Cumple

3	Envol. Viento	0.00156	0.00081	0.00820	0.00425	0.01	Cumple	Cumple
4	Envol. Viento	0.00168	0.00048	0.00881	0.00254	0.01	Cumple	Cumple
5	Envol. Viento	0.00190	0.00141	0.00998	0.00739	0.01	Cumple	Cumple
6	Envol. Viento	0.00176	0.00160	0.00925	0.00840	0.01	Cumple	Cumple
7	Envol. Viento	0.00094	0.00081	0.00496	0.00424	0.01	Cumple	Cumple
8	Envol. Viento	0.00048	0.00048	0.00765	0.00254	0.01	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración Propia.

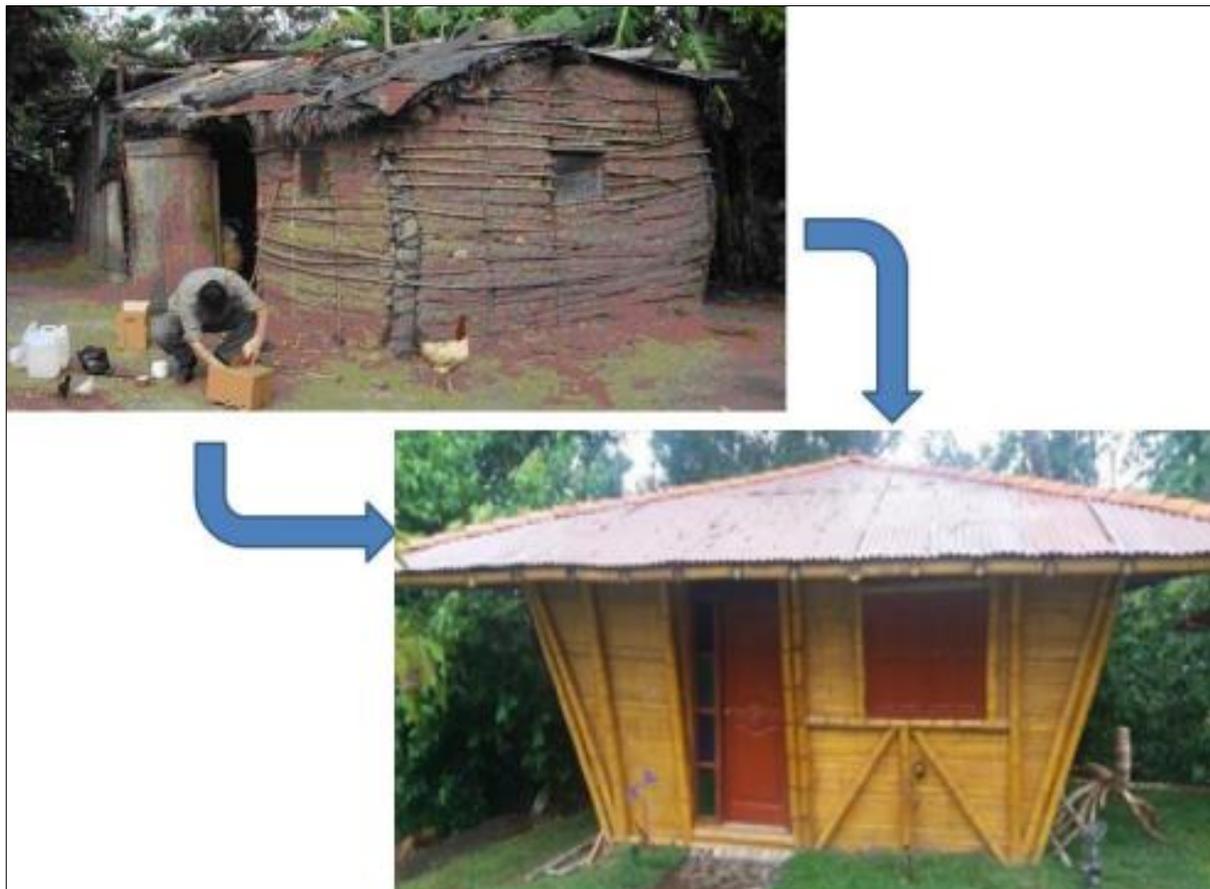
Viabilidad económica del bambú guadúa y el adobe

El coste de los materiales, la disponibilidad de mano de obra cualificada, la resistencia de la construcción, los gastos de mantenimiento y reparación son sólo algunas de las variables que afectan a la viabilidad económica del uso del bambú guadua y del adobe en la construcción de viviendas en el norte de Perú. A continuación, se exponen algunas de las razones que explican la viabilidad económica de ambas opciones:

- **Coste de los materiales:** Debido a la disponibilidad local, el bambú guadúa puede ser menos costoso que el adobe en algunas localidades del norte peruano. Sin embargo, el precio puede variar en función de la calidad del bambú y del coste del transporte. Por el contrario, el adobe podría ser más rentable cuando hay un excedente tanto de mano de obra como de tierra.
- **Coste del transporte:** La disponibilidad local de bambú guadúa en el norte de Perú reduce el coste del transporte. Por el contrario, el adobe puede ser grueso y pesado, lo que eleva el gasto de transporte.

- **Coste de construcción:** El coste de la construcción puede variar en función de una serie de variables, como la experiencia y los conocimientos del constructor, el tiempo necesario para completar el proyecto y los materiales requeridos. Debido a la ligereza y facilidad de manejo del material, la construcción con bambú suele ser más rápida y menos costosa que la construcción con adobe.
- **Coste de mantenimiento:** A largo plazo, los costes de mantenimiento pueden ser un factor crucial para tener en cuenta. El bambú Guadúa es un material resistente y duradero que requiere poco mantenimiento. El adobe, en cambio, puede necesitar mantenimiento y reparaciones periódicas debido a su susceptibilidad a la humedad.

Figura 34: Viabilidad y calidad de vida al cambio de viviendas.



Fuente: Echezuría (2018)

Costo de vivienda por m².

Para los presupuestos de construcción, en la región costera de Perú es habitual emplear los valores unitarios de construcción oficiales. Las autoridades competentes actualizan periódicamente estas cifras, que se basan en los costes típicos de bienes y servicios de la zona. En este caso, se ha elaborado una estimación que tiene en cuenta los valores unitarios de construcción oficiales de la región costera de Perú, así como las principales diferencias entre dos tipos de viviendas: las de adobe y las de bambú.

Tabla 22: Comparativa de costos de las partidas esenciales para las viviendas.

PARTIDAS	VIVIENDA DE ADOBE (S/.)	VIVIENDA DE BAMBÚ (S/.)
1. Obras provisionales y trabajos preliminares	9,920.07	1,015.74
2. Estructuras	36,306.33	17,818.30
2.1.Concreto	8,973.34	4,406.22
2.2.Muros	7,378.71	5,996.21
2.3.Techo	19,954.28	7,415.87
3. Arquitectura	14,848.51	9,989.83
4. Inst. Sanitarias	3,776.40	3,383.11
5. Inst. Eléctricas	3,776.40	3,162.22
<i>Costo directo (S/.)</i>	68,627.71	35,369.20
<i>Área de vivienda (m²)</i>	80	80
<i>Costo por Área de vivienda</i>	857.85	442.12

Fuente: Elaboración Propia.

Se ha calculado que el coste por metro cuadrado de una vivienda de adobe con una superficie total de 80m² es de S/. 68,627.71 y de una vivienda de bambú guadúa es de 35,369.20 de acuerdo con las partidas esenciales. Esta cantidad se calcula dividiendo el coste total de construcción de la casa por su superficie total. Es crucial recordar que este valor puede variar dependiendo de la ubicación, los materiales de construcción, la mano de obra y otros elementos que podrían afectar los gastos. Para este presupuesto, se ha considerado tanto la calidad y disponibilidad de los materiales de bambú, así como los requerimientos de diseño y construcción específicos para garantizar la durabilidad y seguridad de la vivienda.

Identificación del ahorro

Se estableció un índice de ahorro para cada categoría de gastos relacionados tanto con las viviendas construidas con Adobe como con las viviendas de Bambú. La determinación de este índice de ahorro se realiza mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Ahorro (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Costo de vivienda de Bambú}}{\text{Costo de vivienda de Adobe}}\right) \times 100$$

El índice de ahorro representa el porcentaje de reducción en los costos al utilizar bambú como material de construcción en comparación con un material convencional como el adobe. Este indicador refleja la diferencia porcentual en los gastos asociados a la elección de uno u otro material en el proceso constructivo. En este caso se utilizó el costo por metro cuadrado de partidas esenciales como referencia.

Tabla 23: Cuadro comparativo del índice de ahorro.

PARTIDAS	AHORRO (%)
1. Obras provisionales y trabajos preliminares	89.76%
2. Estructuras	50.92%

2.1. Concreto	50.89%
2.2. Muros	18.74%
2.3. Techo	62.84%
3. Arquitectura	32.72%
4. Inst. Sanitarias	10.41%
5. Inst. Eléctricas	16.26%
<i>Costo directo (S/.)</i>	48.46%

Fuente: Elaboración Propia.

Al realizar la comparación de costo por metro cuadrado de una vivienda de adobe y una de bambú en este caso, se encontró que la vivienda de bambú presentaba un índice de ahorro superior. Esto implica que la vivienda de bambú ofrecía una relación costo-beneficio más favorable en comparación con la vivienda de adobe. Además, al analizar el costo directo total, se determinó un índice de ahorro del 48.46%.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

De acuerdo con los resultados del impacto ambiental se confirma la investigación de Martínez-Osorio, Barana, Rocha-Carneiro y Paschoarelli (2017), ya que el bambú guadua angustifolia kunth es un producto natural eco amigable y biodegradable que actualmente ha incrementado su producción en varias zonas del norte del Perú siendo más accesible para su uso en componentes estructurales de las edificaciones. El procesamiento de estos productos existe en diferentes cadenas productivas, potenciando su ensamblaje, permitiendo el ensamblaje de componentes prefabricados, así como el uso intensivo de mano de obra y baja inversión en bienes de capital. El sistema de la casa de madera se determina como tradicional (clásico) o moderno (moderno), y se ha discutido e ilustrado claramente a través de diagramas y figuras a lo largo de los años.

De acuerdo con el estudio de Montoya (2015) y los resultados obtenidos en nuestra investigación, si se puede dar uso al bambú como elemento estructural en viviendas ubicadas en la zona norte del Perú, siempre y cuando estas se diseñen bajo los parámetros sísmicos de la norma técnica peruana, tanto como la norma E.100 (Bambú), E.030 (Diseño sismorresistente) y E.020 (Cargas).

Según los resultados de las encuestas obtenidas de una zona aleatoria del norte del Perú las viviendas encuestadas están desarrolladas sin el uso de los estándares de diseño estructural del reglamento nacional de edificaciones y sin profesionales expertos en el tema, es decir, son autoconstrucciones, es por ello, esta investigación aporta conocimientos para un diseño de viviendas de adobe y bambú, siendo asequible y sostenible para ser aplicadas en estas zonas marginales norte del Perú. De acuerdo con la investigación de Tarque et al. (2012) que utilizó

métodos mecánicos para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las casas de adobe en Cusco. En dicho estudio se establecieron diferentes criterios para las fallas en plano y fuera de plano, y se estimó la capacidad de los muros de adobe en función de los mecanismos de fallo. La investigación propone aprovechar estos conceptos generales y la resistencia sísmica del adobe para adaptarlos a las necesidades específicas de Perú y la ciudad afectada por los terremotos.

El estudio de Tarque et al. (2012) indicaba un ahorro significativo de las construcciones de bambú respecto al adobe, sin embargo no detallaba el porcentaje de ahorro, a diferencia de nuestros resultados obtenidos en la investigación, la construcción de viviendas de bambú obtiene un mejor costo e índice de ahorro por m² asíndolas más asequibles para la población marginal de la zona norte del Perú como resultado la construcción de una vivienda de bambú se obtuvo un ahorro de 48.36% en comparación con la vivienda de adobe siempre y cuando se consideren las partidas esenciales en el presupuesto de estas edificaciones.

Conclusiones

En conclusión, el bambú guadua se destaca como una opción más favorable desde el punto de vista ambiental en comparación con el adobe para la construcción de viviendas. Esto se debe a su carácter renovable, su bajo consumo de energía durante la producción, su menor necesidad de transporte, su eficiencia energética y su durabilidad. Sin embargo, es esencial tener en cuenta otros factores, como la disponibilidad local de los materiales y las características específicas de la región, antes de tomar una decisión sobre qué material utilizar en la construcción de viviendas.

Según los resultados obtenidos revelan que tanto las viviendas de bambú como las de adobe cumplieron con los requisitos establecidos por la norma técnica peruana en términos de

derivadas sísmicas. Si bien las viviendas de adobe contaban con refuerzos adicionales, como mallas de refuerzo y cortes de caña en los muros, las viviendas de bambú demostraron una capacidad superior para resistir los movimientos sísmicos sin necesidad de refuerzos. Sin embargo, es importante destacar que el diseño y la construcción adecuada, de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones, son fundamentales tanto para las viviendas de bambú como para las de adobe, y se debe prestar especial atención a los detalles de refuerzo y mantenimiento para garantizar la seguridad en áreas propensas a sismos.

Se concluye que la vivienda de bambú tiene un menor costo de edificación frente a la vivienda de adobe en términos de índice de ahorro, tomando en cuenta el costo por metro cuadrado. Además, al evaluar el costo directo total, se obtuvo un índice de ahorro del 48.46% diseñadas bajo las normas peruanas. Estos hallazgos evidencian la eficiencia económica y el atractivo de la vivienda de bambú como una alternativa más rentable en cuanto a costos.

Implicancias

Dentro de las implicancias significativas hemos logrado desarrollar una vivienda eco amigable que usa como material principal al bambú guadúa ya que es rápidamente reproducible en la agricultura y no genera deforestación como la madera y tampoco requiere de materiales no recuperables como el adobe. Las implicancias éticas del uso del bambú guadúa como alternativa al adobe también deben tenerse en cuenta en el contexto de la construcción de viviendas asequibles y sostenibles en zonas marginadas del norte de Perú. Es crucial valorar las posibles ventajas y peligros de esta estrategia de construcción, así como los efectos sobre el medio ambiente y las comunidades cercanas. Es importante buscar soluciones que promuevan la sostenibilidad, el bienestar humano y el respeto por el medio ambiente. Esta investigación tiene como objetivo desarrollar una solución que sea económica, técnica, segura y respetuosa con el medio ambiente, dirigida a las comunidades de bajos recursos en las zonas marginales

del norte de Perú. El propósito es ofrecer una alternativa sostenible para abordar los desafíos socioeconómicos y ambientales que enfrentan estas poblaciones, brindando una opción asequible en términos de costos y que promueva la conservación del entorno natural.

Recomendaciones

Se sugiere fomentar la plantación de bambú con el objetivo de promover su utilización en diferentes áreas, no limitándose únicamente a construir en lugares de fácil acceso, sino también transportándolo al interior del país donde se requiera. Este enfoque sería similar al proceso seguido con el acero, el cemento y el ladrillo. Dicha estrategia se justifica por el hecho de que el bambú es un material eco amigable y biodegradable. Además, con los resultados de nuestra investigación ofrece un excelente rendimiento ante situaciones sísmicas.

Se recomienda buscar artículos de investigaciones en otros idiomas, especialmente si es nuevo y no muy relevante para la industria, y el inglés suele ser el idioma en el que se estandariza la mayoría de los trabajos de investigación, asimismo, recopilar la información necesaria de los trabajos.

Se sugiere que las casas construidas con bambú sean planificadas por especialistas en el uso de este material, con el propósito de asegurar una estructura habitable y capaz de resistir los movimientos sísmicos. Esto permitirá mejorar la calidad de vida en las zonas marginales del norte del Perú.

Referencias

Ghavami, K. (2005). Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. *Cement and Concrete Composites*, 27(6), 637–649. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.06.002>.

Javadian, A., Smith, I. F. C., Saeidi, N., & Hebel, D. E. (2019). Mechanical Properties of Bamboo Through Measurement of Culm Physical Properties for Composite Fabrication of Structural Concrete Reinforcement. *Frontiers in Materials*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmats.2019.00015>.

Li, Z., Chen, C., Mi, R., Gan, W., Dai, J., Jiao, M., Xie, H., Yao, Y., Xiao, S., & Hu, L. (2020). A Strong, Tough, and Scalable Structural Material from Fast-Growing Bamboo. *Advanced Materials*, 32(10), 1906308. <https://doi.org/10.1002/adma.201906308>.

Liu, Q., & Lin, T. (2011). Analysis on Architectural Bamboo Surface. *Applied Mechanics and Materials*, 99-100, 21–25. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.99-100.21>.

Resolución Ministerial N°0521-2008-A G. Ministerio de Agricultura. Lima, 1 de julio de 2008.

Manandhar, R., Kim, J. H., & Kim, J. T. (2019). Environmental, social and economic sustainability of bamboo and bamboo-based construction materials in buildings. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 18(2), 49–59. <https://doi.org/10.1080/13467581.2019.1595629>.

Yang Y. *Bambúes exóticos: guía para facilitar su identificación*. Corporación Botánica. Ecuador: INBAR-LAC; 2006.

Moran J. *Building with bamboo doing yourself manual*. Ecuador: INBAR-LAC; 2001.

Nugroho, A. M. (2019). Tropical Nusantara's Contemporary House for Liveable Environment. *MATEC Web of Conferences*, 280, 03021. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201928003021>.

Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica E.0100. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima; 2020.

Song, J., Utama Surjadi, J., Hu, D., & Lu, Y. (2017). Fatigue characterization of structural bamboo materials under flexural bending. *International Journal of Fatigue*, 100, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2017.03.016>.

Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica E.080. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima; 2020.

Chen, C., Li, Z., Mi, R., Dai, J., Xie, H., Pei, Y., Li, J., Qiao, H., Tang, H., Yang, B., & Hu, L. (2020). Rapid Processing of Whole Bamboo with Exposed, Aligned Nanofibrils toward a High-Performance Structural Material. *ACS Nano*, 14(5), 5194–5202. <https://doi.org/10.1021/acsnano.9b08747>.

Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica E.030. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima; 2020.

Atthiyah, HP., & Ova, CD. (2020). Overview of Bamboo Preservation Methods for Construction Use in Hot Humid Climate. *International Journal of Built Environment and Scientific Research*, Vol. 4 (1) 1-10. <https://doi: 10.24853/ijbesr.4.1.1-10>.

Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica E.020. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima; 2020.

Kavanagh, P., Roche, J., Brady, N., & Lauder, J. (2020). A Comparative Life Cycle Assessment for Utilising Laminated Veneer Bamboo as a Primary Structural Material in High-Rise Residential Buildings. *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials*, 93–113. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.11299-8>.

Ξ. (2020). Physical and Mechanical Properties of Bamboo Scrimber. *Hans Journal of Civil Engineering*, 09(08), 755–768. <https://doi.org/10.12677/hjce.2020.98080>.

Juan David Sandoval Triana, J. C. R. Ortiz. (2018). Estudio experimental y modelación del comportamiento de estructuras en adobe. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 110(9), 1689–1699.

Song, J., Gao, L., & Lu, Y. (2017). In Situ Mechanical Characterization of Structural Bamboo Materials under Flexural Bending. *Experimental Techniques*, 41(6), 565–575. <https://doi.org/10.1007/s40799-017-0202-5>.

Blondet, M., Serrano, M., & Mattsson, E. (2016). Capacitación en construcción sismorresistente con adobe de una comunidad andina. 15° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción Con Tierra, 1–10.

Sharma, B., Gatóo, A., Bock, M., & Ramage, M. (2015). Engineered bamboo for structural applications. *Construction and Building Materials*, 81, 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.01.077>.

Guerrero, P., & Sánchez, J. (2019). Revisión Teórica de Características Físicas y de la Huella de Carbono de la Madera en Aplicaciones Estructurales. *ÑAWPAY Revista Técnica Tecnológica*, 13–20. <https://doi.org/10.36500/nrtt-v1.n2.2019.03>.

Rivera-Salcedo, H., Valderrama-Andrade, O. M., Daza-Barrera, N. A., & Plazas-Jaimes, G. S. (2020). Adobe como saber ancestral usado en construcciones autóctonas de Pore y Nunchía Casanare Colombia. *Revista de Arquitectura*. Published. <https://doi.org/10.14718/revarq.2021.2762>.

Ossa-Cornejo, C. J., Palma-Luengo, M. R., Lagos-San Martín, N. G., Quintana-Abello, I. M., & Díaz-Larenas, C. H. (2017). ANÁLISIS DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DEL PENSAMIENTO CRÍTICO. *Ciencias Psicológicas*, 11(2), 19. <https://doi.org/10.22235/cp.v11i2.1343>.

Martínez-Osorio, P. A., Barana, M., Roeha-Carneiro, R., & Paschoarelli, L. C. (2017). Innovación, design y sostenibilidad social : nuevas tendencias para el desarrollo local en la contemporaneidad. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 19(2), 68-77. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2017.19.2.1406>

Tarque, N., Crowley, H., Pinho, R., & Varum, H. (2012). Displacement-Based Fragility Curves for Seismic Assessment of Adobe Buildings in Cusco, Peru. *Earthquake Spectra*, 28(2), 759–794. <https://doi.org/10.1193/1.4000001>

Guerra Riaño, A. F. (2020). COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS DE MADERA REUTILIZADA UNIDA CON BAMBÚ (*Guadua angustifolia kunth*) PARA USO ESTRUCTURAL. *Ciencia*, 22(1), 11. <https://doi.org/10.24133/ciencia.v22i1.1288>.

Hagan, N., Robins, N., Hsu-Kim, H., Halabi, S., Gonzales, R. D. E., Richter, D. de B., & Vandenberg, J. (2013). Residential Mercury Contamination in Adobe Brick Homes in Huancavelica, Peru. *PLoS ONE*, 8(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075179>

Echezuría, H. (2018). El Bambú como Recurso Sustentable para Construcción de Viviendas de Bajo Costo. *Revista Tekhné*, 21(2), 52–68. Retrieved from <http://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/temas/index.php/tekhne/article/view/3673>

Montoya, V. (2015). Uso del bambú como material de construcción en estructuras no convencionales en la ciudad de Huancayo. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 05(01). <https://doi.org/10.18259/acs.2015024>

Li, Z., Wang, C., & Wang, R. (2021). Application of screw reinforcement in the slotted-in bamboo-steel-bamboo connections. *Structures*, 33, 4112–4123. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.07.024>

Yadav, M., & Mathur, A. (2021). Bamboo as a sustainable material in the construction industry: An overview. *Materials Today: Proceedings*, 43, 2872–2876. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.125>

Pinto Herrera, H. (2014). Desastre ecológico y ambiental en Huancavelica. *Investigaciones Sociales*, 14(25), 321–338. <https://doi.org/10.15381/is.v14i25.7321>

Carmioli Umaña, V. (2009). Bambú Guadua, en muros de contención. *Tecnología En Marcha*, 22(4), 38–44.

Campos Y Covarrubias, G., & Lule Martínez, N. E. (2013). La Observación, Un Método Para El Estudio De La Realidad. *Xihmai*, 7(13). <https://doi.org/10.37646/xihmai.v7i13.202>

NEC-SE-GUADÚA. (2016). Estructuras de guadúa (GaK). NEC Norma Ecuatoriana de La Construcción, 94.

Rubio, C. (2019). Bioconstrucción: Parámetros que configuran una relectura contemporánea de la Arquitectura Vernácula (Trabajo Fin de Grado). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. <http://oa.upm.es/54314/>

Muñoz, C., & Quiroz, F. (2014). Análisis de Ciclo de Vida en la determinación de la energía contenida y la huella de carbono en el proceso de fabricación del hormigón premezclado. Caso estudio planta productora Región del Bío Bío, Chile. *Revista Hábitat Sustentable*, 4(2), 16-25. <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/447>

Morán, J. (2011). LA GUADÚA: EL ORO DE LOS ANDES. Recuperado de <https://es.slideshare.net/vivaguadua2011/11-jorge-moran>

Gahona, E., & Montenegro, J. (2016). Propuesta de viviendas económicas para reasentamientos humanos utilizando microhormigón y caña guadua (Proyecto de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Civil). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. Ecuador. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/40180>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2019). Acuerdo No. 004-19: Reglamento para validación de tipologías y planes para proyectos de vivienda de interés social. Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Recuperado de

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Acuerdo-No-004-19-Reglamento-para-validacion-de-tipologias-planes-masa-proyectos-de-vivienda-interes-social-1.pdf>

Trujillo, A., Nieto, N., Vanegas, O., & Díaz, F. (2020). Utilización de la Guadua angustifolia Kunth en el diseño arquitectónico y estructural de una vivienda de interés social rural. En E. Serna (Ed). Investigación formativa en Ingeniería, (4a. ed.), (pp. 97-108). Medellín, Colombia: Instituto Antioqueño de Investigación. https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Serna-M/publication/344418700_Investigacion_formativa_en_ingenieria_4/links/5f739a03a6fdcc008648239a/Investigacion-formativa-en-ingenieria-4.pdf#page=106

Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth. (2021). NOVASINERGIA REVISTA DIGITAL DE CIENCIA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, 4(1), 53–73. <https://doi.org/10.37135/ns.01.07.03>

Rodríguez, A., & Morales, E. (2008). El Bambú como material estructural: análisis de un caso práctico (Bachelor Thesis). Universidad de Girona, Girona, España. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10256/1128>

Sánchez Quintero, C. A., & Da Cunha Silveira, W. J. (2016). DESENVOLVIMENTO DE UMA LIGAÇÃO ESTRUTURAL PARA CONSTRUÇÃO COM BAMBU GUADUA. MIX Sustentável, 2(1), 98. <https://doi.org/10.29183/2447-3073.mix2016.v2.n1.98-106>

Lázaro León, K. C., Gonzáles Mora, H. E., Cárdenas Oscanoa, A. J., & Cárdenas Oscanoa, A. J. (2017). Propiedades mecánicas del material compuesto elaborado con bambú

(Guadua angustifolia Kunth) y polipropileno. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(38), 95–110. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v7i38.7>

Efecto del contenido de humedad en la resistencia a tensión paralela a la fibra del bambú Guadua Angustifolia Kunth. (2014). *Scientia et Technica*, 19(3), 245–250. <https://doi.org/10.22517/23447214.9117>

Guerrero Bejarano, M. A. (2016). La Investigación Cualitativa. *INNOVA Research Journal*, 1(2), 1–9. <https://doi.org/10.33890/innova.v1.n2.2016.7>

Suffian, S., Dzombak, R., & Mehta, K. (2016). Future directions for nonconventional and vernacular material research and applications. En Elsevier eBooks (pp. 63-80). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100038-0.00003-2>

Echezuría, H. (2018). El Bambú como Recurso Sustentable para Construcción de Viviendas de Bajo Costo. *Tékhne*, 21(2). <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/tekhne/article/view/3673>

Schänzer, W., & Donike, M. (1993). Metabolism of anabolic steroids in man: synthesis and use of reference substances for identification of anabolic steroid metabolites. *Analytica Chimica Acta*, 275(1-2), 23-48. [https://doi.org/10.1016/0003-2670\(93\)80274-o](https://doi.org/10.1016/0003-2670(93)80274-o)

Vanga, G., Briones, O., Zevallos, I., & Delgado, D. R. (2021). Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth. *NOVASINERGIA*, 4(1), 53-73. <https://doi.org/10.37135/ns.01.07.03>