

Universidad de Panamá

Facultad de Arquitectura y Diseño

Escuela de Arquitectura

Análisis de la sostenibilidad y del diseño de la casa de quinchá

Asesora: Profesora Graciela Arosemena

Nombre: Helen Marie Arispe Rodríguez

Semestre II, 2024

Firma del Tribunal Examinador

Análisis de la sostenibilidad y del diseño de una casa de quinchá

Pertenece a

Helen Marie Arispe Rodríguez

Año:2024

Prof: Graciela Arosemena (Asesora)



Prof: Silvia Arroyo (Jurado)



Prof: Félix Durán (Jurado)



DEDICATORIA

A mi familia y amigos han sido parte de este viaje en el que no solo yo he aprendido, si no todos han contribuido en el propio documento, como en darme ánimos cada vez me quedaba estancada en alguna sección. En especial a:

Mamá, por la gran disposición y apoyo, desde los primeros pasos de como plantear un documento de tesis hasta todas las veces revisamos la ortografía y gramática.

Papá y Carmen, por brindarme un espacio y el tiempo que necesitaba para sacar adelante este proyecto, por involucrarse completamente, dar opiniones, estudiar e investigar junto conmigo y por acompañarme a nuevos lugares durante esta investigación.

A mi hermana por sus aportes creativos en el área de diseño.

AGRADECIMIENTOS

En agradecimiento a mi asesora la Prof. Graciela Arosemena, por permitirme con esta tesis ser parte como pasante de su investigación y parte del Proyecto de la Prof. Silvia Arroyo titulado “Valor ambiental y cultural de la construcción tradicional y de los portales de los pueblos de la región de Azuero”, con el apoyo de los fondos del Sistema Nacional de Investigación. Pero también por su tiempo, guía y compromiso para desarrollar y culminar de forma satisfactoria esta tesis.

Gracias a todas las personas preguntaron “¿cómo va tu tesis?” los tengo en mi mente y me alegra decirles está completada.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

LISTA DE ILUSTRACIONES

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

OBJETIVOS QUE SE PRETENDE LOGRAR

MARCO METODOLÓGICO

1. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Sostenibilidad

1.1.1. Concepto de sostenibilidad

1.1.2. Nuestro futuro común

1.1.3. Modelo de producción actual

1.2. Impacto ambiental de la construcción

1.2.1. Ciclo de vida en la construcción

1.2.1.1. Extracción

1.2.1.2. Transporte

1.2.1.3. Construcción

1.2.1.4. Uso y vida útil

1.2.1.5. Fin de vida

1.2.2. Soluciones temporales mas no definitivas

1.3. Hacia una arquitectura sostenible

1.4. La quinch

1.4.1. Descripción de la tipología constructiva

1.4.2. Reseña histórica y etimología

1.4.3. Componentes del sistema

1.4.3.1. Barro

1.4.3.2. Madera

- 1.4.3.3. Caña
 - 1.4.3.4. Fibra natural
 - 1.4.4. Proceso constructivo
 - 1.4.4.1. Preparación de terreno
 - 1.4.4.2. Estructura principal y enjaulado
 - 1.4.4.3. Embarrado
 - 1.4.4.4. Techo
 - 1.4.5. Arquitectura
 - 1.4.6. Capacidad estructural y marco legal de la seguridad.

2. CAPÍTULO II: METODOLOGÍA ACV

- 2.1. Ciclo de vida de los materiales
 - 2.1.1. Definición de objetivos y alcance
 - 2.1.2. Inventario del ciclo de vida (ICV)
 - 2.1.3. Evaluación de impactos (EICV)
 - 2.1.4. Interpretación de resultados

3. CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL CASO ESTUDIO

- 3.1. Descripción y ubicación de caso estudio
 - 3.1.1. Contexto regional
 - 3.1.2. Clima
 - 3.1.3. Localización general
 - 3.1.4. Vegetación del sitio
 - 3.1.5. Polígono del terreno
 - 3.1.6. Concepto de diseño
- 3.2. Descripción de los planos
 - 3.2.1. Planta
 - 3.2.2. Plomería
 - 3.2.3. Electricidad
- 3.3. Materiales utilizados
- 3.4. Costos de construcción

3.5. Visita de campo

3.6. Entrevistas

3.6.1. Francisco Vergara (maestro de obra)

3.6.1.1. Materiales utilizados y donde se consiguen

3.6.1.2. Preparación de la mezcla

3.6.1.3. Recuperación de material

3.6.2. Doris Barrios (habitante local)

3.6.2.1. Observaciones

4. CAPÍTULO IV: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ACV

4.1. ACV (Análisis del Ciclo de Vida), a una construcción de quincha

4.1.1. Objetivos

4.1.2. Límites del sistema

4.1.3. Alcances

4.1.4. Inventario de materiales y energías

4.1.5. Evaluación de impactos

4.1.5.1. Extracción y procesamiento de materiales: emisiones asociadas

4.1.5.2. Transporte: emisiones asociadas a gasolina consumida

4.1.5.3. Construcción: residuos in situ

4.1.5.4. Uso: mantenimiento

4.1.5.5. Fin de vida: derribo.

4.1.6. Puntuación de impactos ambientales

4.1.7. Interpretación de resultados

4.1.7.1. Uso de materiales sostenibles

4.1.7.2. Reducción de residuos

4.2. Caso comparativo: ACV de una construcción con materiales industriales.

4.2.1. Objetivos

4.2.2. Límites del sistema

4.2.3. Alcances

4.2.4. Evaluación de impactos

4.2.4.1. Producción de materiales: emisiones asociadas

- 4.2.4.2. Transporte: emisiones asociadas a gasolina consumida
 - 4.2.4.3. Construcción: residuos in situ
 - 4.2.4.4. Uso: mantenimiento
 - 4.2.4.5. Fin de vida: derribo.
 - 4.2.5. Interpretación de resultados
- 4.3. Comparativa de los casos de estudio
 - 4.3.1. Impactos ambientales asociados. Ventajas y desventajas de los casos de estudio
 - 4.3.2. Durabilidad de los materiales y fin de vida

5. CAPÍTULO V: PROPUESTA PARA MEJORAMIENTO DE LA SOSTENIBILIDAD EN EL DISEÑO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO QUINCHA

- 5.1. Hacia un mejoramiento del sistema
- 5.2. Recomendaciones de diseño
 - 5.2.1. Protección de la madera estructural
 - 5.2.2. Protección de las paredes
 - 5.2.3. Protección del techo de tejas
 - 5.2.4. Prefabricación del sistema
- 5.3. Guías constructivas
 - 5.3.1. Estructura principal y secundaria
 - 5.3.2. Entramados
 - 5.3.3. Consideraciones de diseño

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE ILUSTRACIONES

El contenido gráfico de este documento se ha estructurado de la siguiente manera: **Imágenes** (fotografías, imágenes ilustrativas), **Cuadros** (recopilación de datos generales distribuidos de forma ordenada) y **Gráficos** (representaciones de datos numéricos comparativos).

LISTA DE ILUSTRACIONES - IMÁGENES

Imagen 1: Mapa político de la República de Panamá. (p. 43)

Imagen 2: Mapa político de distrito de Pedasí. (p. 44)

Imagen 3: Contexto regional del tribunal electoral de Pedasí. Imagen extraída de Google Maps. (p.46)

Imagen 4: Dibujo en perspectiva del tribunal electoral de Pedasí. (p. 50)

Imagen 5: Planta baja del tribunal electoral de Pedasí. Planos de Luis Villar. (p. 51)

Imagen 6: Elevación frontal del tribunal electoral de Pedasí. (p. 52)

Imagen 7: Isométrico de agua potable del tribunal electoral de Pedasí. Planos de Luis Villar. (p. 53)

Imagen 8: Plano de electricidad del tribunal electoral de Pedasí. Planos de Luis Villar. (p. 54)

Imagen 9: Fachada Frontal del TE de Pedasí. (p. 56)

Imagen 10: Fachada Frontal del TE de Pedasí en 2014. (p. 57)

Imagen 11: Interior del TE de Pedasí en 2014. (p. 58)

Imagen 12: Rampa para personas con movilidad reducida. (p. 58)

Imagen 13: Tina en fachada posterior. (p. 59)

Imagen 14: Tinaquera con panel eléctrico. (p. 60)

Imagen 15: Ventana en fachada lateral izquierda. (p. 60)

Imagen 16: Ventana de aire acondicionado. Fachada lateral derecha. (p. 61)

Imagen 17: Tanque de reserva. Fachada lateral derecha y posterior. (p. 61)

Imagen 18: Pilar en fachada lateral derecha. (p. 62)

Imagen 19: Pilar en fachada lateral izquierda. (p. 62)

Imagen 20: Grieta en pared de fachada lateral derecha. (p. 63)

Imagen 21: Grieta en ventana de fachada lateral derecha. (p. 63)

Imagen 22: Sra. Doris Barrios, junto a estructura de enjaulado. (p. 66)

Imagen 23: Junta de embarre. Estructura principal, enjaulado y techo colocados. (p. 67)

Imagen 24: Apisonamiento del barro. (p. 67)

Imagen 25: Uniones atornilladas de la estructura. (p. 68)

Imagen 26: Cisterna utilizada para humedecer la tierra. (p. 68)

Imagen 27: Pacas de paja utilizada. (p. 68)

Imagen 28: Proceso de embarrado por participante de la junta de embarre. (p. 69)

Imagen 29: Proceso de embarrado. (p. 69)

Imagen 30: Diagrama de distancias de extracción de material a la ubicación del caso estudio. (p. 66)

Imagen 31: Fachada frontal del TE de Tonosí. (p. 96)

Imagen 32: Diagrama de distancias de extracción de material a la ubicación del caso comparativo TE de Tonosí. (p. 102)

Imagen 33: Diagrama de distancias del recorrido de los bloques de cemento desde los sitios de extracción a su lugar de producción, distribución y finalizando con el sitio de construcción. (p. 103)

Imagen 34a: Representación gráfica de las recomendaciones de diseño para una construcción en quincha. (p. 120)

Imagen 34b: Representación gráfica de las recomendaciones de diseño para una construcción en quincha. (p. 121)

Imagen 35: Panel típico de quincha prefabricada. (p.125)

Imagen 36: Panel para ventana alta y ventana baja (respectivamente) para quincha prefabricada (p. 125)

Imagen 37: Propuesta para estructura de una casa tradicional de quincha. (p. 126)

Imagen 38: Propuesta para estructura de una casa tradicional de quincha. (p. 127)

Imagen 39: Propuesta para estructura para quincha prefabricada. (p. 127)

Imagen 40: Propuesta para estructura de quincha con vano de puerta. Opción 1. (p. 128)

Imagen 41: Propuesta para estructura de quincha con vano de puerta. Opción 2. (p. 128)

LISTA DE ILUSTRACIONES - CUADROS Y GRÁFICOS.

Gráfico 1: Etapas del ciclo de vida en la construcción. (p. 23)

Gráfico 2: Modelo de producción actual en la construcción. (p. 26)

Gráfico 3: Modelo de producción utópico y sostenible en la construcción. (p. 26)

Gráfico 4: Gráfico histórico de temperatura en la Estación Pedasí. (p. 45)

Gráfico 5: Gráfico histórico de humedad relativa en la Estación Pedasí. (p.45)

Gráfico 6: Gráfico histórico de la lluvia en la Estación Pedasí. (p. 45)

Gráfico 7: Polígono del terreno del caso estudio. (p. 47)

Gráfico 8: Asoleamiento de polígono del terreno del caso estudio el 21 de junio. (p. 48)

Gráfico 9: Asoleamiento de polígono del terreno del caso estudio el 21 de diciembre. (p. 48)

Gráfico 10: Clasificación de los materiales. Referencia de “Guía de Bioconstrucción: Materiales y técnicas constructivas sostenibles y saludables. (p. 77)

Gráfico 11: Inputs y Outputs presentes en el ciclo de vida de los materiales del sistema constructivo quincha. (p. 78)

Gráfico 12: Posibilidad de reciclaje vs desperdicio en los materiales utilizados en el Tribunal de Pedasí. (p. 95)

Gráfico 13: Porcentajes de los materiales necesarios para la elaboración de un bloque de cemento. (p. 99)

Gráfico 14: Resumen de los impactos ambientales asociados a la materia prima necesaria para la elaboración de un bloque de cemento. (p. 101)

Gráfico 15: Posibilidad de reciclaje de un bloque de cemento, presentes en las paredes del tribunal de Tonosí. (p. 109)

Gráfico 16: Gráfico comparativo de las emisiones de CO₂ de los materiales en una construcción en quincha y materiales industriales en la etapa de transporte. (p.113)

Gráfico 17: Puntuación de los materiales estudiados en los TE de Pedasí y Tonosí (p.115)

Cuadro 1: Tabla base para inventario de materiales utilizado para el caso estudio. (p.40)

Cuadro 2: Límites en la evaluación del sistema dentro del ACV. (p. 73)

Cuadro 3: Relación de criterios e impactos dentro del sistema. (p. 75)

Cuadro 4: Inventario de materiales utilizados en caso estudio. (p. 79)

Cuadro 5: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Pedasí en la fase extracción de su ciclo de vida. (p. 82)

Cuadro 6: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Pedasí en la fase transporte hacia construcción de su ciclo de vida. (p. 84)

Cuadro 7: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Pedasí en la fase de construcción de su ciclo de vida. (p. 86)

Cuadro 8: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Pedasí en la fase de mantenimiento de su ciclo de vida. (p. 88)

Cuadro 9: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Pedasí en la fase de derribo de su ciclo de vida. (p. 90)

Cuadro 10: Estimación de los impactos ambientales en todas las fases del ciclo de vida del caso estudio Tribunal Electoral de Pedasí. (p. 91)

Cuadro 11: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Tonosí en la fase extracción de su ciclo de vida. (p. 102)

Cuadro 12: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Tonosí en la fase transporte hacia construcción de su ciclo de vida. (p. 105)

Cuadro 13: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Tonosí en la fase de construcción de su ciclo de vida. (p. 105)

Cuadro 14: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Tonosí en la fase de mantenimiento de su ciclo de vida. (p. 106)

Cuadro 15: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Pedasí en la fase de derribo de su ciclo de vida. (p. 107)

Cuadro 16: Estimación de los impactos ambientales en todas las fases del ciclo de vida del caso comparativo Tribunal de Tonosí. (p. 108)

RESUMEN

El sector de la construcción es uno de los grandes responsables del desequilibrio ambiental, debido a un ciclo abierto existente en la producción de materiales, su uso y su disposición de residuos difícil de controlar y que el medio natural no puede asimilar. Existe la necesidad de una planificación ambiental adecuada y la aplicación de criterios sostenibles en donde se aseguren los recursos naturales, tanto para las generaciones presentes como para las futuras.

Uno de los aspectos de la sostenibilidad es el uso correcto de los materiales, ya que el ecosistema es el generador constante de insumo, así para las construcciones como para la vida cotidiana en sociedad. Debido a esto, la arquitectura sostenible debe velar por cambiar el sistema de producción hacia un método que genere cero residuos, concebido desde el ciclo de vida de los materiales para valorar los residuos una vez el edificio finalice su vida útil.

Con el objetivo de comprender el ciclo de vida de los materiales y la aplicación de una evaluación de sostenibilidad, esta tesis plantea usar el método constructivo quinchá como caso estudio. Siendo la línea de investigación: Tecnología e Innovación en el Diseño y Producción, y sublínea: Procesos constructivos.

Existe un gran estigma alrededor de la quinchá, pues está asociada a pobreza y atraso, con esta tesis se pretende cambiar esas opiniones negativas brindando información y demostrando las ventajas de la quinchá desde su sostenibilidad como de la versatilidad de su método constructivo. Esto desea comprobarse tomando como caso estudio la sede del Tribunal Electoral de Pedasí, cuya estructura está elaborada en quinchá. Para esta investigación se realiza una visita de sitio y entrevista con el maestro de obra, analiza sus planos y estudia la sostenibilidad del método constructivo a través de la metodología del análisis del ciclo de vida (ACV) de los materiales utilizados en el sistema.

INTRODUCCIÓN

El ecosistema, como se conoce hoy en día, presenta grandes desequilibrios ocasionados por las actividades antrópicas; se ha llegado a un punto en el que, si no se toman las medidas correctas, incluso los recursos que hoy se consideran renovables pueden llegar a su fin en algún momento.

El sector de la construcción es uno de los mayores responsables de estos desequilibrios, ya que provocan una gran cantidad de extracciones de materiales no renovables, los cuales son transformados de forma que en su mayoría son desperdiciados, sin la posibilidad de darles una segunda vida útil. Como señala acertadamente Clemente (2015:3), en la tesis doctoral, Evaluación de la sostenibilidad de sistemas de construcción industrializados de fachada en edificios de vivienda colectiva: *“La forma en que los edificios están contruidos revela en cierto modo la relación de la sociedad con la naturaleza”* y el cómo se está manejando el sector de la construcción hoy en día, ha mostrado una demanda demasiado grande para el medio ambiente y sus recursos renovables como no renovables, provocando un distanciamiento de lo ideal hacia una verdadera sostenibilidad ambiental. Demostrando una falta de planificación ambiental y la necesidad de evaluar los métodos utilizados como realizar correcciones.

La sostenibilidad va más allá de colocar paneles solares en los edificios o diseñar techos verdes, es velar por el cuidado y la preservación de la biodiversidad, así como el uso eficiente de materiales saludables y positivos para el clima. La buena toma de decisiones para los materiales en una construcción no solo por cual es el más atractivo o en tendencia, sino considerar si su procedencia es de fuentes sostenibles, de esta manera lograr, durante el desarrollo de la obra, una reducción del impacto ambiental. Esto se alcanza a través de la confección de un método de evaluación en donde pueda llevarse un control de los recursos, que estos no sean agotados a una

velocidad mayor a la de su renovación natural. Por esta razón, en esta tesis, se busca tomar un método constructivo y someterlo a una evaluación de sostenibilidad y el ciclo de vida de sus materiales. Este método constructivo es la quinchá.

El objetivo de esta tesis es identificar la sostenibilidad de la quinchá al analizar la huella ecológica de los materiales utilizados en el sistema, durante todas sus fases como de determinar su vida útil; evaluando la posibilidad de reutilizarlos o reciclarlos al finalizar esta vida útil, además de identificar sus ventajas ambientales y sostenibles a través de la metodología de Análisis del Ciclo de Vida (A.C.V). Para ello, el estudio se enfocará en un caso de estudio particular, el cual es la construcción en quinchá de la oficina del Tribunal Electoral en Pedasí.

JUSTIFICACIÓN

El sistema constructivo quincha forma parte de la historia y de las tradiciones de buena parte de Sudamérica, en una época moderna, este sistema se ha estudiado técnicamente y se han creado iniciativas para fomentar su uso como un método de construcción sustentable, por ejemplo, en Perú, Arriola y Tejada (2008) han creado el Manual de quincha prefabricada para maestros de obra en el que se ofrece información para la elaboración de paneles como todo el proceso constructivo.

En cuanto a Panamá, está faltando estudios que pongan en valor el sistema constructivo de quincha donde cada vez son más escasas. En la investigación realizada por Acevedo et al. (2020), presentada en el libro *Construcción de Quincha liviana*, se enumeran las múltiples ventajas de la quincha, como los son: la simpleza y rapidez en su ejecución, por lo que no requiere mano de obra experta; bajo costo económico comparado con otros sistemas constructivos; la resistencia sísmica y su relleno de tierra y paja otorgan en términos térmicos y acústicos una buena habitabilidad.

No obstante, a pesar de estas ventajas, se ha observado cómo, poco a poco, se va perdiendo esta tradición constructiva. A pesar del valor histórico y sociocultural de las conocidas “Juntas de embarre”, las casas de quincha están desapareciendo en el país. Más allá de su valor histórico, la quincha posee potenciales beneficios como método constructivo que responda a la necesidad de hacer construcciones más sostenibles. Es por esto por lo que, en esta investigación, con el caso estudio del Tribunal Electoral de Pedasí, se realizará una evaluación al sistema constructivo utilizado y determinar el potencial de cumplimiento hacia los conceptos de sostenibilidad como lo son el uso eficiente de los materiales saludables y positivos para el clima y un diseño acorde

a la reutilización y el reciclaje. De esta manera generar información a los pobladores de Azuero para demostrarles los valores ambientales de la quinchá.

Objetivos

Objetivo General

Analizar el ciclo de vida de una construcción moderna de quinchas, incluyendo un estudio de sostenibilidad de cada etapa del proceso de fabricación de los materiales.

Objetivos Específicos

- Evaluar una construcción moderna de quinchas para su estudio de sostenibilidad.
- Elaborar un estudio de sostenibilidad en los materiales de la quinchas.
- Determinar el valor ambiental de la quinchas y puesta en práctica de métodos más sostenibles que los practicados hoy en día.

Marco Metodológico

En el presente capítulo, se plantea lo relacionado a la orientación metodológica que se consideró para esta investigación sobre el estudio y análisis del ciclo de vida de una construcción moderna en quincha. Para el desarrollo de la investigación, es necesario establecer una serie de fases que nos ayudarán en el cumplimiento del programa, implementando técnicas de investigación documental, así como de campo para alcanzar un óptimo desarrollo del proyecto.

Fase I: Investigación Teórica

Búsqueda de información, definición de conceptos de sostenibilidad, metodología de ACV, conceptualización del tema y caso de estudio, desarrollo del marco teórico, metodología de investigación, diseño del cronograma y presupuesto inicial.

Fase II: Visita de campo

Aplicar la metodología de ACV estudiada en la fase I: Detallar la lista de materiales empleados en el sistema y crear una base de datos con estos materiales para su análisis en Fase III. Analizar los planos del objeto de estudio (Tribunal Electoral en Pedasí) como punto base para crear, posteriormente, una propuesta de diseño. Entrevistas a maestros de obras y visita a una junta de embarre.

Fase III: Análisis de la data

En este periodo se procederá al análisis del ciclo de vida de los materiales de la casa de quincha: Evaluación neta de cada material presente en el sistema y cualquier reemplazo futuro necesario, datos de impacto ambiental relacionados al transporte de los materiales a su lugar de destino, gestión de residuos al finalizar la vida útil.

Fase IV: Propuesta

Desarrollo de propuesta de sistema de construcción de quinchas sostenibles, donde pueda reducir los impactos generados tomando de base el estado actual del caso estudio.

Fase V: Redacción de documento

Redacción del informe, revisión preliminar, inclusión de sugerencias y/o cambios.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 Sostenibilidad

1.1.1 Concepto de sostenibilidad

La sostenibilidad se define como la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras, sin comprometer a la generación actual. Existen diferentes tipos, existe la sostenibilidad social, la sostenibilidad económica y la sostenibilidad ambiental. Este último, en palabras de Clemente (2015), consiste en la preservación de la biodiversidad, evitar el agotamiento del *stock natural* encontrando un equilibrio entre el crecimiento de la población y su economía, el bienestar social y el respeto hacia el medio ambiente. No debe arriesgarse una para beneficiar a la otra, pero por la irreversibilidad de las acciones negativas al medio natural, la sostenibilidad ambiental debe cobrar cada vez más peso en la sociedad.

1.1.2 Nuestro futuro común

La definición de sostenibilidad y la preocupación por salvaguardar los recursos para la supervivencia de las siguientes generaciones, ve sus inicios en 1987, con el libro *Nuestro Futuro Común* hoy mejor conocido como Informe Brundtland. En donde la doctora noruega Gro Harlem Brundtland, presenta ante la Comisión Mundial Para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas, ONU, una serie de análisis referentes a cómo el desarrollo poblacional se estaba llevando en ese momento, creando cada vez más pobreza y vulnerabilidad, de cómo la reversión de los problemas ambientales dejaba de ser responsabilidad de una sola nación, sino un asunto de carácter urgente y mundial.

En la obra citada, en el capítulo 2: *Hacia el desarrollo sostenible* del informe Brundtland (1987), señala las distintas preocupaciones sobre el desarrollo mundial de la sociedad y de cómo este

puede verse fácilmente comprometido por las acciones del ser humano, como son la sobreexplotación de los recursos. Las actividades del hombre en donde se interviene directamente en el medio natural (como lo son la extracción de minerales o el desvío de las aguas), antes eran de menor escala y con un impacto casi imperceptible, pero con el crecimiento de la población y la demanda, cada vez mayor, de recursos este impacto se ha vuelto mucho más descontrolado y representa una mayor amenaza para el delicado sistema de soporte vital a nivel mundial. (World Commission on Environment and Development, s. f.)

1.1.3 El modelo de producción actual

Albert Cuchí (2005), en el libro *“Arquitectura i sostenibilitat”* señala que tenemos un concepto erróneo de lo que es la sostenibilidad, ya que no es una especie de funcionalidad que pueda agregarse por medio de restricciones. El desarrollo sostenible exige un cambio en el sistema técnico, que involucra cambiar las propias bases del sistema productivo de nuestra sociedad.

El modelo actual de producción se basa en la satisfacción de las necesidades a través de los recursos que se extraen de la tierra, pero esta última cuenta con una cantidad limitada de material que pueda brindar a la sociedad. Con la llegada de la revolución industrial, se generó un sistema de producción lineal en donde los materiales pasan primero por su extracción del medio natural, seguido de su transformación hasta convertirse en productos, para cumplir finalmente su periodo de vida útil y se convierten en residuos. Estos residuos son devueltos a la tierra a una velocidad mucho mayor de lo que es capaz de recuperarse y compensar lo extraído. *“Consumimos recursos a un ritmo varias veces superior al de su regeneración por parte del planeta y producimos residuos a un ritmo varias veces superior al de su absorción por parte del planeta”*, Wadel (2009:49). Esto resulta en el incumplimiento del objetivo citado en el informe Brundtland

de salvaguardar el capital natural. El ritmo de producción debe cambiarse completamente, empezando de cómo se le da valor a los materiales.

La forma en que le damos valor a un producto por encima del otro es que tan costosa resulta su extracción o la manera en que este se obtiene. Wadel (2009:21) le atribuye a esto un *“valor simbólico que representa el precio que la sociedad ha establecido”* para la comercialización de los productos y servicios. No se considera cuánto le toma al medio natural recuperarse de esta primera extracción y volver a regenerarse, además de toda la energía sería necesaria para poder regenerar el material. Solo se sigue extrayendo y extrayendo recursos de la tierra. Wadel (2010:18) puntúa *“En efecto, si satisfacer las necesidades de las generaciones actuales se afecta el stock capital natural haciendo que se degrade, la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades se verá disminuida o, tal como dice coloquialmente, hipotecada.”*

1.2 Impacto ambiental en la construcción

A pesar de que el informe Brundtland tiene su enfoque en el ámbito de la economía, este es aplicable a diferentes campos, como la arquitectura. El sector de la construcción tiene una gran demanda para generar espacios con diferentes funciones y fines para satisfacer las necesidades del ser humano. Esto requiere de un consumo constante de recursos provenientes del medio natural, entonces la arquitectura no es ajena al medio natural, lo transforma e influye directamente sobre él. En el libro *“Prácticas de sostenibilidad en la edificación”* puntúa como lo anterior descrito, convierte a la actividad de la construcción en uno de los grandes responsables de los desequilibrios en el medio ambiente. Pero, así como crea estos desequilibrios, también puede y debe hacer un mayor esfuerzo por corregir esta situación desfavorecedora.

1.2.1 Ciclo de vida en la construcción

El mayor problema ambiental en la construcción radica en el consumo acelerado de recursos no renovables y a su vez la generación de residuos contaminantes, es decir, se trata de un ciclo abierto difícil de controlar. Wadel (2009) en su tesis doctoral describe como en un análisis de ciclo de vida de un producto, debe analizarse toda la vida de este, desde su etapa inicial como materia prima, pasando por su transporte, manufactura, distribución, uso y etapa final como residuo. De esta misma manera, se analiza el ciclo de la construcción, que cuenta con un modelo productivo de secuencia lineal que va desde extracción- fabricación – residuo.

Dentro del capítulo 3 de la tesis doctoral de Wadel (2009) este revisa como en las distintas etapas del ciclo de vida de una construcción, se generan residuos en el medio ambiente en todas sus etapas, desde la extracción y transporte de las materias primas, pasando por su construcción, su uso durante su vida útil y derribo del edificio al finalizar la etapa funcional. Estas observaciones dentro de cada etapa se desglosan a continuación:



Gráfico 1: Etapas del ciclo de vida en la construcción. [Elaborado por autor: Helen Arispe]

1.2.1.1 Extracción

En el proceso de extracción de materia prima del medio ambiente, se ve el primer gran impacto ambiental donde se mueven grandes masas de tierra, agua, rocas para poder llegar a los minerales necesarios para la fabricación de los materiales utilizados en la edificación. La gran mayoría de estos se convierten en residuos inmediatamente y alteran el medio natural derivando en distintos problemas como lo son la sobreexplotación y la pérdida de biodiversidad.

1.2.1.2 Transporte

Existe dos etapas de transporte, una en la que la materia prima es enviada hacia su lugar de transformación y producción y en la etapa final se distribuye el producto hacia donde cumplirá su etapa de uso. En ambas, a mayor distancia recorrida, mayor será el consumo energético y la contaminación que provoque en el medio natural. En la actualidad, se ve mayor valor en los productos importados que en los locales, aún si los productos de distribución local tengan la misma capacidad de cumplir con su requerimiento, así como tenerlos en la cantidad y calidad necesarios. Wadel (2009) señala cómo en el costo final de transporte, este solo considera su traslado, pero no tiene una consideración ambiental ya que la procedencia de los materiales no afecta de manera significativa su precio final, la energía como los residuos derivados resultan difíciles de cuantificar como de controlar.

1.2.1.3 Construcción

Durante la producción necesaria para convertir la materia prima extraída en productos utilizados en la construcción, hay entrantes de energía y salidas como gases contaminantes, entre estos últimos el CO₂ emitidas a la atmósfera y agrava cada vez más el calentamiento global. Esto ocurre, de igual manera, en la etapa de construcción de cualquier estructura, donde se utilizan

estos productos transformados con procesos contaminantes; se generan impactos al medio natural por las sustancias químicas empleadas en el proceso; finalizando con los desperdicios de material donde un porcentaje muy bajo podría ser reciclado, el resto se pierde completamente.

1.2.1.4 Uso y vida útil

Durante la vida útil de esa estructura, deberá darse mantenimiento y reparación, en donde, de igual manera hay pérdida de materiales que serán desechados en su totalidad, aumentando la generación de residuos. Pero además de esto, el edificio requerirá del consumo de energía no renovable como de agua potable para su funcionamiento (desde el sistema de aire acondicionado, iluminación, electrodomésticos, agua sanitaria, entre otras) lo cual aumenta la huella de carbono.

1.2.1.5 Fin de vida

En el derribo del edificio todo se vuelve automáticamente en residuos, en los cuales no se piensa mucho más que eliminarse rápidamente de la vista. La durabilidad del edificio debe compensar todo el material y la energía invertida en su construcción, Al mantenerse en el sistema de extracción-consumo- derribo, el ciclo abierto persiste, los residuos aumentan y el medio natural no será capaz de asimilarlo.

1.2.2 Soluciones temporales más no definitivas

Clemente (2015), señala cómo hoy en día, las políticas de sostenibilidad son más rigurosas para el sector de la industria, en donde las evaluaciones de sostenibilidad comprometen a las organizaciones a mejorar su rendimiento hacia el medio ambiente. Como lo son las etiquetas ecológicas hacia los productos y sistemas de evaluación de sostenibilidad para los edificios.

Aún si muchas de estas consideraciones y herramientas han proporcionado mejoras a las prácticas de la construcción, sigue existiendo el modelo productivo lineal en la arquitectura. Wadel (2009:6) declara que: *“Si no cambia el modelo productivo lineal vigente no desaparece el problema ambiental ya que éste forma parte de él, está implícito en él.”*. Wadel, en su tesis doctoral La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: la construcción modular ligera aplicada a la vivienda, resalta la vital importancia en lograr un ciclo cerrado de los materiales donde podamos pasar de Extracción-Producción-Residuo a Reciclaje-Fabricación-Reciclaje, y esto dependerá mucho del sistema empleado, como de los materiales utilizados.



Gráfico 2: Modelo de producción actual en la construcción. Basado en lo dicho por Wadel (2009) en su tesis doctoral. Citado en la página 23. [Elaborado por el autor Helen Arispe]



Gráfico 3: Modelo de producción utópico y sostenible en la construcción. Basado en lo descrito por Wadel (2009) en su tesis doctoral. Citado en la página 23 [Elaborado por el autor Helen Arispe]

Aunque se hace énfasis en el reciclaje de los materiales dentro del modelo de producción idílico, también puede existir la reutilización directa dependiendo de los materiales. Para que haya una reutilización del material, este debe ser tomado sin modificaciones ni alteraciones y usarse en una nueva construcción. Un ejemplo sería la madera de una casa, tomar las vigas y las columnas, y reutilizarlas en una nueva casa esto con el fin de alargar o darle una segunda vida útil. En el caso del reciclaje es todo el proceso de recogida, transporte y tratamiento de los residuos, por ejemplo, cuando se recicla el papel usado o el cartón se desecha de las compras y a partir de esto se crea un nuevo producto.

1.3 HACIA UNA ARQUITECTURA SOSTENIBLE

Según lo estudiado en la tesis de Wadel (2009) y la de Clemente (2015) se podría resumir que para lograr el mejoramiento del impacto ambiental en la arquitectura se requiere:

- Reducción del consumo de materiales
- Reducción de los residuos
- Reducción de los gastos de energía
- Reducción de las emisiones asociadas

A pesar de que son soluciones consideradas aceptables, no son las que serán las definitivas para cambiar el ciclo abierto de la construcción. En donde el problema recae en el edificio volviéndose un residuo al finalizar su vida útil. En el informe MIES (1999) ¹ define la

¹ MIES es el acrónimo de Modelo de Investigación de Edificación Sostenible. Este fue un estudio realizado por la Escuela de Arquitectura del Vallés (ETSAV) con el objetivo de crear un plan de desarrollo sostenible para una ampliación del campus. En él se evalúan el impacto ambiental de diferentes aspectos del campus como son la energía utilizada y las emisiones producto a la construcción del edificio.

durabilidad como el “tiempo de amortización de la inversión que hacemos al construir”, esto aporta otro punto de vista hacia el problema del fin de la vida del edificio en donde se aumente la durabilidad del edificio evitando su obsolescencia funcional. En otras palabras, se debe construir con la suficiente flexibilidad para que el espacio no pierda valor como utilidad, esto evita su derribo y su transformación de residuo.

Sin embargo, volviendo hacia la ruta del reciclaje, hay un ejemplo de sistema de ciclo cerrado perfectamente establecido y lo vemos en la biósfera. Esta no conoce el concepto de residuo, ya que todo material, al ser degradado se convierte en nutriente para la creación de un nuevo material. Al final, la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma y esto deberá replicarse para poder lograr un cambio significativo en el sistema de producción actual. Cuchí establece *“Esa exigencia de sostenibilidad requiere reciclar todos los residuos hasta devolverles la calidad de recursos, y hacerlo en un ritmo adecuado”* (como se citó en Wadel, 2009)

La reducción de la generación de residuos debe terminar en eliminar el concepto de residuo a la condición final de un material, este no deberá de perder nunca su valor y ser considerados como recursos o nutrientes útiles en algún proceso y de esta manera asegurar el cierre definitivo del ciclo de vida de los materiales.

Para esto, según Wadel (2009) en la arquitectura debe existir un sistema constructivo pensado desde sus bases con ciertas directrices como lo son: Los materiales serán siempre recursos dentro del sistema productivo; reducir el número de materiales que conforman el edificio; asegurar que el sistema constructivo podrá desmontarse de tal manera que pueda proporcionar materia prima para su posterior reciclaje. Para esto último, debe existir una forma de deconstrucción ordenada y una separación selectiva de componentes. Wadel mencionaba, en su tesis doctoral, que existía dentro de las consideraciones hacia esta arquitectura sostenible, el diseñar un sistema desde cero

o tomar un sistema constructivo existente para su adecuación a este nuevo modelo productivo. Menciona al método de prefabricación de junta reversible y los sistemas tradicionales como las opciones más viables, esta tesis quiere enfocarse en estos últimos.

1.4 LA QUINCHA

1.4.1 Descripción de la tipología

Navarro (1986) describe la quinchá como un método constructivo que consiste en un marco de postes armado con cañas² amarradas al que se le aplica tierra húmeda mezclada con paja a ambos lados de dicho marco. Es un sistema flexible, con una gran variedad de procedimientos dependiendo de la región donde se utilice, así vemos cómo puede aprovecharse este sistema adaptándose a las necesidades y la disposición de los materiales para la población donde se realice su construcción. Es un método constructivo que forma parte de la arquitectura vernácula (arquitectura que se basa en la intervención de mano de obra puede ser no-profesional, la cual es la típica de una región determinada) y ha sido difundida por varios países en América latina.

1.4.2 Reseña histórica y etimología.

La palabra quinchá, viene del quechua que se refiere a una pared de varillas y barro según Acevedo et al (2017:11) significa “seto de varas de madera”. Dependiendo del país y la zona, este varía en nombre y la configuración del sistema, modificando su relleno, así como la estructura principal.

² Aunque en la cita a Navarro (1986) se mencione la caña como material de sistema de entramado, este puede variar según la región y los materiales disponibles.

Podemos encontrar construcciones en quincha en diferentes partes de Sudamérica, aún si no existe data cierta sobre su origen. Tampoco existe una fecha de término de uso, de hecho, en otros países vecinos sigue, en cierto grado, vigente; ya sea de manera tradicional o contemporánea, donde se ha mejorado algunos componentes del sistema. En la investigación hecha por Acevedo et al (2017:11) afirman “la quincha es una técnica que goza de continuidad histórica y esto es seguramente gracias a su versatilidad”.

Navarro (1986) menciona como en medio de la colonización española en nuestro territorio, se trasladaron tanto métodos de construcción como tipos de arquitecturas europeas, los cuales poco a poco fueron combinándose con los métodos de construcciones regionales. Esto dando como resultado alrededor de veinte métodos de construcción con tierra, entre estos incluido el adobe (de procedencia árabe) y la quincha.

Mora (1995) por su parte describe como este método constructivo es una mezcla de elementos indígenas precolombinos como de hispánicos y negroides, y puntúa como esta conjunción a través del tiempo y el espacio es evidencia de nuestro legado étnico nacional. En su libro *Arquitectura vernacular de la región de Azuero* narra como para 1589, existió una precariedad en la región azurense, lo que obligo a los pobladores la utilización de patrones arquitectónicos precolombinos como la casa con paredes y cubiertas fabricadas con materiales vegetales disponibles en el medio natural.

Ambos autores señalan como anteriormente se utilizaban paredes de caña y techos con cubierta de hoja de palmera o el techo de paja y como estos elementos creaban una vivienda antigénica, dando paso a toda clase de alimañas. Por lo que la técnica de fabricación de tejas fue de introducción temprana en nuestro medio (Mora, 1995), como respuesta a la creación de viviendas mejor protegidas.

Las construcciones en tierra tenían otro factor en contra: Las condiciones climáticas, las cuales no son las más apropiadas pero que esto no ha impedido el desarrollo de la técnica en nuestro país, Navarro (1986) describe como las casas de quinchá y adobe construidas sobre todo en las provincias centrales, pueden tener aproximadamente cien años o más, todo esto debido a la abundancia de tierra arcillosa y la tradición local, heredada de padres a hijos.

Hoy en día, las casas de quinchá pueden encontrarse en Los Santos y Veraguas y son descritas según la Redacción Digital La Estrella (2010) como “el hogar perfecto para miles de interioranos...Calidez es la palabra ideal para descifrar a esta vivienda campesina, fresca para vivir, cómoda y acogedora.”

El atractivo con respecto a las construcciones de quinchá son las conocidas juntas de embarre en donde es tradición que todos los vecinos se unieran como comunidad para la tarea de erigir estas casas cuando había un casamiento y la pareja requería de su propia vivienda. Domínguez (2013) en el sitio web del diario *Día a Día* menciona como estuvieron en auge estas casas entre 1860 y 1960, donde buena parte de las aldeas campesinas, continuaron esparcidas las casas de quinchá, por la frescura que les caracterizaba. Hoy en día quedan cada vez menos y las múltiples juntas de embarre celebradas en cada temporada seca, ahora han sido reducidas a casi una por año. Cada vez son más los que prefieren casas con bloques de cemento y techos bajos de zinc, lo cual no solo resta el valor de las tradiciones del país, si no también todo el conocimiento y las destrezas adquiridas por décadas sobre este método constructivo, pues son menos las personas interesadas en aprender al respecto. Esto fue señalado en su momento por Mora (1995) quien afirma “este tipo de arquitectura vernacular, que lentamente se nos está escapando de las manos porque no existen normas legales que la protejan” (p.59)

1.4.3 Componentes de la quinch.

Son pocos los elementos necesarios para la construcción en quinch. En general las variaciones principales referentes a la técnica se encuentran en dos de sus elementos principales los cuales son la estructura principal (madera o bambú) y el relleno (barro y paja), después contiene otros elementos en el sistema como son los cimientos y las juntas (fibra natural y/o clavos) y estos pueden variar considerablemente según la técnica y la región como de los materiales disponibles en el sitio a construir. A continuación, se desglosan los componentes de la metodología quinch, dados conocer por medio de las entrevistas realizadas al maestro de obra Francisco Vergara, así como en la investigación realizada por Protierra Chile “Construcción en quinch liviana (2020):

1.4.3.1 Barro.

Debe ser con tierra tipo arcillosa, conseguida lo más cerca de la construcción a realizar. Esta no debe contener material orgánico, ni excedente de rocas. Actúa como relleno en el sistema constructivo.

1.4.3.2 Madera.

Esta es utilizada como estructura principal del sistema. Esta debe de ser una buena madera que sea resistente a termitas y a la humedad. Debe realizarse su respectivo tratamiento seguro contra insectos. Comúnmente se utiliza la madera de Corotú, Eucalipto, Cedro, entre otras.

1.4.3.3 Caña.

Una vez colocada la estructura principal, se realiza el entramado; puede ser, igualmente, en listones de madera o bambú recortado y, por supuesto, la caña. Conocida coloquialmente como caña brava, esta es más barata de conseguir, de fácil y rápido crecimiento, además de estar con

mejor disponibilidad que las otras dos opciones. Esta, igualmente, requiere de un tratamiento contra las termitas.

1.4.3.4 Fibra natural.

La fibra natural, que vendría siendo la paja, es agregada al barro, lo que según Tomasi y Bellmann (2010), contribuye a la reducción de su peso propio y mejora su comportamiento térmico. Además, está lo que en Panamá coloquialmente se conoce como “bejuco” para amarrar las juntas y los entramados de la quincha (aunque estos han sido en algunos casos reemplazados por clavos).

1.4.4 Proceso constructivo.

1.4.4.1 Preparación de terreno.

Debido a los materiales utilizados en el sistema constructivo, para un mayor rendimiento y longevidad, la estructura no debe estar en contacto directo con el suelo, ya que podría generar humedad en las paredes y acelerar el deterioro. Kaminski et al. (2016) recomienda elevar la base de la estructura unos 20 cms como mínimo, 40 cms es lo ideal. Para ello puede utilizarse bloques huecos reforzados u hormigón armado, además recomienda agregar una membrana a prueba de humedad entre el marco y el soporte.

1.4.4.2 Estructura Principal y enjaulado.

Posteriormente, se coloca la estructura principal varía entre madera y bambú. Una vez realizado, se coloca la estructura secundaria o el entramado que será en caña brava, la cual se amarra con la fibra natural (bejuco). Este proceso se le conoce como el “*enjaulado*”.

1.4.4.3 Embarrado.

Para el relleno se prepara el barro con la tierra arcillosa y agua de río, tarea que cumple la junta de embarre donde se hace el apisonamiento (en este proceso los asistentes pisan directamente la tierra) del barro hasta que este tenga la contextura apropiada. Para conocer la proporción necesaria se utiliza un haz de paja³ por cada carreta de tierra (Mora, 1995). Se junta el barro con la paja y estas se embarran en el entramado por ambos lados, lo cual le da un grosor final de entre 10 y 16 cm (Tomasi y Bellmann, 2010). Dependiendo de las dimensiones de la casa a construir, este proceso puede tomar entre unos días a unas semanas. En los acabados finales se puede dejar en barro visto, repellarse con cal para darle una apariencia mucho más lisa y asemejarse a las construcciones más modernas con bloques de cemento.

1.4.4.4 Cubierta.

Este puede ser realizado con una cercha triangular o viguetas. Estas se apoyan sobre las vigas colocadas horizontalmente a las columnas en la parte superior amarrando. Estas vigas son conocidas como soleras. Para la cubierta se utilizan tejas españolas, pero en la actualidad muchos reemplazan esta última por láminas de zinc. En todos los casos se debe contar con un alero para proteger a la estructura principal de la lluvia y proporcionar sombra.

1.4.5 Arquitectura.

Dentro de los aspectos arquitectónicos destacables en la quincha, mencionados en la presentación realizada por Tomasi y Bellmann (2010) son la flexibilidad en torno a su diseño, la variabilidad y la adaptación de materiales según la región, su carácter liviano el cual lo hace

³ Mora (1995) “un haz de paja es la cantidad de esta que una persona puede cargar con las manos” (p.68)

viable para construcciones de hasta dos pisos y más recientemente se ha probado la posibilidad de la prefabricación de ciertos componentes para agilizar su construcción.

Para la viabilidad en su construcción deben tenerse ciertas condiciones, como las enumera Kaminski et al. (2016) y se resalta la importancia de tener el material suficiente y que estos sean cercanos al área de construcción, como el tener un terreno con condiciones óptimas ya que no es recomendable para áreas inundables, pues esto deterioraría la madera utilizada en la estructura principal y acortaría su vida útil.

Al realizar este tipo de construcciones, es necesario tener en cuenta un adecuado mantenimiento y un diseño apropiado según los materiales utilizados. Si estas construcciones tienen fallas, no es debido a una ineficiencia en el sistema constructivo, si no por las técnicas empleadas o un mal diseño. Este debe ser el pensamiento a la hora de realizar cualquier tipo de arquitectura vernácula.

1.4.6 Capacidad estructural y marco legal

En estas construcciones, debido a su composición, ha sido demostrada su resistencia sísmica en países como Chile⁴ y Perú⁵, en donde varias de las construcciones antiguas de quincha han soportado varios reportes de actividades sísmicas. Dándole un diseño y mantenimiento apropiado, estas pueden durar entre 50 y 100 años. También es lo bastante ligero para soportar bien dos plantas y con variaciones entre sistemas (Kaminski et al, 2010), como por ejemplo una planta baja realizada en adobe y primer piso de quincha, o ambas en quincha.

⁴ Descrito en las investigaciones realizadas por Protierra Chile. Acevedo et al. (2020) en donde el objetivo del estudio era la realización de ensayos térmico acústico y ante la acción del fuego. Concluyendo la resistencia estructural exigida según su normativa.

⁵ En la investigación realizada por Arriola y Tejada (2008) enumera los ensayos sísmicos realizados por universidades de Perú (la Pontificia Universidad Católica del Perú y la Universidad Nacional de Ingeniería) con resultados satisfactorios.

En el Reglamento Estructural Panameño en vigencia (REP 2021) está regulado el uso de construcciones con concreto estructural y el acero. Si uno va a la sección de madera o mampostería estas no tienen mayor detalle comparado con el concreto. Mientras que la quincha y otras formas de arquitectura vernácula no figuran en absoluto dentro del reglamento. En la investigación fruto de la iniciativa del grupo Protierra Chile (2020) en donde se buscaba demostrar el cumplimiento de los requerimientos necesarios para el uso de la quincha en cualquier obra, se realizaron numerosos ensayos y estudios que aprobaran su seguridad estructural, su resistencia sísmica y el soporte adecuado para la construcción de dos plantas en quincha o planta baja de adobe y primer piso de quincha. Esto no consta en el REP 2014, de hecho, Mora Saucedo (1995) mostró su preocupación sobre este tema en el libro “Arquitectura Vernacular en Panamá. Organización de los Estados Americanos.” En donde expresa como este tipo de arquitectura vernácula está desapareciendo lentamente debido a que no existen normas legales que la protejan y aun después de dos décadas continua sin una normativa puntual para su desarrollo. Queda esperar que las investigaciones a la quincha puedan promover y asegurar su adición en la próxima actualización del reglamento estructural.

El sistema constructivo quincha, como elemento de la arquitectura vernácula tiene como característica ser accesible a la población y poder ejecutarse con mano de obra semicalificada y cuyo mantenimiento sea fácilmente realizado por una mano de obra no calificada. En donde tanto propietarios como vecinos forman y están activamente implicados en el proceso constructivo. Estas prácticas como el conocimiento de aquellos maestros de obra no debe ser olvidado, debe rescatarse esta información y estudiar sus posibilidades de adaptación a nuestra modernidad y la necesidad de crear una arquitectura sostenible.

Por lo antes mencionado, esta investigación tiene como objetivo valorar este método constructivo, al analizar sus ventajas ambientales como respuesta a la oportunidad del cierre del ciclo de los materiales y una arquitectura sostenible.

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA DE ANALISIS DEL CICLO DE VIDA

2.1 CICLO DE VIDA DE LOS MATERIALES.

Para esta investigación, se planteó analizar el grado de sostenibilidad de una construcción moderna de quinchas, por lo que, se realizó la metodología de Análisis del Ciclo de Vida (en adelante ACV) de los materiales al sistema constructivo. La metodología de análisis del ciclo de vida, según la Norma ISO 14040, la define como una “Metodología de evaluación ambiental que permite analizar y cuantificar los aspectos ambientales e impactos potenciales de un producto a lo largo de su ciclo de vida en todas sus etapas existentes.” Estas etapas se entienden como:

- Extracción de la materia prima
- Fabricación
- Distribución
- Transporte
- Uso del producto
- Gestión de residuos al concluir su vida útil.

Al estudiar las etapas de un producto, podemos crear análisis sobre qué tan respetuosos son sus procesos con el medio ambiente, y de esta forma, crear estrategias sostenibles. En el Manual de implementación de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida en la construcción, Roitman, Baulo D. y Finkelstein (2020) detallan cómo en la realización de un estudio de ciclo de vida se obtiene como resultado un número, lo cual lo vuelve “trazable” e identificable para crear referencia entre un producto u otro, y así, el mismo producto en sus distintas etapas y definir

qué material, proceso o proveedor está causando problemas y así crear estrategias sostenibles; desde modificar el diseño del producto, sustitución de material, modificación de fuente de energía hasta el método de transporte.

Según las normas ISO 14040 son necesarias cuatro etapas fundamentales para la realización del método ACV. Estas se enumeran a continuación:

2.1.1 Definición de objetivos y alcance.

En esta etapa temprana, se plantean las razones por las que se está llevando a cabo el estudio de ciclo de vida de los materiales y se define su alcance. Es importante trazar y tener claras las bases y las metas de la investigación ya que es fácil perder la veracidad del estudio por lo amplio del sistema. Si se toma como ejemplo un bloque de concreto para aplicarle el método ACV, este tiene una materia prima, puede ser logrado a través de ciertos proveedores, que a su vez estos usarán cierto tipo de energía durante su procesamiento como de otros materiales de entrada, asimismo ellos pueden tener otros proveedores que usarán sus particulares procesos. Esto vuelve la tarea demasiado compleja para ser rastreable y con resultados desconfiables, ya que puede existir mucha información que se desconozca. Por esta razón, es necesario crear las estrategias para hacer que el estudio sea viable, práctico y consistente.

2.1.2 Inventario del ciclo de vida (ICV).

Aquí se identifica y cuantifican todas las entradas (referente a consumo de recursos y materiales) y salidas (subproductos derivados de los procesos de producción del producto, tales como emisiones al aire, agua y generación de residuos) y que creen impactos importantes durante el análisis del ciclo de vida. Todos estos parámetros se definirán con la siguiente tabla base:

TABLA BASE						
Componentes	Material	Cantidad		Procedencia (distancia de extracción a uso)	Indicador ambiental	Emisiones CO2
		Volumen	Peso			
Componente 1	Material 1	XXX m3	XX kg	XXX m	-	-
	Material 2	XX m3	XXX kg	XXXXX m	-	-
Componente 2	Material 1	XXX m3	XXXX kg	XXX m	-	-
	Material 2	XX m3	X Kg	XXXX m	-	-
	Material 3	XXX m3	XXX Kg	XXXXX m	-	-

Cuadro 1: Tabla base para inventario de materiales utilizado para el caso estudio. Basado en la tabla de Clemente (2015) en el capítulo 4 de su tesis doctoral en donde describe las pautas utilizadas para la metodología de evaluación de los sistemas constructivos analizados. [Realizado por autor Helen Arispe]

2.1.3 Evaluación de impactos (EICV).

Se crea una relación entre entradas y salidas con el objetivo de clasificar y caracterizar cuáles son los impactos generados por estos. Según las normas ISO 14040 citadas en la investigación realizada por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina (2020) en donde desarrollan que para la evaluación son obligatorios tres puntos clave, como son:

- Definición de categorías de impacto: Establecer las categorías de impacto se consideran dentro del estudio a realizar. Entre las más utilizadas están el consumo de recursos, toxicidad, eutrofización, entre otras.
- Clasificación: Una vez definidas las categorías de impacto, se toman los resultados del Inventario de Ciclo de Vida (ICV) y se clasifican dentro de las categorías de impacto establecidas.
- Caracterización: Consiste en el cálculo de los resultados de los indicadores de categoría

2.1.4 Interpretación de resultado.

En esta etapa final, se combinan los resultados del ICV con el EICV para extraer conclusiones y recomendaciones que contribuyan a la toma de decisiones sobre el producto o servicio se está evaluando.

Al trasladarse a la industria de la construcción, la complejidad se vuelve mayor ya que involucra numerosos procesos, por lo que es necesario tomar en consideración la información del edificio: tipos y cantidades de materiales involucrados en el propio sistema, así como consideración de cualquier futuro reemplazo; tipos y cantidades de energía consumida en la etapa de operación; vida útil del edificio completo; el impacto ambiental generado durante el transporte de los

materiales a su lugar de destino y, por último, la disposición final de los residuos al concluir su vida útil.

Todos estos datos, una vez recopilados, nos dará a conocer la magnitud de los impactos ambientales originados por el funcionamiento del sistema producto bajo estudio, en este caso, la quinch

CAPÍTULO 3: CASO ESTUDIO

3.1. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL CASO ESTUDIO.

3.1.1. Contexto Regional.

El Tribunal Electoral de Pedasí está ubicado en el corregimiento de Pedasí, distrito homónimo, provincia de Los Santos. Esta provincia está ubicada en el área sur pacífica de Panamá, con una extensión territorial de 3,809.4 km² y una población de 89,592 habitantes (según censo del 2010). Está dividida en siete distritos y cinco corregimientos. Limita al sur y al este con el Océano Pacífico, al norte igualmente con el Pacífico y la provincia de Herrera y al oeste con la provincia de Veraguas. Es conocida por ser la cuna de las tradiciones y del folclor del país, como de los destacables trabajos artesanos y la confección de la pollera, sombreros pintados, cutarras, entre otras.

El sitio de ubicación del caso estudio se encuentra dentro del corregimiento de Pedasí, a 820 metros del Municipio de Pedasí.

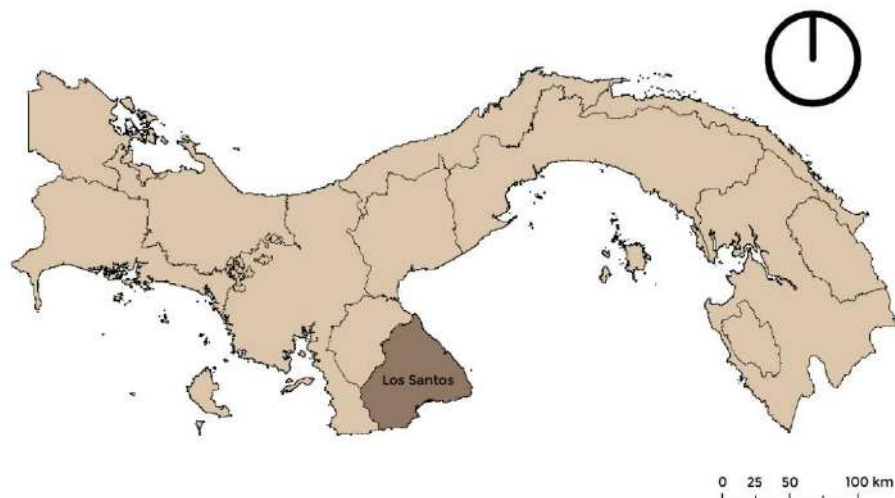


Imagen 1: Mapa político de la república de Panamá, resaltando la provincia de Los Santos.
[Extraído de: Google Maps. Elaborado por autor Helen Arispe]

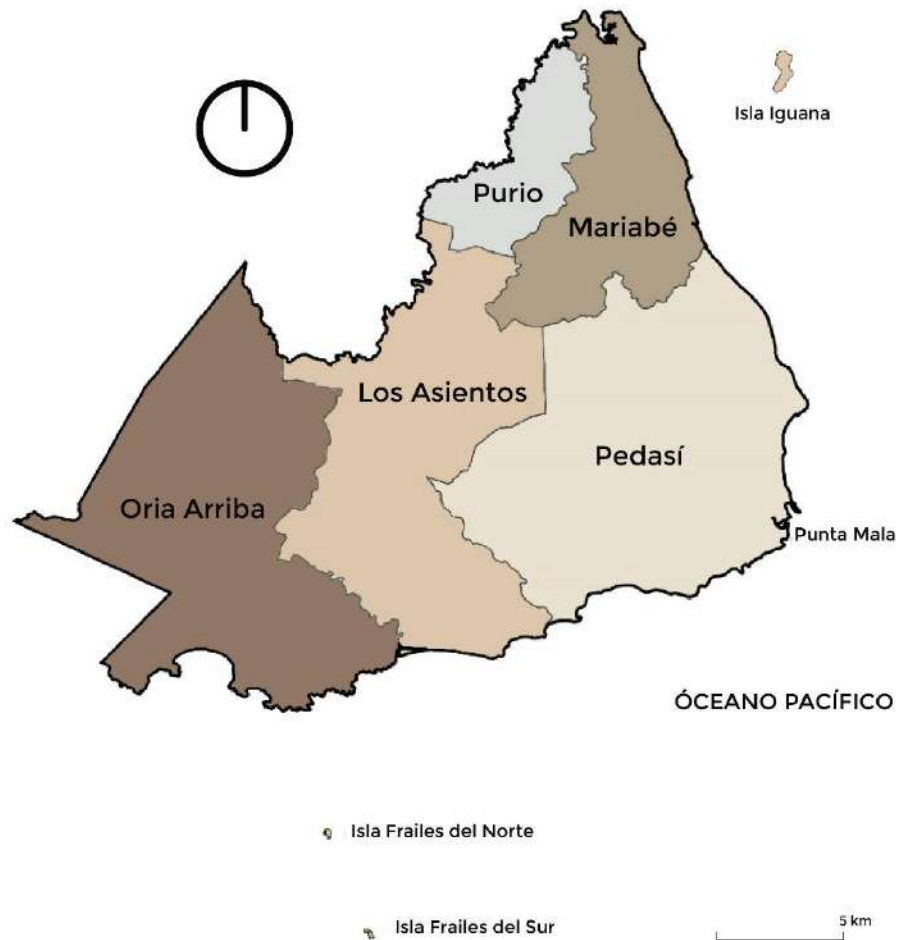


Imagen 2: Mapa político de distrito de Pedasí, provincia de Los Santos. [Extraído de: Google Maps. Elaborado por autor Helen Arispe]

3.1.2. Clima.

Según el Instituto Meteorológico Hidrológico de Panamá, Pedasí, muestra una temperatura anual promedio de 27.1 °C, en donde su temperatura más alta está en el mes de junio; la más baja sería en diciembre. Su mes con mayor índice de precipitación es en noviembre y la temporada seca va desde diciembre hasta mayo, tiempo idílico para las juntas de embarre celebradas en la zona, como la recolección de los materiales utilizados para construcción (madera, bejuco, cañas).



Gráfico 4: Gráfico histórico de temperatura en la Estación Pedasí. [Extraído de: Página oficial imhpa]

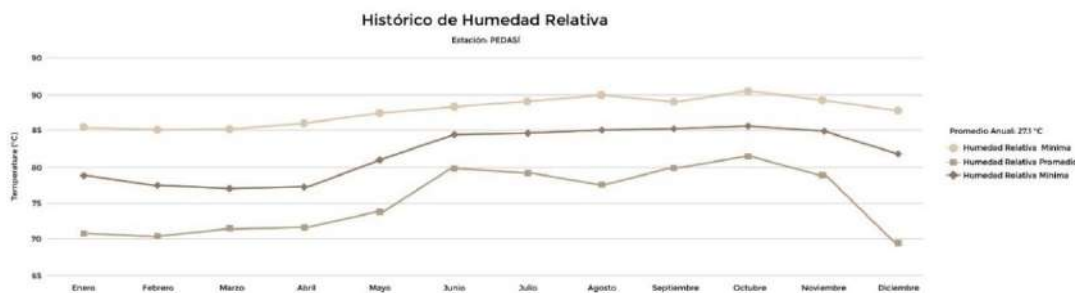


Gráfico 5: Gráfico histórico de humedad relativa en la Estación Pedasí. [Extraído de: Página oficial imhpa]

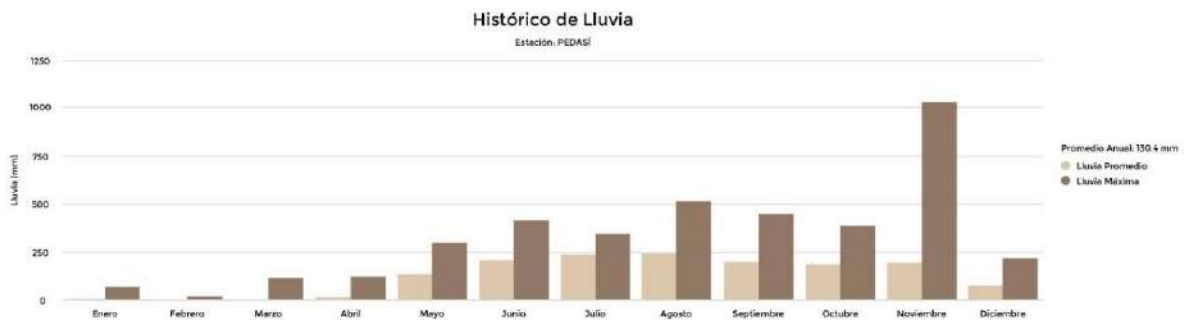


Gráfico 6: Gráfico histórico de lluvia en la Estación Pedasí. [Extraído de: Página oficial imhpa]

3.1.3. Localización General.

La sede del TE de Pedasí se localiza en la calle Rogelio Córdoba, la cual está a 450 metros de la calle principal, Av. Dr. Belisario Porras. Sus linderos, actualmente, son al norte con la calle

San José, al sur con la calle Máximo Clay Cedeño, al este con un camino de servidumbre y al oeste con una calle sin nombre. No cuenta con estación de buses en las proximidades del terreno, pero se puede llegar a pie o en bicicleta. En las inmediaciones de las vías principales y secundarias existen varios restaurantes, una cancha deportiva, el cementerio de Pedasí, un hostel y varias residencias.



Imagen 3: Contexto regional del tribunal electoral de Pedasí. Imagen extraída de Google Maps [Elaborado por autor Helen Arispe]

3.1.4. Vegetación del sitio.

En la República de Panamá, la vegetación encontrada es predominantemente tropical, dentro de este, según la página web Biota Panamá, describe las zonas de vida en las que está dividida y dentro de estas, la provincia de los Santos es parte de las zonas de “Bosque Seco Tropical” en donde se encuentran especies como Cedro Amargo, Cedro Espino, Caoba, Algarrobo, Roble y

Corotú, rodeando el caso estudio, igualmente se encuentra un bosque de eucalipto y teca (de los que se extrajo material para su construcción)

3.1.5. Polígono del terreno.

El caso estudio está ubicado en un lote de esquina con un área total de 179.34 m² dentro de este; la edificación ocupa un área cerrada de 72.23 m², un área abierta de 82.11 m² y un área de estacionamiento de 25 m².

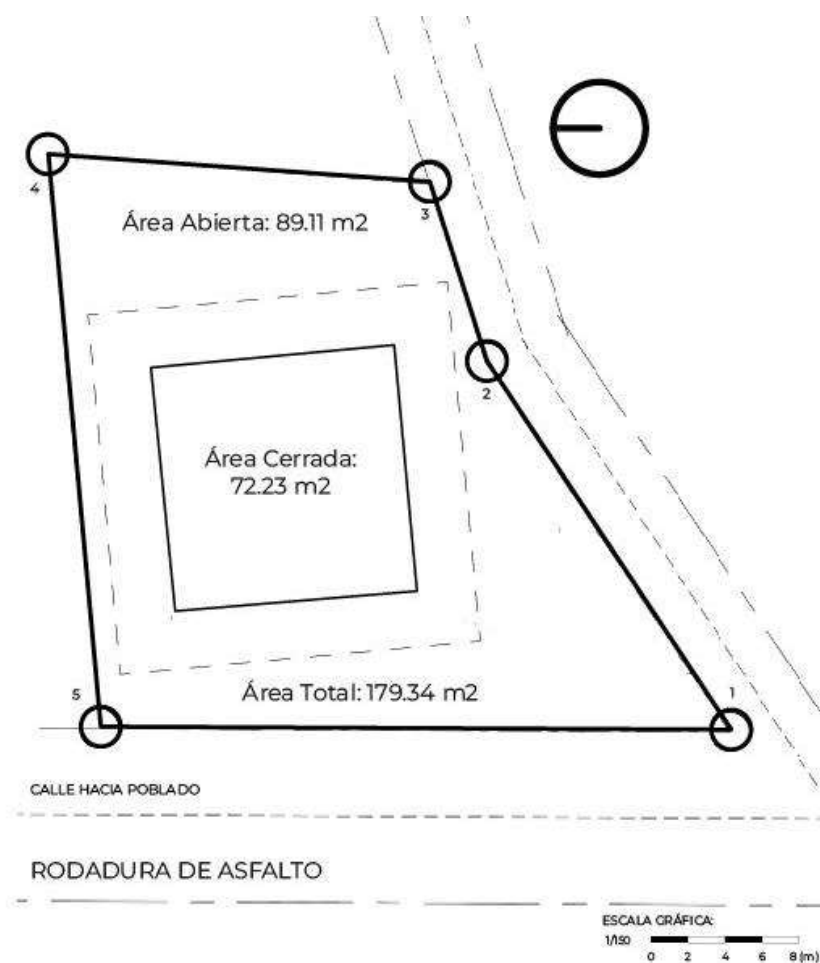


Gráfico 7: Polígono del terreno del caso estudio. [Elaborado por autor Helen Arispe]

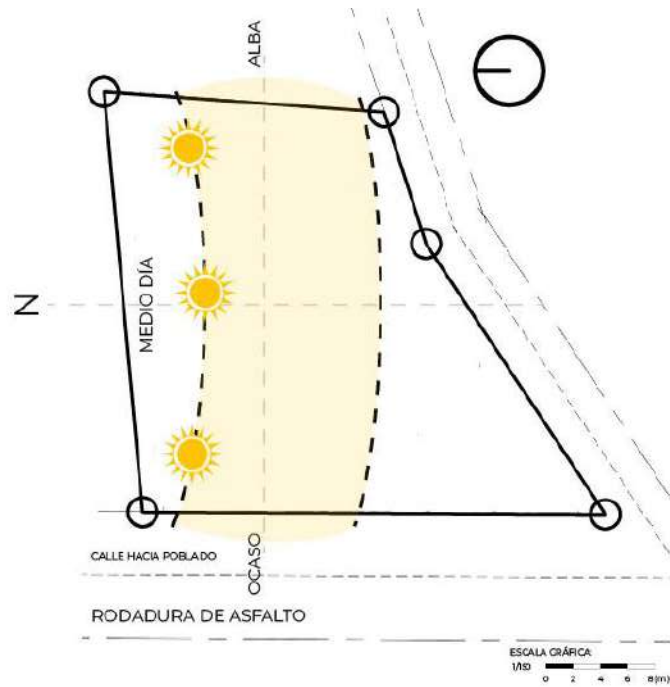


Gráfico 8: Asoleamiento de polígono del terreno del caso estudio el 21 de junio, correspondiente al solsticio de verano. [Elaborado por autor Helen Arispe]

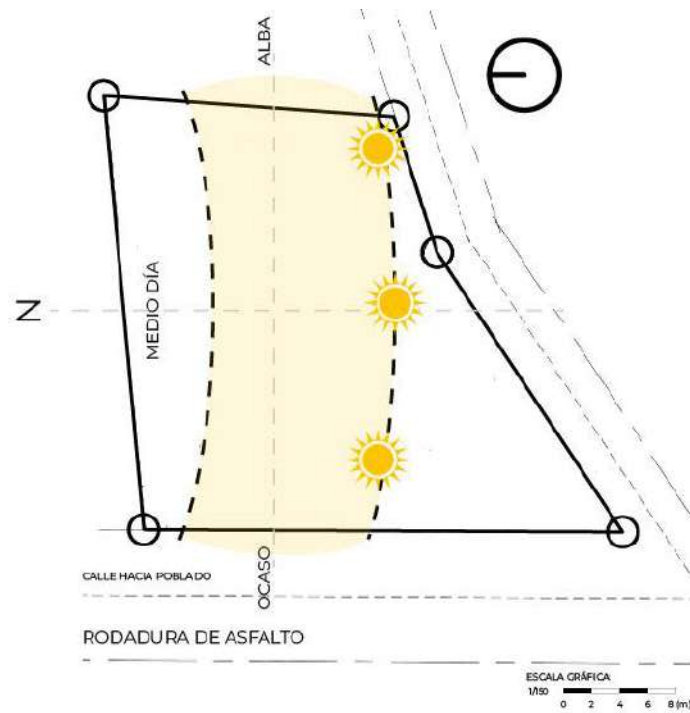


Gráfico 9: Asoleamiento de polígono del terreno del caso estudio el 21 de diciembre, correspondiente al solsticio de invierno. [Elaborado por autor Helen Arispe]

3.1.6. Concepto de diseño.

El tribunal electoral de Pedasí fue construido ante la iniciativa de crear una nueva sede del TE para el Distrito de Pedasí, por la necesidad de contar con un espacio donde desempeñar servicios públicos que beneficiara a los residentes del distrito (Tribunal Electoral de Panamá, 7 de septiembre de 2015). Complementario a esto, se propuso su construcción en quincha para seguir de modelo a los pobladores. Pero no es la única sede realizada en quincha, el objetivo era construir otras de igual manera en Guararé y Tonosí. A pesar de ser realizadas todas con el mismo plano, la de Tonosí tiene la diferencia de ser elaborada con bloques de cemento esto debido a que el terreno no era el adecuado para realizarse con quincha, pues era inundable. (F, Vergara, comunicación personal, 30 de abril de 2022)

En los bocetos iniciales (ver imagen 3) brindados por la Dirección de Infraestructura con el arquitecto Luis Villar, muchos de los elementos concebidos en un inicio se ven en el acabado final: techo en dos aguas, que termina en unos pilares exteriores, crean un pasillo techado el cual rodea y crea perímetro a la estructura principal para proteger del sol y de la lluvia; estacionamiento para personas con movilidad reducida y conexión inmediata a la acera principal. Según el bosquejo inicial, el tribunal se encuentra emplazado con orientación hacia la calle sur, Máximo Clay Cedeño, sin embargo, se aprecia cómo en la construcción final esto cambió y se encuentra con la entrada principal y estacionamiento con orientación hacia el oeste, a la calle sin nombre y sin asfaltar (Ver imagen 5)



Imagen 4: Dibujo en perspectiva del tribunal electoral de Pedasí. [Brindado por la Dirección de Infraestructura]

3.2. DESCRIPCIÓN DE PLANOS.

3.2.1. Plantas.

Diseñadas por el arquitecto Luis Villar, para el año 2014. En las plantas (ver imagen 5) se aprecia un amplio pasillo perimetral de 1.70 m, esta se eleva del nivel del terreno a la altura recomendada para las construcciones en quincha, con la cual se busca proteger de inundaciones y la humedad del suelo. Siguiendo por las puertas principales se llega a la zona de espera y pasillos internos con un área de 34.88 m², un depósito de 3.90 m², siguiendo con el área de triada de 8.00 m², al fondo están la ventanilla única con 10.21 m², la oficina de 10.50 m² y por último el área de los baños con 4.74 m². Todas las zonas se encuentran con ventanas batientes de madera cepillada y con vidrio solar para favorecer la ventilación de la edificación.

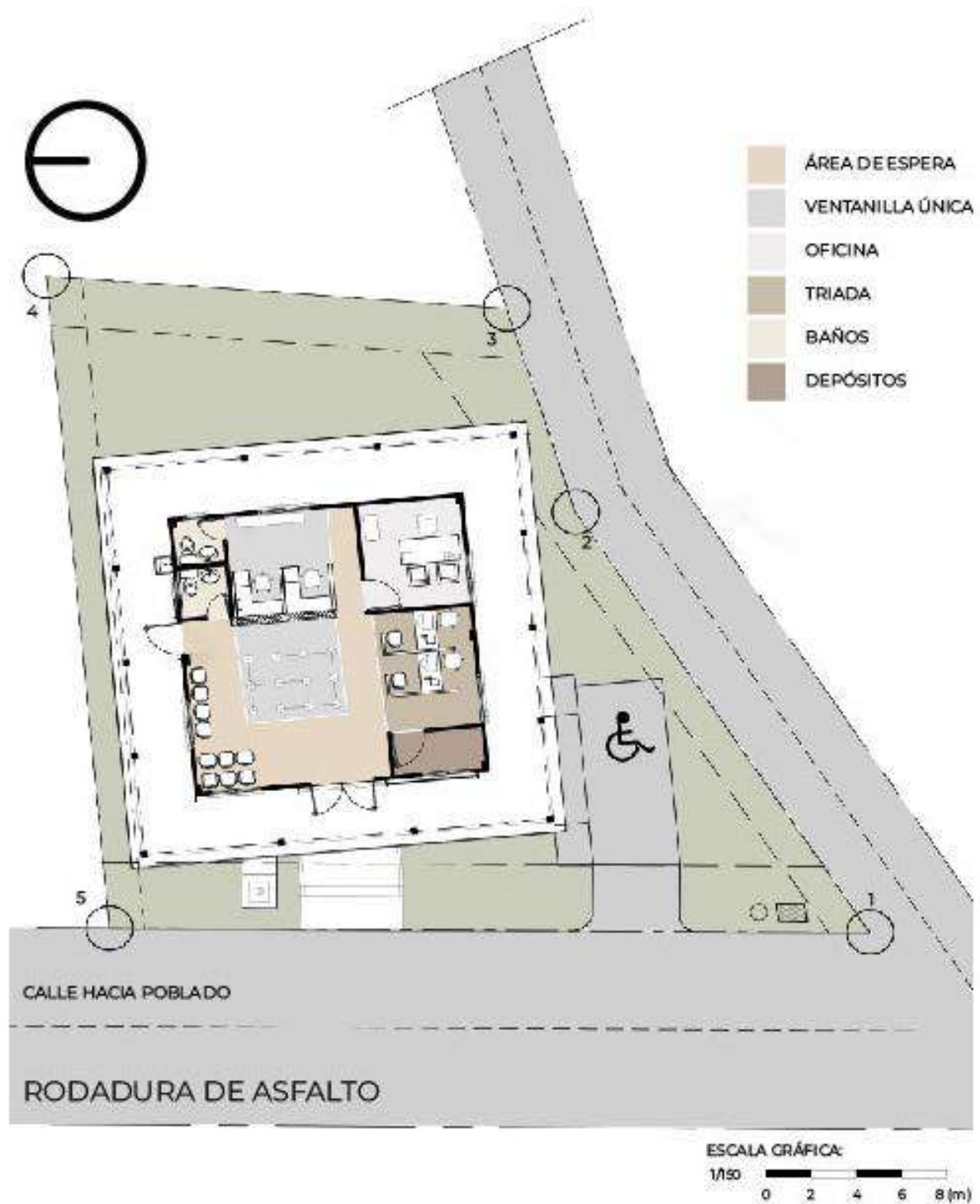


Imagen 5: Planta baja del tribunal electoral de Pedasí. Planos de Luis Villar [Brindado por la Dirección de Infraestructura] [Elaborado por autor Helen Arispe]

Altura total de 4.54, con un techo de teja colonial con pendiente de 25% y estructura principal de madera de cedro y columnas de madera de corotú con medidas que terminan en un pedestal para anclaje de concreto de 70x70 cm (ver imagen 6).



Imagen 6: Elevación frontal del tribunal electoral de Pedasí. Elaborado en 2015. Diseñado por el Arq. Luis Villar. Dibujo realizado por Arq. G. Giugno. Propietario: Tribunal electoral (Pedasí-Los Santos) [Brindado por la Dirección de Infraestructura]

Para los acabados se utilizó, de manera uniforme, de la siguiente manera: para el piso, baldosas de arcilla; el zócalo con arcilla (a excepción de la lavandería la cual es de repello de barro y concreto y los sanitarios los cuales tienen azulejos); la pared tiene un repello de barro y concreto buscando darle un acabado liso y terminado, pero manteniendo una apariencia rústica; cuenta con un cielo raso visto en donde se aprecia la estructura principal de madera de cedro.

3.2.2. Plomería.

Las tuberías de aguas servidas y ventilación son de PVC (Calibre 40) con juntas cementadas y válvulas de paso de cobre de 125 PSI. El isométrico de agua potable (ver imagen 7) consta de los lavamanos e inodoros de ambos baños, una tina de lavar en el pasillo lateral izquierdo y una fuente de agua (esta no se ve reflejada en el plano final). En las especificaciones técnicas también se aclara que todas las conexiones expuestas de los artefactos sanitarios deberán ser realizadas con tubería de metal cromado, con escudos cromados en los puntos de pase a través de las paredes acabadas.

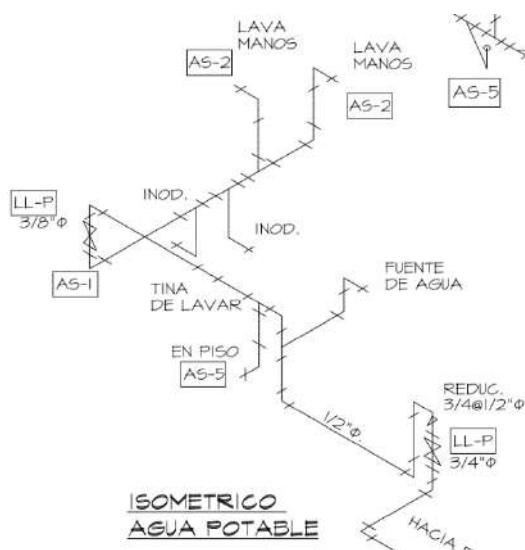


Imagen 7: Isométrico de agua potable del tribunal electoral de Pedasí. Elaborado en 2015. Diseñado por el Arq. Luis Villar. Dibujo realizado por Arq. G. Giugno. Propietario: Tribunal electoral (Pedasí-Los Santos) [Brindado por la Dirección de Infraestructura]

3.2.3. Electricidad.

En los planos elaborados por el Arq. Luis Villar (2015), en las especificaciones técnicas detalla que las tuberías eléctricas son de PVC iguales o mayores a un diámetro de 1". Las instalaciones eléctricas visibles en el plano (ver imagen 8) cuentan con:

- Interruptores 1w (6)
- Salida para luminaria (17 aprox)
- Lámpara de emergencia (1)
- Tomacorriente sencillo (4)
- Tomacorriente sencillo polarizado (3)
- Tomacorriente sencillo polarizado para aire acondicionado (3)
- Panel eléctrico en la pared lateral izquierda inferior, sobre el área de espera (1)
- Salida sencilla para teléfono (5)
- Detector de humo por zonas (5)

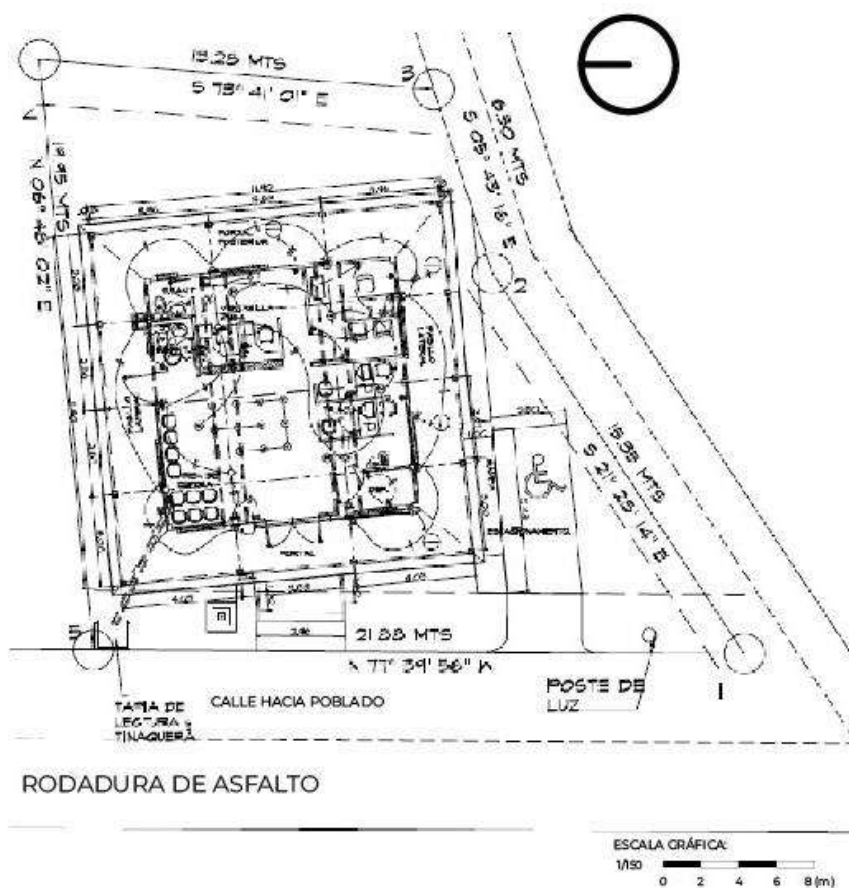


Imagen 8: Plano de electricidad del tribunal electoral de Pedasí. Elaborado en 2015. Diseñado por el Arq. Luis Villar. Dibujo realizado por Arq. G. Giugno. Propietario: Tribunal electoral (Pedasí-Los Santos) [Brindado por la Dirección de Infraestructura]

3.3. MATERIALES UTILIZADOS.

Según la información brindada en la página oficial de Tribunal Electoral, se describe el proceso de la iniciativa por parte de los magistrados del TE y se detallan los materiales utilizados para la sede en Pedasí. Entre estos están:

- 14 pilares de corotú
- Enjaule de madera de cedro
- 150 Cañazas
- 8 rollos con bejuco de pita
- 40 yardas de tierra extraída de Los Asientos de Pedasí
- 50 pacas de paja Alicia
- Teja de arcilla colonial

3.4. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN.

La Arq. Arjona (comunicación oral, 8 de junio de 2022), inspectora de Azuero, señala que para la construcción del Tribunal Electoral de Pedasí el presupuesto fue alrededor de 60 mil dólares (para el año 2014, en la actualidad este presupuesto podría ser mayor). Haciendo una comparativa con la sede de Tonosí, la cual fue hecha con los mismos planos, pero reemplazando el método constructivo quinchá, por la utilización de bloques de cemento para las paredes, esta generó un costo de alrededor de 75 mil dólares. Para poder conservar en buen estado la sede del TE de Pedasí, hay que realizar mantenimiento de la edificación cada cuatro (4) meses. Con este proceso se realiza el curado de la madera, precisamente para protegerlo de las termitas, aplicar capas de barniz, retocar la pintura en las paredes y acomodar las tejas que

se hayan salido de su posición original. Las construcciones en quincha tienen la ventaja de ser mucho más accesibles y económicas para realizar, comparándola con las construcciones en cemento, pero al ser un método más artesanal, esta requiere de mantenimiento constante y asegurar con ello su durabilidad.

3.5. VISITA DE CAMPO.

3.5.1. Descripción del estado actual.

Para el viernes 29 de abril de 2022, se realizó la visita de campo al caso estudio, Tribunal Electoral de Pedasí.



Imagen 9: Fachada Frontal del TE de Pedasí. Foto tomada el 29 de abril de 2022.
[Realizada por autor Helen Arispe]

Comparando el material dado por la Dirección de Infraestructura y la visita de sitio, se encontraron diferencias en ciertos elementos. Por ejemplo, la tina está ubicada en la fachada

lateral izquierda (ver imagen 13), alrededor de uno de los pilares de madera posteriores; la rampa ha sido reubicada (ver imagen 10), con una pendiente adecuada para personas de movilidad reducida, esta se encuentra del lado opuesto donde estaba inicialmente (lateral izquierdo). De igual forma, el depósito se encontraba en la fachada frontal en los planos, estos parecen haber sido eliminados o reubicados en la parte posterior, junto a los baños.



Imagen 10: Fachada Frontal del TE de Pedasí en 2014. [Brindado por la Dirección de Infraestructura]



Imagen 11: Interior del TE de Pedasí en 2014. [Brindado por la Dirección de Infraestructura]



Imagen 12: Rampa para personas con movilidad reducida. Foto tomada el 29 de abril de 2022. [Realizado por autor Helen Arispe]



Imagen 13: Tina en fachada posterior. Foto tomada el 29 de abril de 2022. [Realizado por autor Helen Arispe]

Tiene en sus instalaciones poste de luz, cableado de electricidad, sistema de plomería, tanque de reserva de agua en la parte posterior del terreno y sistema de aire acondicionado. Este último, es cuestionable si, considerando que al ser el TE de pequeñas dimensiones, con buena parte del interior abierto, sin demasiados cerramientos, con un buen sombreamiento a la estructura, grandes ventanales y puertas favorecen una ventilación cruzada apropiada, era necesario el instalarlo.



Imagen 14: Tinaquera con panel eléctrico. Foto tomada el 29 de abril de 2022. [Realizado



Imagen 15: Ventanas de fachada lateral izquierda. Foto tomada el 29 de abril de 2022.



Imagen 16: Ventana de aire acondicionado. Fachada lateral derecha. Foto tomada el 29 de abril de 2022. [Realizado por autor]



Imagen 17: Tanque de reserva. Fachada lateral derecha y posterior. Foto tomada el 29 de abril de 2022. [Realizado por autor]

Algunos problemas presentes en la edificación están pequeñas grietas en la pared de la fachada lateral derecha, algunos de los pilares de madera salidos de su posición original, uno de ellos presentaba un ligero pardeamiento; recorriendo las vigas del techo, se ven rastros de comején; en la rampa para personas con movilidad reducida, la barandilla se encuentra, en una parte, abollada.



Imagen 18: Pilar en fachada lateral derecha. Foto tomada el 29 de abril de 2022. [Realizado



Imagen 19: Pilar en fachada lateral izquierda. [Realizado por autor]



Imagen 20: Grieta en pared de fachada lateral derecha. [Realizado por autor]



Imagen 21: Grieta en ventana de fachada lateral derecha. [Realizado por autor]

3.6. ENTREVISTAS.

3.6.1. Francisco Vergara (Maestro de obra).

El 30 de abril de 2022 se realizó una entrevista al maestro de obra, Francisco Vergara, quien estuvo presente en la junta de embarre de esta sede, además de muchos otros proyectos realizados en quincha.

Francisco Vergara comenta cómo aprende el oficio gracias a su tío, quien era constructor al igual que su padre. “Me he dedicado a hacer reparaciones, construcciones en quincha estilo

español. Esa fue la escuela de mi tío ” (F. Vergara, comunicación personal, 30 de abril de 2022). De igual manera explica cómo, en el pasado, era genuino interés de la localidad el aprender el oficio como el de participar en el proceso de construcción de las casas de quincha, lamentablemente esto cada vez, es más desacostumbrado en la juventud. persona

Ha trabajado como maestro de obra en las distintas sedes del Tribunal Electoral en Azuero (Como Pedasí, Guararé y Tonosí), En Tonosí, confirma, era un terreno desfavorable para el método constructivo quincha, pues era inundable y con exceso de humedad, por lo que se tomó la decisión de realizarse con bloques de cemento y teja metálica.

3.6.1.1 Materiales utilizados y donde se consiguen.

La tierra utilizada es localmente conocida como tierra blanca el Sr. Vergara señala como es difícil de conseguir, no tanto por ser escasa, sino porque esta tierra a veces se encuentra dentro de propiedades de vecinos los cuales no desean venderlas ni aceptan las excavaciones en su terreno. De igual forma esta tierra puede conseguirse en la Candelaria (Penonomé). Anteriormente, se extraía picando el terreno, actualmente se realiza con retroexcavadora. Aun siendo esta última una opción más rápida, dificulta la separación entre la tierra adecuada para el método constructivo quincha y la no idílica para la labor.

La madera se consigue en Paritilla (Pocrí). Esta debe ser una madera resistente a la humedad. Entre las que se utilizan son cedro, corotú (empleadas en el TE de Pedasí). Una madera bastante utilizada es la del Macano *Diphyssa americana*, pero ya es muy escasa en la región.

En cuanto a la paja, antes se utilizaba la de carrillo, ya que se extiende con mucha facilidad. Se considera el amarre del lodo, pues es la que ayuda a estabilizarlo y mantenerlo unido.

Por último, está la caña, la cual puede encontrarse cerca de ríos. El Sr. Vergara comenta que prefiere la caña blanca, ya que esta, a diferencia del bambú, no está hueca.

3.6.1.2 Preparación de la mezcla.

La tierra debe dejarse en remojo un día antes de realizar la junta de embarre, al día siguiente se remueve con la pala y se sigue picando hasta que se obtiene la consistencia deseada. Se agrega una buena cantidad de paja y se procede con el apisonamiento. Se continua con esto último hasta que el barro quede con una consistencia pastosa, maleable y de apariencia lustrosa. *“Una vez el barro queda brillante y como melcochado, ya está listo”* comenta el sr. Vergara.

Para proceder con el embarrado, entre dos personas hacen lo que denominan “el corte” – Una persona marca la línea de corte y se va separando esta del resto de la mezcla- con esta porción de barro cortada, se cubre el enjaulado de la construcción, por ambos lados de la caña.

Para el momento de hacer el repello, la recomendación es, si se desea recubirla de cemento, se realizan huecos en la pared para que la mezcla pueda adherirse correctamente. Para un acabado rustico, se produce una mezcla de arena y de la “tierra blanca” la cual queda como un repello en cemento, una vez seca, se pinta sin mayor dificultad.

3.6.1.3 Recuperación de material.

Según comenta el Sr. Vergara, la recuperación de material utilizado en las construcciones, no es algo nuevo de la actualidad, lleva haciéndose desde siempre, ya que la madera, al ser cara, los locales recogían el material en buen estado de las casas ya derrumbadas. Esto puede hacerse desde la madera, hasta la propia tierra de las paredes. Vergara explica cómo se pica la tierra, esta se extrae y se humedece y con esto puede ser utilizada para una nueva construcción.

Esto es uno de los detalles más relevantes ya que con ello refuerza la hipótesis de la sostenibilidad de este método constructivo, precisamente porque aporta a la realización de un ciclo cerrado en la producción, favoreciendo el reciclaje sobre el desperdicio de material al finalizar la vida útil.

3.6.2. Doris Barrios (Habitante Local).

Con el fin de conocer de primera mano la técnica constructiva quinchá y la tradición de la junta de embarre, se ha asistido a una realizada por una habitante local, la Sra. Doris Barrios.

La actividad se realizó el 1 de mayo de 2022, en Rio adentro de La Montaña, a quince (15) minutos de la comunidad de El Limón, Pedasí.

Comenta que tomó la decisión de hacer la casa con quinchá por su facilidad a la hora de conseguir los materiales además de su transporte hacia su lugar de construcción, esto dando una ventaja también en su bajo costo y la posibilidad de estar completamente envuelta en el proceso de construcción, desde su extracción del medio natural, transporte al lugar y levantamiento de la edificación (Comunicación personal, 1 de mayo de 2022).



Imagen 22: Sra. Doris Barrios, junto a estructura de enjaulado. [Realizado por autor]

Al llegar al lugar donde es realizada la junta de embarre, la obra estaba con el entramado ya colocado junto con el techo de lámina de zinc. Las uniones estaban atornilladas en vez de envueltas por alguna fibra natural (como normalmente es utilizado el “bejuco”). Los locales estaban en medio del proceso de apisonamiento de la tierra con la paja y agua de río, recolectada en un camión cisterna. Asistieron vecinos, turistas de todas las edades y el propio maestro de obras, el Sr. Francisco Vergara.



Imagen 23: Junta de embarre. Estructura principal, enjaulado y techo colocados. [Realizado por autor]



Imagen 24: Apisonamiento del barro. [Realizado por autor]



Imagen 25: Uniones atornilladas de la estructura. [Realizado por autor]



Imagen 26: Cisterna utilizada para humedecer la tierra. [Realizado por autor]



Imagen 27: Pacas de paja utilizada. [Realizado por autor]



Imagen 28: Proceso de embarrado. [Realizado por autor]

A las 11:00 am, la fachada frontal y posterior se encontraban alrededor de un 60% avanzadas. Al ser esta una construcción relativamente pequeña, no hubo mayores dificultades o contratiempos.



Imagen 29: Proceso de embarrado. [Realizado por autor]

3.6.2.1. Observaciones.

Las ventajas de una casa de quinchá son su facilidad al conseguir el material necesario y su bajo costo inicial, pero en esta tipología de construcción deben cumplirse ciertos parámetros para asegurar su durabilidad. En el este caso del anexo de la Sra. Doris Barrios, hay consideraciones que, tal vez, no fueron tomadas en cuenta, por ejemplo:

- La estructura se encuentra completamente en la línea de suelo, dentro de las recomendaciones para las construcciones de quinchá está el alzar la estructura unos 20 cms mínimo para evitar la humedad del suelo y la aparición de termitas dañen la madera y la caña.
- El techo debe extenderse por sobre todas las paredes para protegerlas de la lluvia y la irradiación solar, esto no parece cumplirse debidamente en todas las fachadas. Además, está el uso del techo de zinc, que al ser una cubierta delgada y a una baja altura, no creará un confort térmico adecuado y provocará el exceso de humedad debido a la condensación interior.

Navarro (1986) resalta la importancia de informar y educar a la población sobre las ventajas y desventajas del sistema constructivo y el cómo al ser estas construcciones fruto de las tradiciones y costumbres pasadas de padres a hijos, estos carecen, muchas veces, de un adecuado diseño y requisitos técnicos apropiados. Frente a esto, las investigaciones en la arquitectura deben aportar soluciones para mejorar los métodos de construcción, la durabilidad y el confort de los usuarios.

CAPÍTULO 4: APLICACIÓN DE METODOLOGÍA ACV

4.1. ANALISIS DEL CICLO DE VIDA A UNA CONSTRUCCIÓN DE QUINCHA

4.1.1. Objetivos

A través del estudio, se medirá la sostenibilidad del sistema constructivo quincha, calculando las emisiones de CO₂ a lo largo del ciclo de vida de los materiales y el desempeño ambiental del sistema. Este análisis tiene como objetivo secundario la reivindicación del sistema constructivo quincha al demostrar sus ventajas en una dimensión ambiental, como el mejoramiento de la sostenibilidad del sistema constructivo, minimizando sus impactos.

4.1.2. Límites del sistema.

Para el cálculo del ACV serán analizados los materiales utilizados en la estructura principal de la construcción en quincha como lo son las paredes (pilares de madera, enjaulado, caña y la paja) y el techo (tejas), durante todas las fases del ciclo de vida. No se tomará en consideración los elementos usados para los acabados (baldosas y repello), como aquellos elementos no representen emisiones de carbono considerables para el sistema⁶. Durante la fase de uso, muchos estudios calculan la energía requerida durante el tiempo de vida útil, pero esto no será abordado en la investigación, ya que el enfoque estará completamente en los materiales de construcción

⁶ Según la guía realizada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MiTEco) (2016), La fibra natural utilizada en el proceso de enjaulado, llamado bejuco como la tierra para el barro las considera nulas en emisiones de CO₂, por lo que no serán tomadas en cuenta para esta investigación

4.1.3. Alcances.

Para el análisis de sostenibilidad, se llegará solo hasta los materiales utilizados en la quincha en, como lo definen Roitman et al (2020) “la cuna a la tumba” en donde se considera: Extracción de material, etapa de uso, fin de vida. Dentro de estos materiales se considera todos los utilizados en la estructura principal: madera requerida para los pilares principales, estructura secundaria, la caña, tejas y la paja

- Extracción de material: Se considera desde la adquisición de la materia prima, así como la energía requerida para realizar estas transformaciones de materia prima a producto, de ser necesaria.
- Construcción: Se considera la distancia hacia el sitio de construcción. Como todos aquellos residuos que se generen in situ.
- Uso del producto: comprende impactos generados a lo largo de la vida útil del edificio como son su durabilidad y el mantenimiento requerido del edificio (de ser necesario reemplazos, también debe especificarse)
- Fin de vida: Comprende la disposición final de los materiales y componentes del sistema, que tan viable es su desmontaje y su posible reutilización o reciclaje.

Etapa de producto	A1	Suministro de materias primas	X
	A2	Transporte a fábrica	NE
	A3	Fabricación	X
Construcción	A4	Transporte a obra	X
	A5	Instalación/construcción	X
Etapa de uso	B1	Uso	NE
	B2	Mantenimiento	X
	B3	Reparación	X
	B4	Sustitución	X
	B5	Rehabilitación	NR
	B6	Uso de energía en servicio	NR
	B7	Uso de agua en servicio	NR
Fin de vida	C1	Deconstrucción/demolición	X
	C2	Transporte	NE
	C3	Tratamiento de los residuos	X
	C4	Eliminación	X
	D	Potencial de reutilización, recuperación y/o reciclaje	X
X = Módulo incluido en ACV; NR = Módulo no relevante; NE= Módulo no evaluado			

Cuadro 2: Límites en la evaluación del sistema dentro del ACV. [Realizado por autor]

Impactos ambientales son todo aquello en que el hombre afecta al medio ambiente, sea de manera positiva o negativa, estos se relacionan con cada fase dentro del ciclo de vida de los materiales, como, por ejemplo, en la distancia recorrida de los materiales hacia su destino, el combustible utilizado está relacionado a la contaminación atmosférica. Existe una gran cantidad de impactos relacionados al rubro ambiental como lo son la pérdida de biodiversidad o eutrofización. Por lo que se clasificará las etapas en el sistema con todos los impactos

ambientales con los que esté relacionado. Como se ha mencionado con anterioridad, los impactos ambientales pueden ser extensos como complejos para una investigación de tesis de grado, que busca tener un acercamiento permita el entendimiento de los procesos necesarios para un análisis de impacto ambiental, por lo que en esta investigación (tomando en cuenta lo visto en la tesis realizada por Clemente de 2015) se analizarán los siguientes puntos:

- Efecto Invernadero
- Contaminación atmosférica
- Agotamiento de energía
- Generación de residuos sólidos

Estos impactos se estudiarán debido a su relación intrínseca con el método constructivo que se está investigando. El objetivo es conocer la magnitud de los impactos asociados a las actividades relacionadas con la quinchá, como la tala de árboles y caña brava, la energía necesaria para la producción de material y su transporte (como por ejemplo en la fabricación de tejas y el manejo adecuado de los residuos).

CRITERIOS		IMPACTOS				
		Cambio Climático	Contaminación Atmosférica	Agotamiento de energía	Generación de residuos	
Etapas de producto	A1.1	Emisiones de CO2 *				
	A1.2	Uso de materiales y componentes locales				
	A3.1	Energía no renovable embebida en los materiales				
Construcción	A4.1	Distancia hacia obra de los componentes del sistema				
	A5.1	Simplicidad de montaje				
	A5.2	Fachadas ventiladas y fachadas ventiladas activas				
	A5.3	Construcción en capas independientes				
	A5.4	Grado de industrialización del sistema				
	A5.5	Uniones mecánicas rápidas y desmontables				
Etapas de uso	B1.1	Durabilidad de los componentes principales				
	B2.1	Estrategias de mantenimiento				
	B4.1	Uso de materiales reciclados				
	B4.2	Uso de materiales reciclables				
Fin de vida	C1.1	Simplicidad de desmontaje				
	C3.1	Residuos sólidos				
	C3.2	Residuos peligrosos				
	C3.3	Residuos reciclables				

Cuadro 3: Relación de criterios e impactos dentro del sistema. [Realizado por autor]

4.1.4. Inventario de materiales y energías.

Para la recopilación de datos necesarios para el inventario lo primero que debe hacerse es conocer los materiales utilizados en el caso estudio, las cantidades requeridas y su lugar de procedencia (proveedor y/o lugar de extracción del material) de esta forma, se procede a generar una tabla base.

Lo siguiente en la metodología ACV es la realización de un inventario en donde se identificará y cuantificará los diferentes recursos y materiales y cuáles son los impactos generados a lo largo de su vida útil. Los elementos necesarios para este inventario se definirán a través de un análisis en los planos del tribunal electoral de Pedasí y conocer una estimación en el metraje necesario de cada material ya implementado en el sistema (ejemplo, los pilares de madera, tejas de arcilla, entre otros) definir las distancias recorridas de cada material desde la extracción a su uso, cantidad de CO₂ generado de cada material y de esta forma dar como resultado el total de la huella de carbono. Todos estos parámetros se definirán con una tabla base planteada en el Capítulo 2 de esta tesis.

En la tesis de grado de Yahyane (2019) titulada “*Guía de Bioconstrucción: Materiales y técnicas constructivas sostenibles y saludables*” en la capítulo 3 detalla los grupos de materiales y los separa en familias y subfamilias, con el fin de entender las características de los materiales utilizados en el método constructivo quinchá, de igual forma se realiza un gráfico en donde se desglosa tres familias de materiales (en la tesis de grado referenciada, la autora Yahyane menciona muchos más materiales como sus familias y subfamilias) relacionadas al método constructivo estudiado como algunos de los materiales vistos en construcciones convencionales de bloques de cemento (algunos de estos utilizados en TE de Tonosí)

En la primera clasificación están los materiales pétreos, que se definen como todos los procedentes de piedras o rocas en donde uno de los universales sería el hormigón (mezcla de cemento y áridos gruesos y finos). Son excesivamente usados para cimentación, tienen gran durabilidad, pero producen grandes cantidades de residuos por lo que deben usarse de forma óptima en las construcciones para tener la menor cantidad de material vertido posible.

Siguiendo con los materiales cerámicos, estos se dividen en conglomerados (entre estos están el yeso, la cal y el cemento), los cuales son definidos como aquellos utilizados de material adhesivo en la construcción o en la fabricación de productos cerámicos y conglomerantes (mortero y hormigón) que serían aquellos que están hechos, principalmente, de partículas cerámicas unidas entre sí.

Por último, están los materiales naturales, cuyas subfamilias se clasifican en leñosos (en donde entra la madera, el bambú y las pacas de paja) y los térreos (adobe, tapial, pinturas naturales a base de tierra) estos han sido utilizadas como parte de la arquitectura vernácula presente en la región.

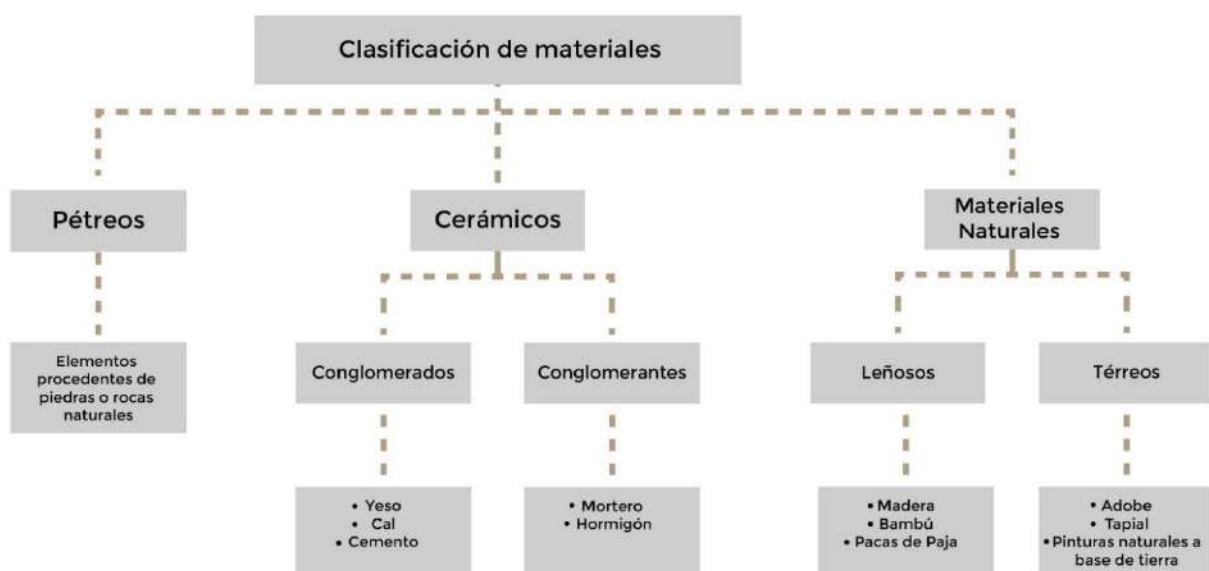


Gráfico 10: Clasificación de los materiales. Referencia de “Guía de Bioconstrucción: Materiales y técnicas constructivas sostenibles y saludables.” (2019) [Realizado por autor]

Una vez elaborado el listado de todos los materiales presentes en el caso estudio como su clasificación, es necesario el análisis del flujo de material como el de las energías que influyen

dentro de cada etapa en el ciclo de vida de los materiales, estos son definidos por Clemente (2015) como los *Inputs* o entradas en español y los *Outputs* o salidas.

Los *Inputs* o entradas son todos los recursos naturales y fuentes de energías requeridos en cada etapa correspondiente. Como, por ejemplo, en la elaboración de la teja es necesario la entrada de materia prima (tierra arcillosa) junto con la fuente de energía para su cocción que puede ser por gas o con leña.

Los *Outputs* o salidas son todos los residuos de material, pérdida de energía y los subproductos de las etapas del ciclo de vida de los materiales. Residuos, pérdidas de energía, emisiones o subproductos que se generan en cada fase. En el caso de la teja, en su etapa de procesado o manufacturación, al realizarse su cocción con leña, esto genera emisiones de CO₂ que crea impactos de contaminación atmosférica.

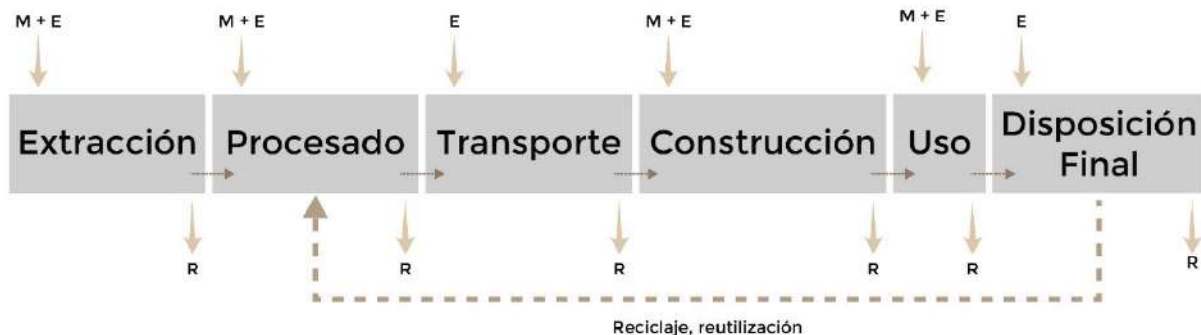


Gráfico 11: Inputs y Outputs presentes en el ciclo de vida de los materiales del sistema constructivo quíncha. [Realizado por autor]

Inventario de materiales utilizados en caso estudio				
Componentes	Material	Cantidad		Procedencia (distancia de
		Volumen(m3)	Peso (kg)	

				extracción a uso en km
Paredes	Madera - Corotú	0.53	316.92	49.3
	Madera – Cedro	3.17	1553.55	49.3
	Cañaza	1.65	610.50	48.9
	Paja	6.40	10000.00	43.3
Techo	Teja	156.25	354.38	75.9

Cuadro 4: Inventario de materiales utilizados en caso estudio. [Realizado por autor]

4.1.5. Evaluación de impactos.

La metodología ACV aplicada en el sistema constructivo quincha, tiene como objetivo identificar ventajas ambientales y oportunidades de mejoramiento en el desempeño ambiental y sostenible. Para poder identificar los impactos relacionados al ciclo de vida de los materiales en la quincha para su posterior evaluación dentro del enfoque ambiental planteado en los alcances, se englobará los siguientes puntos, tomando como referente los indicadores propuestos en la norma EN 15643-2 (CEN, 2011):

- Impactos asociados a la extracción: agotamiento de recursos (renovables y no renovables), potencial de calentamiento global.
- Impactos asociados al uso: uso de energía no renovable, uso de combustibles.

- Impactos asociados al fin de vida: Componentes para su reutilización, materiales para el reciclaje, residuos peligrosos y residuos no peligrosos.

4.1.5.1 Extracción y procesamiento de materiales: Emisiones asociadas.

Durante la extracción se considerará los materiales utilizados en la estructura principal del caso estudio (construcción en quinchá) entre estos está: la madera de los pilares principales (madera de corotú), la estructura del techo y estructura secundaria (madera de cedro), las tejas de arcilla, las cañas, la paja para el relleno y la tierra utilizada para crear el barro. Se realiza un cálculo de las cantidades de materiales presentes en el caso estudio y se investiga los kilogramos de CO₂ generado por cada kilogramo de material extraído y/producido. Estas cantidades se multiplican y se obtiene los kilogramos de CO₂ totales. A continuación, se desglosa lo investigado para conocer los factores de emisión (kg de CO₂ por kg de material) de cada material.

Durante la extracción de la madera, esta tiene un impacto local asociado a la biodiversidad, y un impacto global vinculado al cambio climático, ya que la tala de estos representa la liberación de CO₂ en la atmósfera.

La densidad del árbol está directamente relacionada con su capacidad de captación de CO₂: a mayor densidad, mayor captación tendrán. Por ejemplo, según lo descrito en el sitio web de MIAMBIENTE (2021), entre especies encontradas en Panamá, está el guayacán (*Tabebuia guayacón*) el cual tiene una corteza dura, con una densidad de alrededor de 0.92 gr/cm³ por lo que su capacidad de captación de CO₂ será mayor comparándolo con otra especie como el árbol almendro (*Dipteryx oleífera*) su densidad es de e 0.87 gr/cm.

Las especies utilizadas en el caso estudio son el corotú (*Enterolobium Cyclocarpum*) y el cedro (*Cedrela Odorata*) y para calcular las emisiones de carbono correspondientes para estas maderas, se tomó el indicador ambiental dado en el sitio web del Directorio Forestal Maderable de Colombia, según dicho indicador es 1 kg de madera genera entre 1.65 y 1.80 kg de CO₂, tomándose en cuenta el indicador de mayor índice al considerar las especies encontradas en Panamá, poseen en su mayoría una densidad superior.

En el caso de la cañaza, no hay datos precisos sobre las emisiones de carbono relacionadas a su extracción, por lo que se tomó de equivalente el bambú, en donde se admite el cálculo realizado por Gonzales (2014) citado por Alvarado (2021) en la tesis de grado “*Huella de carbono de bambú (Guadua angustifolia) en el distrito de la florida – Cajamarca*” en donde se establece que, por cada kilogramo de bambú, hay 0.255 kg de CO₂.

El indicador para determinar las emisiones asociadas a la producción y cocción de la teja, no se identificó de forma concreta, por lo que se tomó como equivalente los datos sobre un bloque de arcilla, ya que según lo descrito por Guevara (2018) llevan tanto el mismo proceso de extracción de materia prima, como de manufacturación (Guevara puntúa cómo ambos requieren de un proceso de amasado seguido de la colocación de un molde para darle forma, seguido de un secado al sol y por último el horneado durante 10 horas. La diferencia entre ambos sería su tiempo de amasado, en el que la teja toma unas 6 horas y el bloque de arcilla 3 horas). La cantidad de emisiones de CO₂ es de 0.48 kg CO₂/Kg. Para este indicador se tomó el mismo utilizado en la investigación realizada por la profesora Graciela Arosemena en Panamá Viejo a uno de sus conventos.

Según la “Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización” (2016), la fibra natural utilizada en el proceso de enjaulado, llamado

bejuco y la tierra para el barro, se consideran nulas en emisiones de CO₂, por lo que no son consideradas dentro de las emisiones relacionadas a la extracción de material, pero son igualmente agregadas al cuadro para conocer las cantidades aproximadas utilizadas en el caso estudio (ver cuadro 5).

Fase 1: Extracción de material - TE Pedasí					
Material	Volumen (m ³ total)	Peso (Kg total)	Kg CO ₂ /Kg	Kg CO ₂ total	Ton CO ₂
Teja	156.25	354.38	0.48	170.10	0.17
Madera - Corotú	0.53	316.92	1.80	570.45	0.57
Madera - Cedro	3.17	1553.55	1.80	2796.38	2.80
Cañazas	1.65	610.50	0.255	155.68	0.16
Paja	6.40	1000.00	0.00	0.00	0.00
Tierra	10.20	73.44	1.00	73.44	0.07

Cuadro 5: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Pedasí en la fase extracción de su ciclo de vida. [Realizado por autor]

4.1.5.2. Transporte: Emisiones asociadas a gasolina consumida.

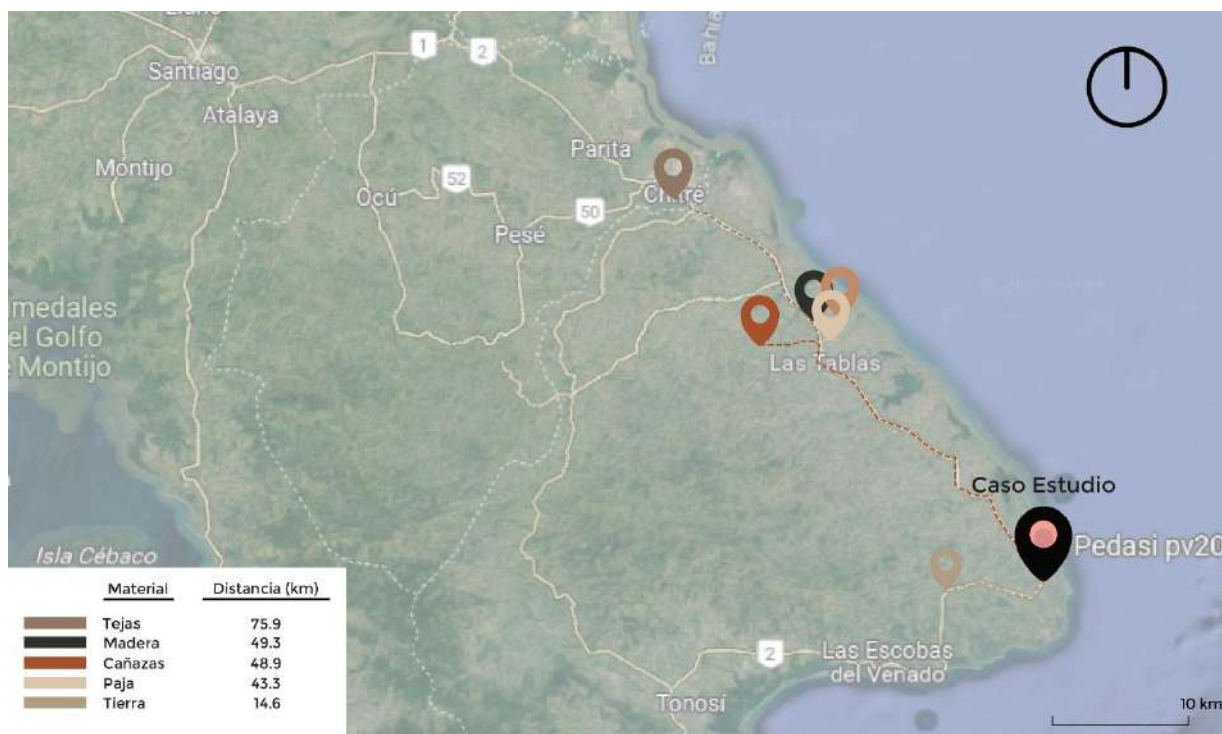


Imagen 30: Diagrama de distancias de extracción de material a la ubicación del caso estudio. [Realizado por autor]

En esta etapa se toma las distancias de los materiales desde su lugar de extracción o fabricación (dependiendo del caso, ya que algunos como la tierra, no han sufrido alteraciones hasta llevarse a la construcción) y el indicador utilizado es extraído del sitio web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en donde está disponible una base de datos para informar sobre el consumo de carburante de los vehículos a la venta en España, en el que se establece que, por cada litro de gasolina consumido, un vehículo emite en promedio 2.35 kg de CO₂. Por cada 100 km recorridos, se consume un litro de gasolina.

El material más alejado sería las tejas, obtenidas en Chitré, a 79.9 kms de la construcción y el más cercano es la tierra, extraída en Los Asientos de Pedasí, a 14.6 kms (ver imagen 30). En general, todos los materiales no superan los 100 kms de distancia, por lo que su resultado en

emisiones de carbono por litro de gasolina quemado es relativamente bajo (ver cuadro 6). Lo que debe ser el objetivo para la sostenibilidad en este punto del ciclo de vida de los materiales, el que estos sean extraídos lo más cercano a la construcción, posible.

Fase 2: Transporte - TE Pedasí				
Material	Distancia (km)	Factor de emisión (Kg CO ₂ /L)	Litros consumidos	Emisiones de CO ₂ (kg de CO ₂)
Teja	75.9	2.35	0.759	1.78365
Madera	49.3	2.35	0.493	1.15855
Cañazas	48.9	2.35	0.489	1.14915
Pajas	43.3	2.35	0.433	1.01755
Tierra	14.6	2.35	0.146	0.3431

Cuadro 6: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Pedasí en la fase transporte hacia construcción de su ciclo de vida. [Realizado por autor]

4.1.5.3. Construcción: Residuos in situ.

En la construcción, se generan sobrantes de cada material. Para gestionar correctamente los residuos, es necesario contar con un plan que permita reincorporar el material al sistema, ya sea reutilizándolo sin alteraciones o transformándolo en nuevos productos mediante el reciclaje. En el caso de las construcciones en quincha, la madera que se genera como sobrante puede ser triturada para crear tableros aglomerados o utilizada como biomasa, una fuente de energía renovable que se genera a partir de la combustión de materia orgánica. En el caso de la teja, las viejas o agrietadas pueden triturarse y ser agregadas en la fabricación de concreto o en nuevos ladrillos o tejas. Esta práctica, aun si es viable, no es tan común, en cambio sí pueden reutilizarse las tejas sobrantes para otras construcciones.

En el análisis de la etapa de construcción, se plantea un escenario favorable en el que aquellos sobrantes en la construcción han sido reutilizados o reciclados.

En primer lugar, era necesario conocer una estimación, en porcentaje, de los sobrantes de los materiales en la construcción, en donde para pérdidas generales de material se considera entre el 5% como mínimo, en los casos más comunes se considera hasta un 10%. Tomando como referencia los datos disponibles en el sitio web Chile Cubica, se enlistan algunas estimaciones de pérdida de material entre los que se utilizaron para la madera un 8%, para el ladrillo un 10% (debido a que estas son fáciles de romper o que alguna tenga imperfecciones o grietas), para el resto de los materiales se utilizó el 5% de pérdida. Teniendo el porcentaje de pérdida, se calculó cuánto representa en el total de kilogramos de material utilizado.

Una vez lograda la cantidad de material sobrante, para el cálculo se ha estimado el porcentaje de residuos en kilogramos de cada material y se le ha asignado un porcentaje de posibilidad de reciclaje o reutilización (dependiendo del caso), el restante será considerado como residuo vertido.

La madera tiene el porcentaje más alto con un 90% debido a ser un material que es altamente reciclable (o reutilizable) y sostenible. Con este material puede darse una reutilización directa, en donde piezas completas son usadas en proyectos similares o en proyectos de artesanía y carpintería. Según las entrevistas realizadas, la práctica de reutilización de piezas de madera en buen estado de una construcción es realizada entre las comunidades.

Para la cañaza se tomó el mismo porcentaje de reutilización que la madera, al ser posible su reutilización directa o como reciclaje para nuevos productos que involucren la cañaza.

Con la teja, es de igual manera, completamente viable su reutilización, dependiendo del área y la calidad de la teja la reutilización puede ser bastante alta, llegando a porcentajes superiores al 50% o incluso más en casos ideales. Sin embargo, esto depende de los planes de gestión sostenible en la región, como también de la demanda de tejas usadas.

Para la mezcla de barro y paja sobrante en una construcción de quincha, a pesar de ser posible su reutilización, no se cuenta con la información suficiente para establecer un porcentaje del sobrante en las juntas de embarre, ni de cuál sería la gestión de esos sobrantes, por lo que no se tomó en cuenta para el cálculo (ver cuadro 7).

Fase 3: Construcción (Residuos in situ) - TE Pedasí					
Material	Sobrante (%)	Cantidad (kg)	% de Reciclaje/ reutilización	Reciclaje (kg)	Residuo (kg)
Teja	0.10	35.44	0.5	17.72	17.72
Madera - Corotú	0.08	25.35	0.9	22.82	2.54
Madera - Cedro	0.08	124.28	0.9	111.86	12.43
Cañazas	0.05	30.525	0.9	27.47	3.05

Cuadro 7: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Pedasí en la fase de construcción de su ciclo de vida. [Realizado por autor]

4.1.5.4. Uso: Mantenimiento.

Durante las inspecciones realizadas una vez al mes por la arquitecta Arjona, inspectora de Azuero, se realizan revisiones del correcto funcionamiento del sistema eléctrico, aire acondicionado, estado de las paredes y estructura. Dentro de la investigación hacia los materiales utilizados, son la teja y la madera en la estructura donde se tendrá el foco. Para la teja, son recolocadas las que hayan sido movidas de su posición original, ya sea por la lluvia o el viento. Si es necesario un reemplazo, estos se cotizan con el proveedor y son instalados en la construcción. La arquitecta Arjona menciona, que en los años que lleva la edificación terminada, no se ha efectuado un reemplazo por alguna teja en mal estado. Tampoco ha ocurrido en la de Tonosí. Por lo que el porcentaje utilizado para su evaluación será el más bajo posible tomando de escenario hipotético se necesitará algún reemplazo en lo que reste de vida útil del edificio.

En el caso de la madera, se realiza el curado para protegerlo contra las plagas y una capa de barniz. Actualmente, la arquitecta Arjona, se debe hacer un mantenimiento importante en la estructura de madera, ya que, al no tener un plan de mantenimiento apropiado ni contar con una persona especializada dentro del equipo de inspección, esto requiere de una consulta directa con la Dirección de Infraestructura.

Según entrevistas realizadas, la madera tiene una larga vida útil entre los 50 y 100 años e incluso más, en algunos casos. Esto implica que el porcentaje de posibilidad de reemplazo podría estar en un rango bastante bajo, probablemente alrededor del 1% o menos. Esto dependerá enormemente de varios factores como lo son: el buen cuidado de la madera a lo largo de la vida útil, un diseño e instalación apropiados (esto requiere de una correcta protección del sol directo o la lluvia) así como la calidad y dureza de la madera utilizada. Un dato importante y según lo comentado en la entrevista con el maestro de obras, Francisco Vergara, es vital el tiempo de extracción de la madera, la cual debe ser en “menguante” (intervalo que hay entre la luna llena y la luna nueva) ya que es en esta época cuando la madera se encuentra sin agua interna almacenada, al cortarse en un tiempo distinto a esto, es más probable la putrefacción de la madera, y, por ende, el acortamiento de su vida útil.

El mantenimiento de la teja es bastante simple: Revisar un par de veces por año, fijando especial atención no haya piezas dañadas por la humedad o rotas; limpiar en los sitios de unión entre las tejas.

En un estimado general, podría decirse que los techos de teja pueden durar entre 20 y 50 años, dependiendo del cuidado adecuado. Esto significa que podría haber un rango de reemplazo que varía entre un 2 al 5 % por año en promedio.

Para el cálculo se tomaron estas estimaciones en reemplazos por año, considerando la cantidad (kg) total de material empleado en la construcción y la energía empleada necesaria para efectuar los reemplazos que es la misma que la de su colocación. Se multiplican la cantidad del material del reemplazo por el coeficiente de emisiones de CO₂ por Kg de CO₂ y se tiene como resultado los kgs de CO₂ totales en reemplazos realizados por año (ver cuadro 8).

Fase 4: Mantenimiento - TE Pedasí					
Materiales	Reemplazo (%)	Cantidad (kg)	Energía (MJ)	Emisiones	kg CO ₂ total
Teja	0.02	7.09	2.3	0.48	3.402
Madera	0.01	18.70	7	1.8	33.67

Cuadro 8: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Pedasí en la fase de mantenimiento de su ciclo de vida. [Realizado por autor]

4.1.5.5. Fin de vida: Derribo.

En objetivo en esta fase es la reducción de residuos y promover la sostenibilidad del sistema, para esto se requiere de un plan de gestión de residuos adecuado y un sistema permita un despiece óptimo de sus componentes.

Para realizar el desmantelamiento de los componentes de un edificio, la primero es realizar una inspección inicial minuciosa para determinar todos los elementos como materiales utilizados se encuentren en buenas condiciones y puedan reutilizarse o reciclarse dependiendo del caso. Para la madera, se pueden reutilizar piezas como vigas, marcos de ventanas o puertas, piezas estructurales como columnas. Se busca en estas piezas que no tengan partes infectadas por hongos o insectos, o que tengan imperfecciones. En las tejas se revisa que no tengan daños como grietas, roturas y/o acumulación excesiva de musgo. De la caña, es más complicado, al formar parte del entramado de las paredes, se necesita picar el barro adherido y determinar qué hacer con esta estructura secundaria.

Una vez realizada la inspección inicial, se procede a realizar el desmontaje de las piezas, siguiendo con su limpieza y tratamiento, de ser necesario. En cuanto a la madera y dependiendo del estado de esta, es importante lijar suciedad, pintura o barniz antiguo. Las tejas tienen la opción de ser restauradas utilizando un mortero de arcilla para las roturas que tenga.

Con los tratamientos requeridos para convertir a los componentes en materia prima que pueda ser reinsertada en el sistema, es importante establecer que estas seguirán requiriendo del debido mantenimiento y cuidado para asegurar su duración.

Con la caña y la mezcla son componentes difíciles de determinar el proceso para ser reinsertados en el sistema y que tan viable es su ejecución. Con el primero de estos materiales, no se cuenta con la información suficiente del proceso de desmontaje una vez finalizada su vida útil y cuál sería su porcentaje para reutilización o reciclaje.

En el caso del barro o mezcla, su porcentaje de reciclaje es difícil de determinar ya que, según lo establecido en los puntos anteriores y lo conversado con el Sr. Vergara, maestro de obras, es más que posible el reciclaje de la mezcla utilizada al picar las paredes, agregar agua y conseguir la consistencia ideal para el embarrado. Pero la quinchá tiene la desventaja de no ser un método fácil para separar sus componentes, especialmente con la mezcla, existirá una cantidad desperdiciada o descartada. No se podría tener una estimación acertada de cuanto es reciclado, por lo que no se tomó en cuenta para el estudio.

Para el cálculo de emisiones relacionadas con la fase del derribo de una construcción en quinchá, se utilizaron los porcentajes de posibilidad de reciclaje utilizados en la fase de mantenimiento, separando los materiales en donde es posible su reutilización directa de los de reciclaje, ese porcentaje se multiplica por la cantidad (kg) de material utilizado en la construcción, esto nos

da una cantidad en kilogramos de material reutilizado y/o reciclado y el resto es considerado residuo vertido (ver cuadro 9).

Fase 5: Derribo - TE Pedasí					
Materiales	Reciclaje		Reutilización		Residuo
	Porcentaje (%)	Peso (kg)	Porcentaje (%)	Peso (kg)	Peso (kg)
Tejas			0.5	177.188	177.19
Madera			0.9	1683.414	187.05
Cañazas			0.5	305.25	305.25
			Total de material reciclado		2165.852
			Total de material vertido		669.48

Cuadro 9: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Pedasí en la fase de derribo de su ciclo de vida. [Realizado por autor]

4.1.6. Puntuación de impactos ambientales.

En el punto 4.1.3. de esta tesis, “*Alcances*” en el cuadro 3, se definió una serie de impactos relacionados al rubro ambiental, al realizar el análisis y los cálculos de las emisiones de CO₂ presentes en todas las etapas del ciclo de vida del método constructivo quincha, se realizará una evaluación de los impactos asociados a estas fases (ver cuadro 10).

Se utilizará una escala de valores cuantitativos para evaluar el cumplimiento y/o las deficiencias de los estándares ambientales; uso, contenido y tratamiento de los materiales vistos en el caso estudio y el manejo de los componentes al finalizar su vida útil. Se tomará la escala utilizada en la tesis de Clemente (2015) que a su vez está basado en iiSBE tools para la SB Tool (Marco genérico utilizado para calificar el desempeño sostenible de edificios y proyectos). La puntuación está constituida de la siguiente manera:

- - 1 representa las prácticas inaceptables, aquellas que causan un daño significativo e innecesario al medio ambiente y a los recursos naturales y que no cumple con los principios de sostenibilidad.

- 0 representa las prácticas aceptables. Aquellas que cumplen de forma mínima con los criterios sostenibles, pero que causan (aun en menor medida) impactos ambientales.
- 3 representa las prácticas más que aceptables. Buenas prácticas que cumplen de forma satisfactoria con los criterios sostenibles y bajo impacto ambiental.
- 5 representa a las mejores prácticas ejecutadas. El enfoque que respeta y protege el medio ambiente al tiempo que busca el equilibrio entre las necesidades humanas y la conservación de los recursos naturales. Estas prácticas se caracterizan por su eficiencia, responsabilidad y beneficios a largo plazo.

IMPACTOS			MATERIALES				
			Teja	Madera	Caña	Paja	Tierra
Cambio climático	A1.1	Emisiones de CO2 *	3	3	5	5	5
	A1.2	Uso de materiales y componentes locales	5	5	5	5	5
	A3.1	Energía no renovable embebida en los materiales	0	0	3	5	3
	A4.1	Distancia hacia obra de los componentes del sistema	5	5	5	5	5
Contaminación atmosférica	A1.1	Emisiones de CO2 *	3	3	5	5	5
	A4.1	Distancia hacia obra de los componentes del sistema	5	5	5	5	5
Agotamiento de energía	A1.2	Uso de materiales y componentes locales	3	3	3	3	3
	A3.1	Energía no renovable embebida en los materiales	0	0	3	5	3
	A5.1	Simplicidad de montaje	3	3	0	-1	0
	A5.2	Fachadas ventiladas y fachadas ventiladas activas	3	3	3	3	3
	A5.3	Construcción en capas independientes	3	0	-1	-1	-1
	A5.4	Grado de industrialización del sistema	0	-1	-1	-1	-1
	A5.5	Uniones mecánicas rápidas y desmontables	3	0	-1	-1	-1
	B1.1	Durabilidad de los componentes principales	5	3	3	3	3
	B2.1	Estrategias de mantenimiento	3	0	0	3	3
	C1.1	Simplicidad de desmontaje	5	3	0	-1	-1
Generación de residuos	B4.1	Uso de materiales reciclados	-1	-1	-1	-1	-1
	B4.2	Uso de materiales reciclables	5	5	0	-1	3
	C3.1	Residuos sólidos	0	5	5	0	0
	C3.2	Residuos peligrosos	5	5	5	5	5
	C3.3	Residuos reciclables	5	5	0	-1	2
			63	54	46	44	48

-1 = Prácticas inaceptables 0 = Prácticas aceptables 3 = Prácticas más que aceptables 5 = Mejores prácticas.

Cuadro 10: Estimación de los impactos ambientales en todas las fases del ciclo de vida del caso estudio Tribunal Electoral de Pedasí. [Realizado por autor]

El mejor resultado es la teja, con 65 puntos sobre 105, ya que cumple con varios de los considerados dentro del sistema como lo son el uso de materiales locales, distancia adecuada

hacia sitio de obra, simplicidad de montaje, durabilidad, residuos que pueden ser aprovechados para su reciclaje y/o reutilización. Pero tiene fallas dentro de los rubros de las emisiones de carbono, tanto en su extracción como en su fabricación y la energía no renovable requerida para esto. Como se ha puntuado al principio del capítulo, las emisiones asociadas a extracción y producción son considerablemente más bajas que otros materiales, como lo son los bloques de cemento, pero son puntos de partida para considerar mejoras dentro del sistema como lograr la implementación de energía renovable para la fabricación de las tejas o cualquier otro producto cerámico (ladrillos, baldosas, entre otras.)

La madera tiene beneficios como problemas similares: por una parte, tiene su alto porcentaje de reciclaje y la baja cantidad de residuos peligrosos, pero también tiene un impacto importante dentro de su extracción donde vemos impactos ambientales como lo son el cambio climático y la contaminación atmosférica. Para reducir los prejuicios en el medio ambiente es necesaria la planificación y gestión sostenible como evitar, de forma enfática, el desperdicio, alargando su vida útil con un buen mantenimiento como su reutilización directa o reciclaje.

En el caso de la caña, tiene la misma baja cantidad de emisiones de CO₂, una durabilidad y simplicidad en su montaje, pero al finalizar su vida útil, al ser parte de un sistema constructivo donde sus componentes no son fáciles de separar, dificulta la posibilidad de reciclaje o reutilización como método para la reducción de residuos. Tienen la ventaja de un rápido crecimiento en su cultivo, por lo que es más factible su restauración a diferencia de la madera.

Para la tierra y la paja tienen similitudes dentro de su evaluación, como lo son su baja y nula (respectivamente) emisiones de CO₂; dentro de su extracción como la distancia recorrida hacia el sitio de obra, pero tienen dificultades en su desmontaje y gestión de residuos al momento de

la finalización de su vida útil. Para mejorar las prácticas sostenibles de estos materiales es necesaria una mayor investigación.

La construcción en quincha tiene notables beneficios para la reducción de los impactos ambientales, enaltecer la cultura local y crear soluciones arquitectónicas accesibles para la población, sin embargo, esto sigue siendo un trabajo en progreso. Sus actuales ventajas son un punto de partida para crear conciencia y de esta manera fomentar su mejora constante, mediante la colaboración entre investigadores, profesionales de la construcción y gobiernos. De esta manera hay que asegurar que continúe siendo una opción viable y eficaz en el futuro de la construcción sostenible.

4.1.7. Interpretación de resultados.

Las evaluaciones realizadas en el sistema constructivo quincha cumple con múltiples ventajas sostenibles, han podido ser analizadas a lo largo de la investigación y de la realización de la metodología ACV, las cuales se detallan a continuación:

4.1.7.1. Uso de materiales sostenibles.

Los materiales utilizados en la quincha y específicamente dentro del caso estudio investigado, cuentan con origen local y renovable, de fácil disponibilidad en la región, reduciendo la necesidad de transporte de materiales de construcciones de largas distancias. Esto a su vez reduce en gran medida las emisiones de CO₂ en transporte y extracción de material.

Materia prima utilizada, como la tierra, es un recurso abundante y renovable y la madera y la caña pueden ser cosechadas con una gestión apropiada y sostenible y cualquier material no utilizado puede ser reciclado, reutilizado o, en el caso de acabar como residuo, puede descomponerse naturalmente.

A pesar de tener un impacto moderado en la extracción de los materiales (en donde uno de los resultados más altos se encuentra la madera), esto se ve compensado por los beneficios ambientales de los elementos presentes en método constructivo quinchá, los cuales abarcan: alta duración, bajo o nulo porcentaje de contaminación, bajo consumo de energía en las fases de su ciclo de vida y con un alto valor cultural en las comunidades locales.

4.1.7.2. Reducción de residuos.

En todas las fases del sistema constructivo quinchá, cuenta con la posibilidad de un bajo porcentaje de residuos, esto se debe a los materiales naturales utilizados y la buena gestión de estos implementada por los habitantes locales, que, como se ha mencionado. En la entrevista realizada al maestro de obras Vergara, en donde señala como es la costumbre del aprovechamiento de los elementos de una construcción para la creación de una nueva estructura.

Los materiales utilizados tienen un alto grado de aprovechamiento (ver gráfico 12), por ejemplo, la caña, al ser de rápido crecimiento, pueden cosecharse en las longitudes adecuadas, lo cual minimiza los recortes y desperdicios, lo mismo pasa en el caso de la madera. Y en caso de existir sobrantes en la construcción, estos pueden ser utilizados en otras partes del proyecto o en la reparación y mantenimiento de la estructura. Fomentando un ciclo cerrado en donde pueda establecerse una reinserción de los componentes en el sistema gracias al reciclaje y reutilización de estos.

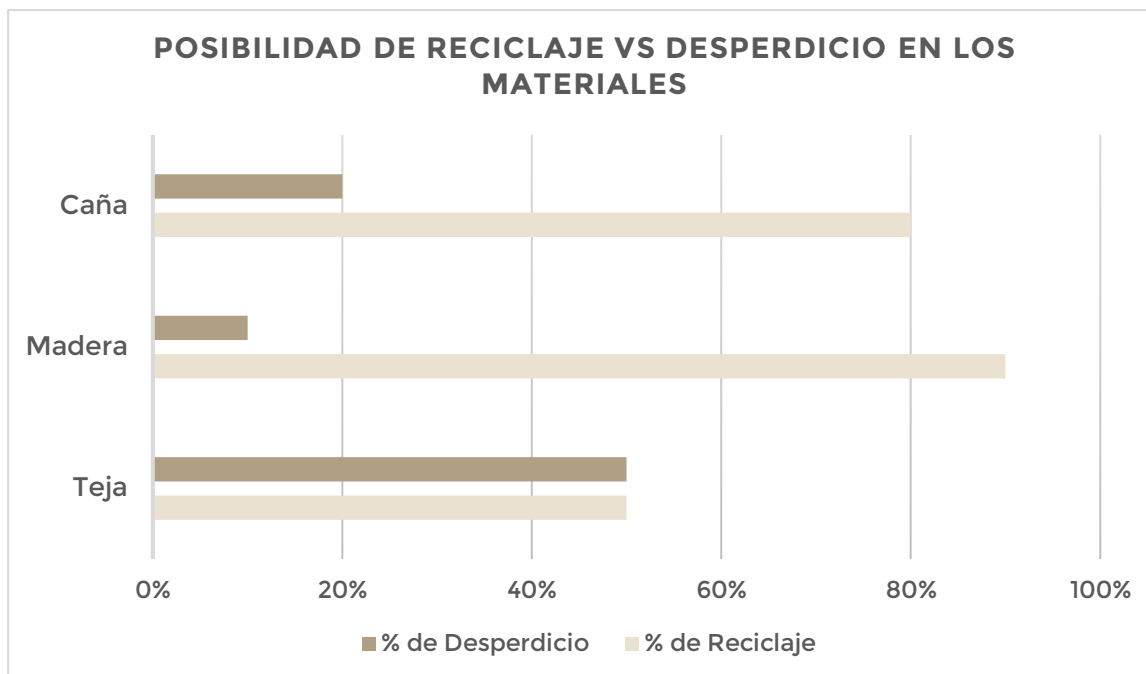


Gráfico 12: Posibilidad de reciclaje vs desperdicio en los materiales utilizados en el Tribunal de Pedasí y el Tribunal de Tonosí. [Realizado por autor]

En resumen, la construcción en quincha ha mostrado cumplir con muchos de los elementos necesarios para ser considerado un método constructivo que brinde un mejor comportamiento hacia el medio ambiente, como los son: el uso de materiales sostenibles, menor consumo energético y una óptima gestión de los residuos al finalizar la vida útil. Sin embargo, sigue teniendo complicaciones dentro de su ciclo de vida como en ciertos parámetros utilizados para la realización de una edificación con este método. Es necesario crear planes de mejoramiento para asegurar una larga durabilidad de sus elementos como reducir las dificultades presentes en el sistema.

4.2. CASO COMPARATIVO: ACV DE UNA CONSTRUCCIÓN CON MATERIALES INDUSTRIALES.



Imagen 31: Fachada frontal del TE de Tonosí. [Foto brindada por la Arq. Vanessa Arjona. Inspectora de Azuero. Dirección de Infraestructura]

4.2.1 Objetivos.

Para realizar una comparativa con los resultados obtenidos del ACV a una construcción de quincha (Caso estudio: TE de Pedasí), se tomó como caso comparativo al tribunal electoral de Tonosí, en el cual se utilizó el mismo plano que el de Pedasí, por lo que ambos comparten las mismas dimensiones, con la diferencia en los elementos que componen las paredes, ya que en la de Tonosí se utilizaron bloques de cemento.

El objetivo principal será hacer una investigación general sobre las emisiones asociadas a la construcción con bloques de cemento (TE de Tonosí) y como objetivo secundario crear

comparativas en base a los resultados obtenidos en el ACV de una construcción de quincha (TE de Pedasí).

4.2.2. Límites del sistema.

Para el cálculo del ACV del TE de Tonosí serán analizados los materiales utilizados en la estructura principal de la construcción. En esta edificación se comparten los mismos elementos que el TE de Pedasí, dentro de los cuales están los pilares de madera y el techo de teja. Estos componentes al tener las mismas dimensiones, los cálculos arrojarían los mismos datos, por lo que el foco estará en los bloques de cemento presentes en las paredes. Se analizará de manera superficial las emisiones de CO₂ presentes en todas las fases del ciclo de vida. No se considerarán acabados como el repello o las baldosas. Este análisis plantea entender los impactos ambientales asociados a la construcción con bloques de cemento para crear comparaciones finales con lo visto en el ACV del TE de Pedasí (quincha).

4.2.3. Alcances.

Se analizará, principalmente, el ciclo de vida de los bloques de cemento presentes en el TE de Tonosí, desde “la cuna a la tumba” en donde se considera: Extracción de material, etapa de uso, fin de vida.

4.2.4. Evaluación de impactos.

La metodología ACV aplicada en el TE de Tonosí, tiene como objetivo conocer los impactos ambientales dentro del ciclo de vida de uno de los materiales industriales presentes en su estructura, el cual sería el bloque de cemento. Para poder identificar los impactos relacionados y crear comparativas con el TE de Pedasí (construcción de quincha), se englobará los siguientes

puntos, tomando como referente los indicadores propuestos en la norma EN 15643-2 (CEN, 2011) y los cuales fueron igualmente utilizados en el TE de Pedasí:

- Impactos asociados a la extracción y producción: agotamiento de recursos (renovables y no renovables), potencial de calentamiento global.
- Impactos asociados al uso: uso de energía no renovable, uso de combustibles.
- Impactos asociados al fin de vida: Componentes para su reutilización, materiales para el reciclaje, residuos peligrosos y residuos no peligrosos.

4.2.4.1. Producción de materiales: Emisiones asociadas.

El conocer la cantidad de emisiones de CO₂ requerida para un bloque de cemento es difícil de determinar partiendo del hecho que se trata de un producto compuesto de varios elementos, todos con sus propios impactos en su extracción. Para concretar un estimado de la huella de carbono de estos elementos, es necesario entender su composición como la procedencia de los materiales. Una vez señalados los componentes de un bloque de cemento y las cantidades utilizadas en el TE de Tonosí, se les asignará un factor de emisión (kg de CO₂ por kg de material extraído) para conocer las emisiones de carbono totales asociadas. A continuación, se detallarán algunos de los datos investigados para entender lo que abarca la producción de un bloque de concreto:

Existen tres elementos principales necesarios para producir un bloque de concreto, estos son: cemento, arena y grava. El primero es uno de los grandes responsables del dióxido de carbono (CO₂) ocupando entre el 4% y 8% a nivel mundial según lo expresado por Watts en el sitio web “*el Diario*”. En su producción, cada kilogramo de cemento producido se libera casi 1 kg de

CO₂. Este material representa generalmente entre el 10 al 15% del peso de un bloque de concreto típico.

Seguido está la arena y la grava, que equivale entre del 25% al 35% y el 50% (respectivamente) restantes de un bloque de cemento, en su extracción se crea una insostenible explotación a los ecosistemas, en donde según datos dados por la Organización de las Naciones Unidas, ONU y que es citado en diferentes fuentes como el sitio web BBVA o en el estudio realizado por Álvarez y Ravelo (2020), se extraen alrededor de 50 mil millones de toneladas al año, siendo un agente contaminante como de un principal influyente en problemas ambientales como lo son el empeoramiento de las sequías o el agotamiento de los acuíferos. Se estima que la extracción de una tonelada de arena puede liberar alrededor de 1.25 toneladas de CO₂ y al ser un material es fundamental en muchas construcciones, su demanda es mucho más alta de lo que el planeta puede producir o soportar.

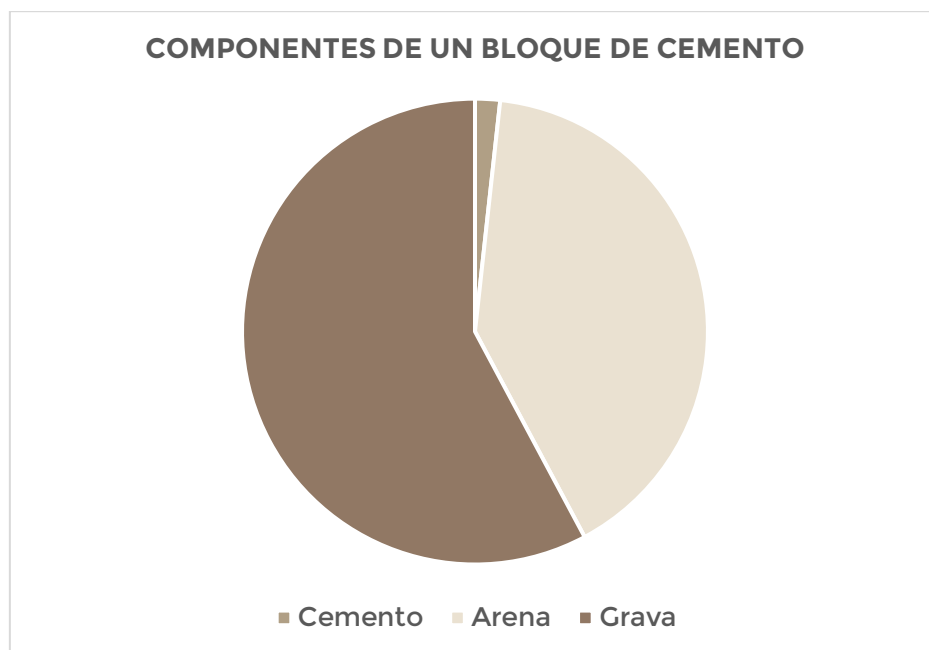


Gráfico 13: Porcentajes de los materiales necesarios para la elaboración de un bloque de cemento. [Realizado por autor]

En Panamá, en el Informe del Estado del Ambiente (2019) se resalta como las principales ocupaciones del litoral están destinadas a las mineras de carácter puntual en el Caribe y de cómo estos han sido la causa de problemas ambientales preocupantes en las playas como el caso de la extracción de arena en Punta Chame y en el sector del archipiélago de Las Perlas (Agencia de Noticias Panamá, 2023). Estas extracciones, sin las debidas medidas de manejo responsable y moderado, provoca zonas erosionadas como una alarmante disminución de las franjas de las playas. Esto resalta la urgencia de buscar la reducción del uso de arena y demás minerales no metálicos como de buscar medios alternativos para el sector de la construcción.

Estos materiales contaminantes, generan un subproducto a su vez contaminante, cuyo desperdicio es muchas veces inevitable, además de la poca viabilidad en su reciclaje, sumando al ciclo abierto de los materiales y perpetuando el desgaste de los ecosistemas.

El bloque de concreto en sí mismo, existen diferentes estudios en donde se calculan las emisiones de CO₂ del concreto, pero un punto clave es el proceso utilizado en su producción, en donde está el mayor impacto ambiental que incluye la extracción de la materia prima y subproductos necesarios, como la mezcla y fabricación de bloques.

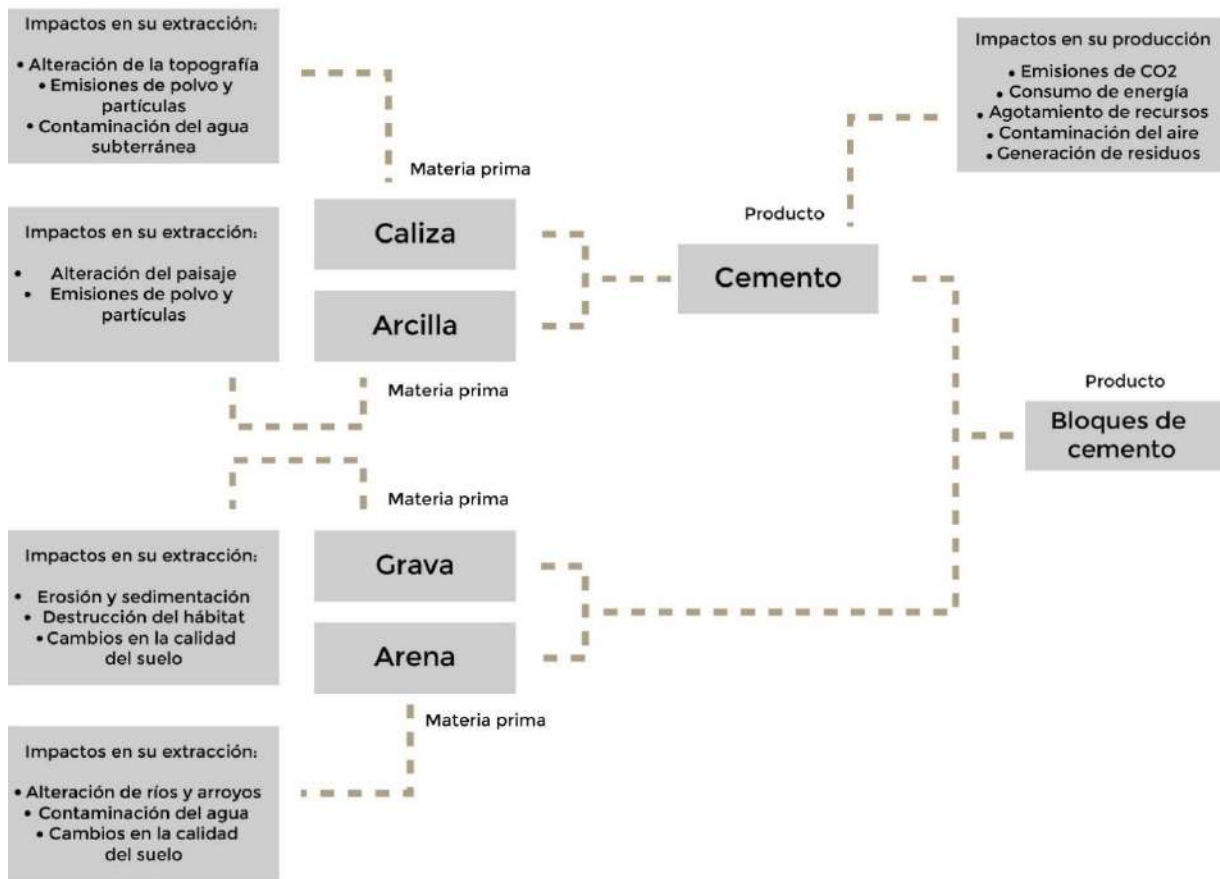


Gráfico 14: Resumen de los impactos ambientales asociados a la extracción de la materia prima necesaria para la elaboración de un bloque de cemento. [Realizado por autor]

Para la realización del método ACV de los bloques de cemento utilizados en el Tribunal Electoral de Tonosí, se tomó en cuenta los datos ofrecidos por Ramsden (2020) acorde al *National Ready Mixed Concrete Association* se estima que, por cada libra de cemento producido, se libera 0.93 de CO₂, esto se debe a que durante el proceso producción del cemento, al someterse a grandes temperaturas para su elaboración y a las reacciones químicas producidas al hacer la mezcla. Los kilogramos conseguidos para el cálculo se realizaron considerando que: En un bloque de cemento, el cemento representa el 15%, este se multiplica por el peso total de los bloques utilizados en el TE de Tonosí (en total unos 408 kg en bloques de cemento).

Fase 1: Producción de material - TE Tonosí					
Material	m3	Kilogramos	Kg CO2/Kg	Kg CO2 total	Ton CO2
Cemento (% para producir)	---	61.2	0.9	55.08	0.05508

Cuadro 11: Cálculos sobre las emisiones de CO2 en la producción de cemento requerido para la elaboración de los bloques de cemento en el TE de Tonosí. [Realizado por autor]

4.2.4.2. Transporte: Emisiones asociadas a gasolina consumida.

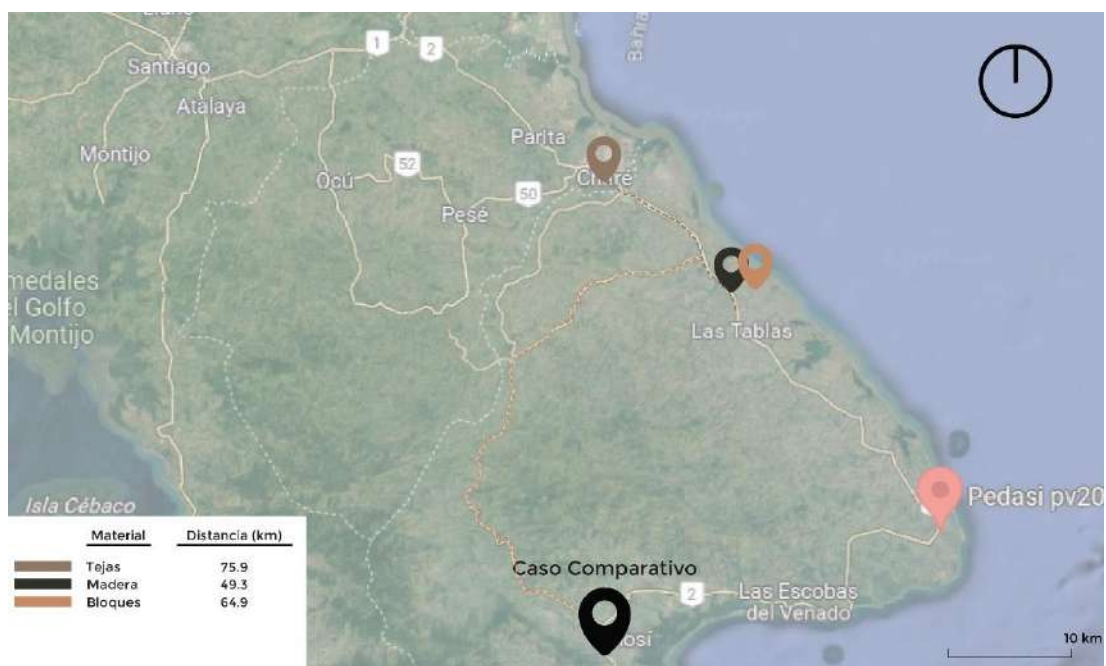


Imagen 32: Diagrama de distancias de extracción y distribuidor de material a la ubicación del caso comparativo TE de Tonosí. [Realizado por autor]

Para realizar el cálculo de las emisiones de CO2 de transporte de materiales, se debe conocer las distancias recorridas por estos materiales como establecer un factor de emisión aplicable a este caso. Se utilizará el mismo indicador del TE de Pedasí, extraído del sitio web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en donde establece que, por cada litro de gasolina consumido, un vehículo emite en promedio 2.35 kg de CO2. Por cada 100 km recorridos, se consume un litro de gasolina.

El recorrido que deben hacer los bloques de cemento desde su lugar de distribución (Ver imagen 32) hacia el sitio de construcción se encuentra por debajo de los 100 km, por lo que sus emisiones de CO₂ por litro de gasolina consumido, serán relativamente bajos. Sin embargo, debe considerarse el recorrido previo que realiza el material antes de ser conseguido por el distribuidor (contando desde sitio de extracción de la materia prima, hasta su producción y desde producción a distribuidor).



Imagen 33: Diagrama de distancias del recorrido de los bloques de cemento desde los sitios de extracción a su lugar de producción, distribución y finalizando con el sitio de construcción (caso comparativo TE de Tonosí). [Realizado por autor]

Un bloque de cemento es un material de construcción compuesto, por lo que se toman los componentes que lo conforman como lo son la arena, grava y cemento y se desglosan sus sitios de procedencia. Los dos primeros se extraen desde las canteras hasta llegar al lugar de producción, para posteriormente ser llevado al distribuidor donde fueron comprados los materiales para el Tribunal Electoral de Tonosí y, finalmente, la distancia hasta el sitio de construcción.

Según la información encontrada en el Informe Ambiental de la minería en Panamá (2008) se registra la extracción de la arena en la costa Pacífica entre Coclé y Panamá, mientras que el resto de los materiales pétreos necesarios para la construcción se pueden extraer dentro de la ciudad de Panamá, Herrera, Los Santos y en Chiriquí (específicamente en David). Existen varias canteras a lo largo de las provincias de Panamá, Colón y Coclé, entre estas están: Cantera Gonzalillo, Cantera Tuta Fuente de tosca, Cantera La Moña, Cantera Vacamonte, entre otras.

Al no conocer, con exactitud, al proveedor de bloques de cemento o la cantera de donde se ha extraído el material, se aplicará la misma distancia vista en la tesis de Clemente (2015) en el capítulo 5 “*Guía de evaluación: criterios de sostenibilidad*” en donde se establece que para materiales cuyas distancias no puedan ser verificadas, pero sean de origen nacional, se considerará la distancia de 100 km.

Para el productor de cemento y bloques se consideró la empresa CEMEX cuya minera y centro de producción de material para construcción se localiza en la ciudad y se distribuye hacia la península de Azuero con el Centro de distribución CEMEX Azuero (Ver imagen 33).

Aunque el proveedor utilizado en el TE de Tonosí está a una distancia ideal con respecto al sitio de construcción (lo más cercano al sitio) componentes como lo son la arena, grava o el cemento requieren de un consumo mucho mayor de energía para su transportación y existe una alta probabilidad de que estos estén a una distancia aun mayor que la del producto final. Generando mayores emisiones de CO₂ por litro de gasolina consumido que aquellos materiales extraídos y trabajados cerca del sitio de construcción como ocurre en el caso estudio (TE de Pedasí – construcción en quinchá).

Fase 2: Transporte (Extracción a producción) - TE Tonosí				
Material	Distancia (km)	Factor de emisión (Kg CO2/L)	Litros consumidos	Emisiones de CO2 (kg de CO2)
Grava	100	2.35	1	2.35
Arena	100	2.35	1	2.35
Fase 2: Transporte (Producción a distribuidor) - TE Tonosí				
Bloque de cemento	292	2.35	2.92	6.862
Fase 2: Transporte (Distribuidor a construcción) - TE Tonosí				
Bloque de cemento	64.9	2.35	0.649	1.52515

Cuadro 12: Cálculos sobre las emisiones de CO2 del tribunal de Tonosí en la fase transporte desde extracción hacia producción, distribuidor y construcción de su ciclo de vida. [Realizado por autor]

4.2.4.3. Construcción: Residuos in situ.

Dentro de la construcción del TE de Tonosí, en donde las paredes fueron hechas con bloques de cemento, se le asignó un porcentaje de pérdida de material mínima del 5% y un 30% para su reciclaje, que, según lo investigado, es viable, pero tiene la desventaja de ser un proceso complejo debido a la necesidad de trituración y procesamiento del material además de que se debe contar con instalaciones de reciclaje adecuadas. No es una práctica en la que se tenga una gestión apropiada y estipulada, sin mencionar que es poco común dentro de la región. (Ver cuadro 13)

Fase 3: Construcción (Residuos in situ) - TE Tonosí					
	Sobrante (%)	Cantidad (Kg)	% de Reutilización	Reciclaje (kg)	Vertido (kg)
Bloque de concreto	0.05	20.4	0.3	6.12	14.28

Cuadro 13: Cálculos sobre las emisiones de CO2 del tribunal de Tonosí en la fase de construcción de su ciclo de vida. [Realizado por autor]

4.2.4.4. Uso: Mantenimiento

Para los bloques de cemento utilizados en el TE de Tonosí, el mantenimiento es menos frecuente que el realizado para el TE, en quinchá, de Pedasí. Si la estructura tiene la construcción y el manejo adecuado, tendrá un buen periodo de vida útil, sin necesitar cambios importantes del material, por lo que la posibilidad de reemplazos por año es considerablemente baja, alrededor del 1%

Para el cálculo se realizó la misma operación y análisis visto en el ACV del TE de Pedasí en donde las estimaciones en reemplazos son por año, considerando la cantidad (kg) total de material empleado en la construcción y la energía empleada necesaria para efectuar los reemplazos, la cual es la misma que la de su colocación. Se multiplica la cantidad del material del reemplazo por el coeficiente de emisiones de CO₂ por Kg de CO₂. El resultado nos da los kg de CO₂ totales en reemplazos realizados por año. (Ver cuadro 14)

Fase 4: Mantenimiento - TE Tonosí					
Materiales	Reemplazo (%)	Cantidad (kg)	Energía	Emisiones	kg CO ₂ total
Bloque de concreto	0.01	4.08	1.3	0.2	0.816

Cuadro 14: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Tonosí en la fase de mantenimiento de su ciclo de vida. [Realizado por autor]

4.2.4.5. Fin de vida: Derribo.

En esta fase, los bloques de cemento tienen la desventaja de tener una baja probabilidad de reciclaje al finalizar su vida útil. No es una gestión imposible, pero sí costosa y no practicada, por lo que, en el caso de poder evitarse la utilización de este material, será necesario establecer una gestión apropiada desde la concepción de diseño y evitar su desperdicio teniendo las cantidades apropiadas para, por ejemplo, las cimentaciones del terreno.

Para el cálculo de emisiones relacionadas con la fase del derribo de una construcción con bloques de cemento se utilizaron los porcentajes de posibilidad de reciclaje utilizados en la fase de mantenimiento, separando los materiales en donde es posible su reutilización directa de los de reciclaje, ese porcentaje se multiplica por la cantidad (kg) de material utilizado en la construcción, esto nos da una cantidad en kilogramos de material reutilizado y/o reciclado y el resto es considerado residuo vertido. (Ver cuadro 15)

Fase 5: Derribo - TE Tonosí					
Materiales	Reciclaje		Reutilización		Residuo
	Porcentaje	Peso	Porcentaje	Peso	Peso
Bloque de cemento	0.3	122.4			285.6
			Total de material reciclado		122.4
			Total de material vertido		285.6

Cuadro 15: Cálculos sobre las emisiones de CO₂ del tribunal de Pedasí en la fase de derribo de su ciclo de vida. [Realizado por autor]

4.2.5. Interpretación de resultados.

			MATERIALES
IMPACTOS			Bloques
Cambio climático	A1.1	Emisiones de CO2 *	0
	A1.2	Uso de materiales y componentes locales	0
	A3.1	Energía no renovable embebida en los materiales	0
	A4.1	Distancia hacia obra de los componentes del sistema	-1
Contaminación atmosférica	A1.1	Emisiones de CO2 *	-1
	A4.1	Distancia hacia obra de los componentes del sistema	5
Agotamiento de energía	A1.2	Uso de materiales y componentes locales	0
	A3.1	Energía no renovable embebida en los materiales	0
	A5.1	Simplicidad de montaje	-1
	A5.2	Fachadas ventiladas y fachadas ventiladas activas	3
	A5.3	Construcción en capas independientes	-1
	A5.4	Grado de industrialización del sistema	3
	A5.5	Uniones mecánicas rápidas y desmontables	-1
	B1.1	Durabilidad de los componentes principales	5
	B2.1	Estrategias de mantenimiento	5
	C1.1	Simplicidad de desmontaje	-1
Generación de residuos	B4.1	Uso de materiales reciclados	-1
	B4.2	Uso de materiales reciclables	0
	C3.1	Residuos sólidos	-1
	C3.2	Residuos peligrosos	0
	C3.3	Residuos reciclables	-1
			12

-1 = Prácticas inaceptables 0 = Prácticas aceptables 3 = Prácticas más que aceptables 5 = Mejores prácticas.

Cuadro 16: Estimación de los impactos ambientales en todas las fases del ciclo de vida del caso comparativo Tribunal de Tonosí. [Realizado por autor]

En el cuadro 16 “*Estimación de los impactos ambientales en todas las fases del ciclo de vida del caso comparativo Tribunal de Tonosí*” se concluyó que, para un bloque de cemento, su resultado es de 12 puntos sobre 105, lo cual es muy por debajo de lo observado en los materiales de una construcción en quinchá (44 puntos sobre 105 con respecto a la paja).

Los bloques de cemento utilizados en el tribunal de Tonosí tienen una mayor ventaja por su gran durabilidad y resistencia como su bajo mantenimiento y simplicidad de montaje. Sus desventajas

abarcen las malas gestiones de residuos y la provocación de impactos ambientales como la contaminación atmosférica, cambio climático y el agotamiento de energía debido a la extracción y producción de sus elementos. La mayor cantidad de emisiones de CO₂ están asociadas a su extracción de materia prima de los elementos lo conforman, los cuales son grandes contaminantes a nivel mundial debido a su gran demanda actual en el sector de la construcción ocasionando alteraciones hostiles en los ecosistemas como en el paisaje, siguiendo con largas distancias entre su extracción – producción – distribución – sitio de construcción, utilizando mayor energía y litros de gasolina.

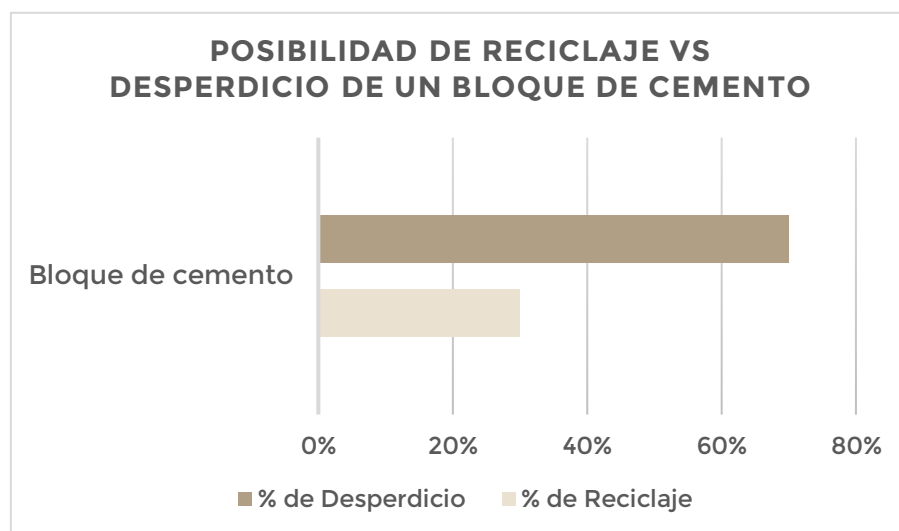


Gráfico 15: Posibilidad de reciclaje de un bloque de cemento, presentes en las paredes del tribunal de Tonosí. [Realizado por autor]

Otra desventaja es su baja probabilidad de reciclaje al finalizar su vida útil, en el que, como se ha mencionado anteriormente, es un proceso costoso y no practicado, lo cual dificulta el aumento de su sostenibilidad como material constructivo. Algunas posibles opciones para su mejoramiento están:

- Fomentar la minimización de desperdicio durante la producción como en la construcción con bloques de cemento.
- Uso de materiales alternativos al cemento de bajo carbono o con menor contenido de Clinker
- Promover la utilización de energía renovable para alimentar las operaciones de fabricación de cemento y bloques.

4.3 COMPARATIVA DE LOS CASOS DE ESTUDIO

Al revisar la investigación realizada como los resultados de los cálculos en ambos análisis ACV del método constructivo quinchá y de un caso comparativo con materiales industriales, es importante crear comparativas para entender las problemáticas de los sistemas como las ventajas y las posibilidades de mejora en su sostenibilidad.

4.3.1 Impactos ambientales asociados. Ventajas y desventajas de los casos de estudio.

Los edificios con materiales como los bloques de cemento han demostrado tener un mayor impacto dentro de las fases de extracción como de transporte, ya que requieren de mayor energía y, por lo tanto, mayores emisiones de CO₂. Vemos cómo, solo en la producción de cemento presente en los bloques de cemento se requiere de:

- Gran consumo de energía para lograr el calor necesario para su producción y esto a su vez libera cantidades severas de emisiones de CO₂.
- En la extracción de arena y grava crea problemas ambientales como la pérdida de biodiversidad, alteración y disminución de la franja litoral de nuestro país, erosión de los suelos.
- Generación de residuos debido a la presencia de materiales pétreos los cuales no se reciclan y crean problemas para manejar de manera sostenible.

Por otro lado, el sistema constructivo quinchá tiene en sus desventajas el riesgo en la pérdida de biodiversidad debido al uso de la madera presente en la estructura principal o el uso de arcilla que, al ser un mineral no metálico, también tiene un impacto moderado en su extracción, pero

estos son relativamente menores en comparación a los causados con materiales industriales o si se sopesan las ventajas ambientales del propio sistema quinchas como lo son:

- Uso de materiales locales accesibles a la población y cercanos a los sitios de construcción, requiriendo de menor energía en transporte.
- Materiales como la caña o el bambú presentes en el entramado son de rápido crecimiento, facilitando su reforestación.
- Los materiales utilizados tienen la posibilidad de una segunda vida útil, lo cual favorece el establecimiento de un ciclo cerrado en la construcción.
- La tierra y las fibras naturales (bejuco) utilizados en el sistema cuentan con emisiones bajas o nulas, dándole una mayor ventaja en sostenibilidad en comparación con otros sistemas industrializados.

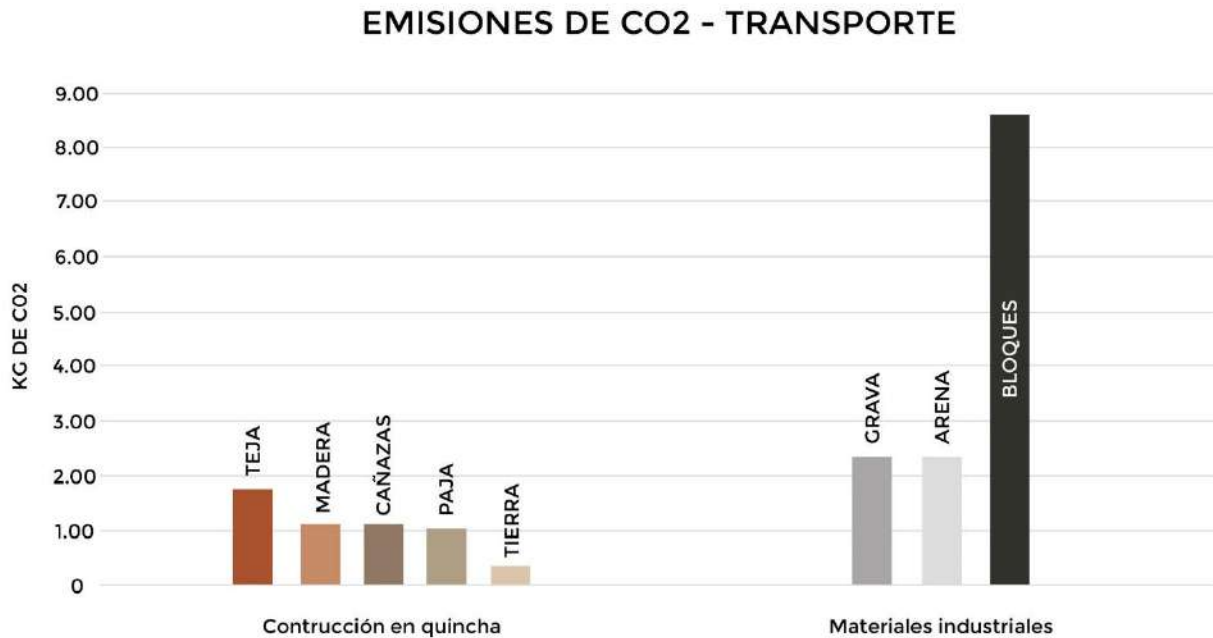


Gráfico 16: Gráfico comparativo de las emisiones de CO2 de los materiales en una construcción en quincha y materiales industriales en la etapa de transporte [Realizado por autor]

4.3.2 Durabilidad de los materiales y fin de vida.

Un punto importante es observado en la población al comparar el sistema constructivo quincha y los sistemas con materiales industrializados es su durabilidad. Al llegar la modernidad, los materiales industriales han sido el símbolo del progreso, por lo que todo material natural ha sido desplazado en su gran mayoría y se ha puesto una etiqueta de atraso y con poca resistencia en el tiempo. Sin embargo, y como puntúa el reporte “*Materiales de construcción y el clima: Construyendo un nuevo futuro*” (2023) muchas de las construcciones contemporáneas están diseñadas para su obsolescencia, ya que estas edificaciones, teniendo una vida útil promedio de 50 años, no están planificados para alargar este periodo de tiempo priorizando el reúso o el fácil desmontaje.

Sin embargo, en el método constructivo quincha, la reutilización de materiales es parte del conocimiento de las comunidades locales. En donde la madera, las tejas como la propia tierra presente en las paredes puede tener una reutilización directa o un proceso de reciclaje para su posterior uso. Este debe ser el objetivo de un sistema constructivo sostenible.

No obstante, para asegurar la durabilidad de los materiales utilizados en las construcciones de quincha es vital contar con la información adecuada de las condiciones se requieren para que los materiales no perezcan por la humedad o la exposición directa de los elementos como la lluvia o el sol.

En el gráfico 15 *“Puntuación de materiales en su ciclo de vida”*, se comparan los resultados entre los materiales utilizados en una construcción en quincha y los materiales industriales. A mayor puntaje, mejores prácticas se han realizado a lo largo del ciclo de vida del material, lo que incluye bajas emisiones de CO₂, cercanía de los materiales al sitio de construcción, posibilidad de reutilización directa o reciclaje, facilidad en montaje y desmontaje. La teja obtuvo la puntuación más alta, yendo en ascenso desde su etapa de producción hasta su etapa de construcción, para luego descender hasta llegar a su fin de vida. Por otro lado, los bloques de cemento obtuvieron la puntuación más baja, con su puntaje más alto en la etapa de uso y construcción debido a su facilidad de montaje y bajo mantenimiento. Sus puntos más bajos se encuentran en la etapa de producto y fin de vida, debido a su baja posibilidad de reutilización y reciclaje, así como a las grandes emisiones de CO₂ asociadas a su producción y extracción

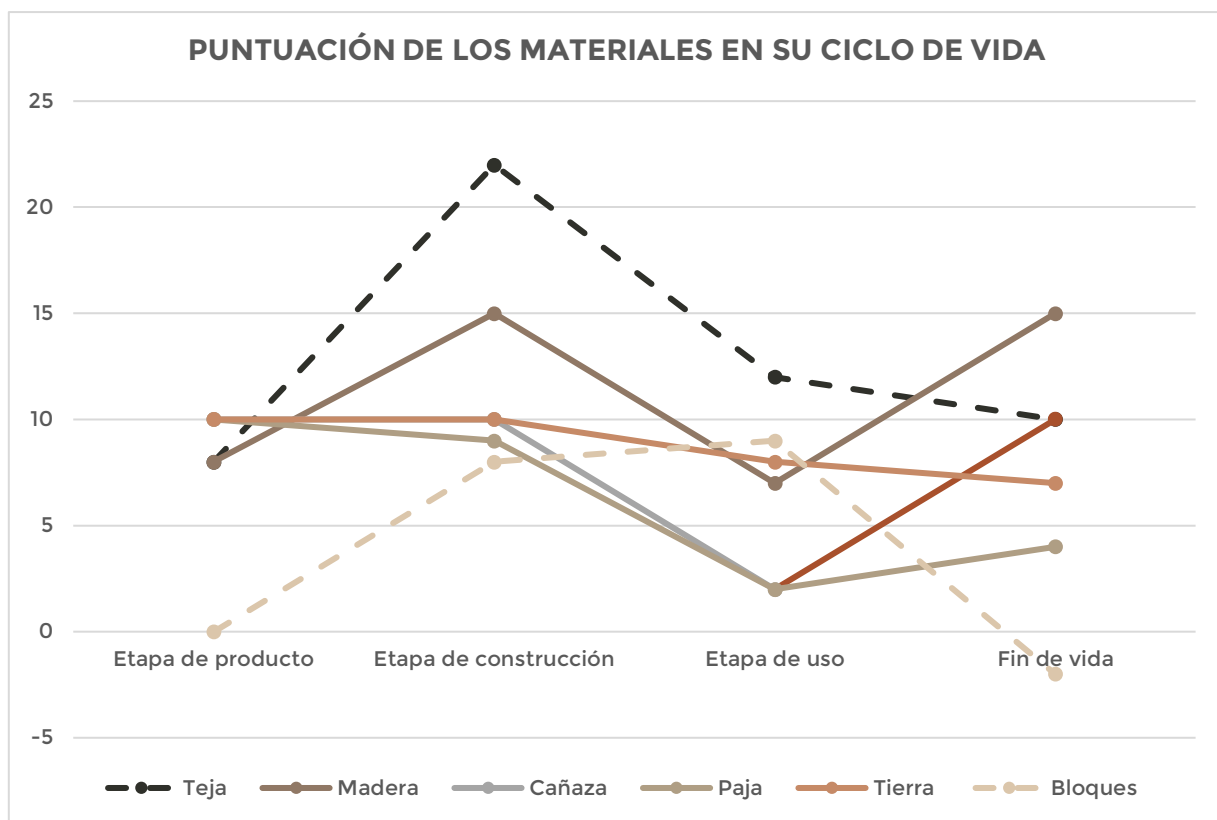


Gráfico 17: Puntuación de los materiales estudiados en los TE de Pedasí (quincha) y Tonosí (materiales industriales) a lo largo de su ciclo de vida, en donde la teja tiene un mayor puntaje y el bloque de cemento el más bajo. [Realizado por autor]

CAPÍTULO 5: PROPUESTA PARA MEJORAMIENTO DE LA SOSTENIBILIDAD EN EL DISEÑO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO QUINCHA

5.1. HACIA UN MEJORAMIENTO DEL SISTEMA.

El método constructivo quincha, un método constructivo que puede y ha demostrado tener un gran potencial para contribuir a la sostenibilidad ambiental y al bienestar de las comunidades y debido a una de sus características principales, la cual es la flexibilidad y adaptabilidad de su sistema, que puede maximizar sus beneficios ambientales como opción hacia una arquitectura sostenible, como señala Navarro (1986) el verdadero desafío enfrenta los profesionales y técnicos en el sector de la construcción recae en no eliminar lo existente, sino el introducir mejores técnicas que puedan permitir el uso de la tierra en la construcción. Para esto deben eliminarse los prejuicios como las desventajas puedan darse cuando no se toman las medidas y precauciones requeridas.

Existen preocupaciones a tomar en cuenta dentro del diseño de este sistema, al ser un método constructivo pasado de generación en generación, existe la posibilidad de la falta de destreza al construir debido a ciertas carencias de los criterios arquitectónicos que ayuden al buen desempeño de estas estructuras.

5.2. RECOMENDACIONES DE DISEÑO.

Uno de los mayores retos de la construcción con tierra en Panamá, es el clima, específicamente la humedad de nuestro país como las fuertes lluvias que son una constante la mayor parte del año. Los materiales utilizados han probado su adaptabilidad como durabilidad, pero esta última dependerá completamente de la protección adecuada contra los elementos.

5.2.1. Protección de la madera estructural

La madera es un material ampliamente utilizado en la construcción debido a su versatilidad y características favorables, pero también es susceptible a daños por factores como la humedad, los insectos y el fuego. Por lo tanto, es crucial implementar medidas de protección para garantizar la durabilidad y la seguridad de las estructuras de madera. Aquí hay algunas formas comunes de protección de madera estructural:

- **Tratamientos contra insectos y hongos:** La madera es vulnerable a los insectos como termitas y a la acción de hongos que pueden degradarla con el tiempo. Para prevenir estos problemas, se aplican tratamientos químicos a la madera. Uno de los tratamientos más comunes es la impregnación de la madera con productos químicos protectores, como el boro o el cobre, que actúan como agentes repelentes de insectos y hongos. Los pesticidas e insecticidas deben tener baja toxicidad. El boro, en particular, es más barato y común para el tratamiento de hongos e insectos, tiene la ventaja de ser posible su reutilización (no indefinidamente, pero si una buena cantidad de veces) y cualquier solución residual puede diluirse un usarse de manera segura (Kaminski, 2013).
- **Selladores y pinturas:** La aplicación de selladores y pinturas específicas para madera puede protegerla de la humedad y los elementos. Los selladores penetran en la madera y la protegen contra la absorción de agua, lo que ayuda a prevenir la expansión y contracción que puede provocar grietas. Las pinturas crean una barrera física en la superficie de la madera, protegiéndola del agua y los rayos ultravioleta.
- **Maderas tratadas a presión:** En la construcción de madera, se utilizan maderas tratadas a presión. Este proceso implica colocar la madera en una cámara sellada y aplicar presión

para introducir productos químicos en la madera. Esto aumenta su resistencia a la humedad y/o los insectos.

- Barrera de vapor y aislamiento: La colocación de una barrera de vapor y un aislamiento adecuado en las paredes y techos puede prevenir la condensación de humedad en la estructura de madera y reducir el riesgo de daños por humedad.
- Protección contra el fuego: Para prevenir la propagación del fuego, se pueden aplicar productos ignífugos o retardantes de llama en la madera. Estos productos retrasan el avance del fuego y proporcionan un tiempo adicional para la evacuación.
- Diseño adecuado: Un diseño adecuado de la estructura puede ayudar a proteger la madera de la exposición excesiva a la humedad. Esto incluye la elección de métodos de construcción que minimicen la retención de agua y el drenaje adecuado para eliminar el agua que pueda acumularse. Diseño de un techo proteja la estructura utilizando aleros de un metro (1 m) o metro y veinte centímetros (1.20 m).

Al igual que la madera, la cañaza debe tener un proceso contra insectos y hongos y dentro del libro, al igual que el maestro de obras entrevistado hacen énfasis en secamiento de la madera y la cañaza antes de su transporte. El Sr Vergara explica debe hacerse en época menguante en donde la madera tiene menos humedad almacenada en su interior, lo que evita la producción de hongos, provocando el debilitamiento o fallas de los elementos y el acortamiento de su vida útil.

5.2.2. Protección de las paredes.

La protección de paredes de quincha es esencial para mantener la integridad y durabilidad de las estructuras construidas con esta técnica tradicional. Dado que la quincha implica el uso de materiales naturales como cañas y barro, es especialmente importante proteger estas paredes

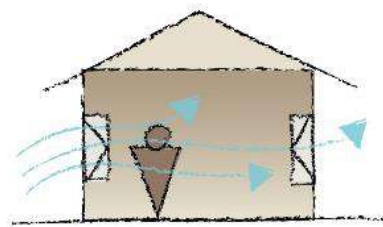
contra factores como la humedad, la erosión y los insectos. Algunas estrategias comunes para la protección de las paredes son las siguientes:

- **Revestimientos de barro y cal:** Una forma tradicional de proteger las paredes de quincha (y que ha sido referenciada por el maestro de obras Francisco Vergara) es la aplicación de revestimientos adicionales de barro mezclado con cal. Esta mezcla no solo mejora la apariencia estética, sino que también proporciona una capa adicional de protección contra la intemperie y la humedad. La cal actúa como un agente impermeabilizante y ayuda a prevenir la erosión del barro en las paredes, es de rápido secado y endurecimiento. Se recomienda la cal natural sin adiciones para minimizar las emisiones de CO₂ en su producción.
- **Pinturas y selladores naturales:** La aplicación de pinturas y selladores naturales ayudando a proteger las paredes de quincha contra la absorción excesiva de agua y la erosión. Pueden utilizarse aceites naturales o mezclas de aceites y ceras para crear una barrera protectora en la superficie de la quincha.
- **Tratamientos contra insectos y hongos:** Es importante asegurar el repello de las paredes con suelo-cemento como acabado de cal, con tal de crear una superficie dura, sellando la entrada de insectos. Todas las esquinas y uniones deben ser óptimamente diseñadas para evitar la introducción de insectos o alimañas (Navarro, 1986).
- **Protección contra la erosión:** Las paredes de quincha pueden ser vulnerables a la erosión causada por la lluvia y el viento. Plantar vegetación alrededor de la estructura puede ayudar a reducir la erosión y proteger las paredes de quincha de la acción directa de los elementos, como también proveer un acabado resistente.

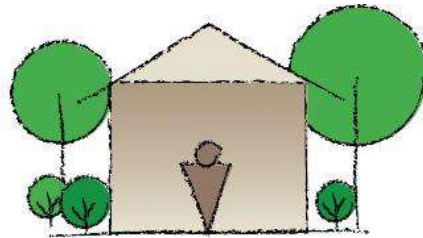
- **Mantenimiento regular:** La inspección y el mantenimiento regulares son esenciales para detectar y abordar cualquier problema potencial a tiempo. Esto incluye la reparación de grietas, la renovación de revestimientos y la aplicación periódica de tratamientos protectores.
- **Diseño adecuado:** Un diseño adecuado de la estructura también puede contribuir a la protección de las paredes de quincha. El techo debe ser diseñado de tal manera que proteja las paredes de la lluvia y la irradiación solar, en recomendación de Navarro (1986) debe tener por lo menos de 3 o 4 metros. La base de las paredes debe tener una altura de 3 bloques de concreto de 8" por el nivel del suelo, por su parte y en palabras de Kaminski (2016) se debe elevar la estructura con un mínimo de 20 centímetros, idealmente 40 centímetros por lo menos. La ventilación cruzada debe ser un punto esencial en el diseño de una construcción en quincha, la cual ayude a reducir la humedad de la edificación y por consiguiente mejorar el confort térmico interno.



Imagen 34a: Representación gráfica de las recomendaciones de diseño para una construcción en quincha. [Realizado por autor]



3. VENTILACIÓN CRUZADA



4. SE RECOMIENDA LA SIEMBRA DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS ALREDEDOR DE LA EDIFICACIÓN

Imagen 34b: Representación gráfica de las recomendaciones de diseño para una construcción en quinchá. [Realizado por autor]

5.2.3. Protección del techo de tejas

La protección del techo de teja ya sea en una estructura de quinchá o en cualquier otro tipo de construcción, es fundamental para garantizar la integridad y la durabilidad del techo, así como para prevenir problemas como filtraciones de agua, daños estructurales y deterioro prematuro.

Algunas consideraciones para su cuidado y mantenimiento abarcan:

- **Mantenimiento regular:** Es fundamental la realización de inspecciones periódicas del techo para identificar y abordar cualquier problema a tiempo. Se deben buscar las tejas que presenten grietas, roturas, desplazamientos o áreas dañadas que puedan permitir la entrada de agua. En el caso de ser solo desplazamientos, estas deben ser recolocadas en su posición y en el caso de presentar daños estas deben ser reemplazadas preferiblemente por tejas recicladas para fomentar las prácticas sostenibles como el ciclo cerrado de sus componentes.
- **Limpieza:** Dentro de las inspecciones periódicas de las tejas, esto debe incluir una limpieza en donde se elimine cualquier acumulación de suciedad, hojas, ramas y otros detritos que hayan podido darse en un plazo de tiempo. La limpieza evita que los materiales acumulados retengan la humedad y causen problemas a largo plazo.

- **Sellado de tejas:** Un cuidado adicional es la aplicación de un sellador especializado para tejas que pueda protegerlas contra la absorción de agua y la formación de moho y hongos. Este sellador también puede ayudar a mantener el color y la apariencia original de las tejas. En algunas construcciones vernáculas de Chile, se recomienda el uso de aceite quemado, el cual ayuda a extender la vida útil de la teja como de su impermeabilización.
- **Drenaje adecuado:** Las fuertes lluvias son un problema al que se enfrenta cualquier construcción del trópico y especialmente en nuestro país, es imperativo un sistema de drenaje eficiente para canalizar el agua de lluvia lejos de la estructura. Esto evita la acumulación de agua en el techo y reduce el riesgo de filtraciones.
- **Control de la vegetación:** De tener vegetación alrededor del techo, esta debe ser recortada y alejada para prevenir la acumulación de hojas y ramas que puedan retener la humedad y causar daños.
- **Aislamiento y ventilación:** Un buen aislamiento y un sistema de ventilación adecuado pueden ayudar a prevenir la condensación y la acumulación de humedad en el techo, lo que podría dañar las tejas y la estructura subyacente. Navarro (1986) señala cómo es preferible la instalación de un cielo raso sellado para un eficiente aislamiento.
- **Protección contra el viento:** En áreas propensas a fuertes vientos, se deben asegurar bien la sujeción de las tejas como el uso de clips para prevenir su desprendimiento.

El techo de teja implica un enfoque proactivo en la inspección regular, el mantenimiento adecuado y la reparación oportuna de problemas. Al tomar medidas preventivas y cuidar el techo de manera adecuada, puede prolongar su vida útil y mantener la integridad de la estructura en

general. Y una gestión apropiada puede asegurar su continuidad en su uso a través de la reutilización o reciclaje al finalizar la vida útil.

5.2.4. Prefabricación del sistema.

La construcción en quincha es actualmente considerada más artesanal que arquitectónica, las casas son construidas por ayuda mutua de la comunidad, con conocimiento adquirido de generación en generación. Para poder lograr una agilización de proceso, se debe establecer una prefabricación de ciertos elementos, con el fin de tener un control en el proceso de producción y minimizar la generación de residuos. De esta manera los materiales se utilizan de forma más eficiente y se reduce el desperdicio de materiales.

Uno de los elementos que puede lograr prefabricarse, es la estructura de entramado, con la utilización de cañas o bambúes. La dificultad de esto es la falta de estandarización para este tipo de sistemas constructivos, por lo que debe seguirse investigando y lograr una regularización como el tener guías constructivas disponibles para su uso en el sector de la construcción y como conocimiento accesible para las comunidades locales.

Arriola y Tejada (2008) crearon un compilado de información en donde se desarrolla las estrategias y guías constructivas para la prefabricación de paneles formados con una estructura de madera tejida con caña y un revestimiento igualmente con barro. El desafío de esta clase de implementación es la realización de ensayos para probar su adaptabilidad a nuestra región.

Esta investigación realizada por Arriola y Tejada (2008) fue desarrollada en Perú, por lo que está pensada para su clima como sus condiciones geográficas. La distribución de la arquitectura vernácula en este país se divide en tres regiones: Costa, sierra y selva. Enfocándonos en la primera, la región costera es donde se acostumbra las construcciones en quincha y adobe, existen

ciertas restricciones y cuidados, pero es posible su implementación. Esta zona tiene la característica de tener un clima subtropical con una temperatura promedio de entre 18° a 21° C y clima semitropical en donde se llega hasta los 24°C con lluvias periódicas de verano y una excesiva humedad atmosférica que alcanza de 90% a 98%. Por lo que puede ser planteado como una posibilidad para nuestro clima.

Para la creación de estos paneles de entramado se necesita los mismos materiales que se ven utilizados en las construcciones de quinchas, como en el propio caso estudio, El Tribunal Electoral de Pedasí.

- Marco de madera. Esta puede ser eucalipto, copaiba, entre otras. Debe utilizarse siempre una madera dura y resistente.
- Entramado de cañas. Entre estas está la caña brava, caña de guayaquil o el bambú.
- Pacas de Paja.

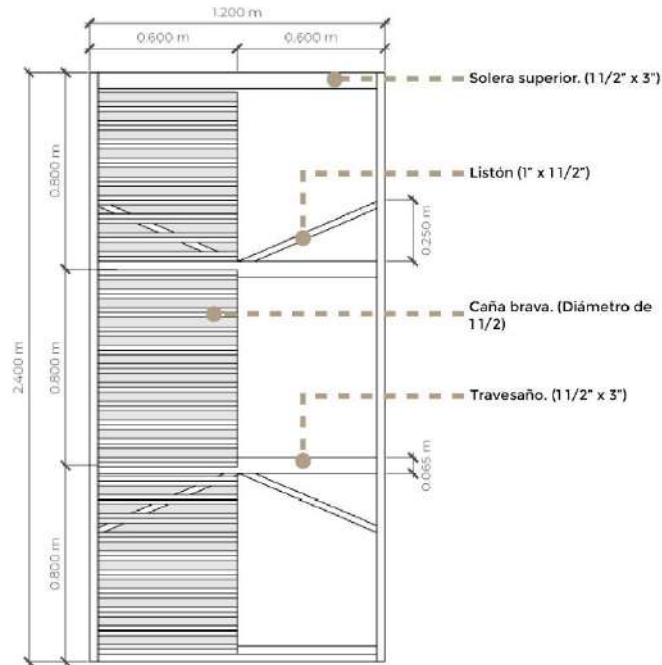


Imagen 35: Panel típico de quinchá prefabricada. Basado en los diseños realizados en las investigaciones de Arriola y Tejada (2008). [Realizado por autor]

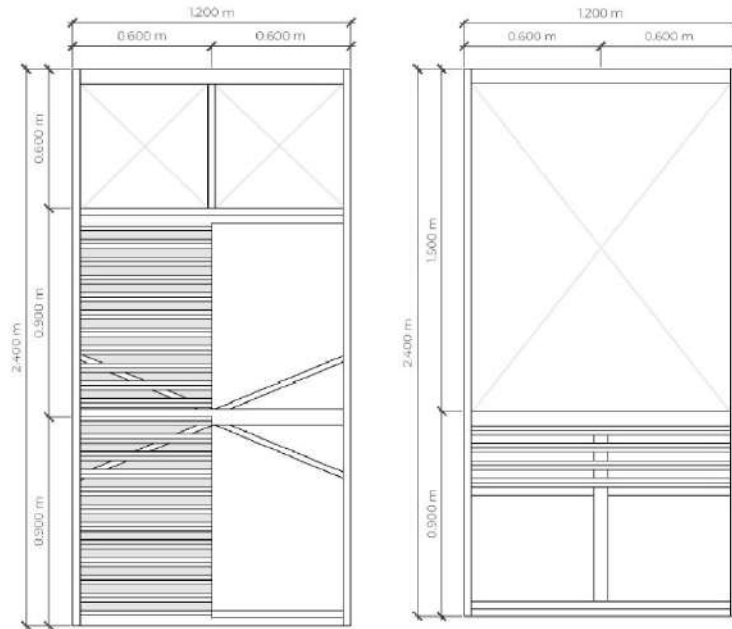


Imagen 36: Panel para ventana alta y ventana baja (respectivamente) para quinchá prefabricada. Basado en los diseños realizados en las investigaciones de Arriola y Tejada (2008). [Realizado por autor]

Es importante destacar que la mecanización debe ser implementada de manera cuidadosa y respetuosa con las técnicas y tradiciones locales. Si bien, la tecnología puede acelerar ciertos procesos, es fundamental que no se pierda la esencia y el valor cultural de la construcción en quincha. La combinación de métodos tradicionales y herramientas modernas puede permitir una construcción más eficiente y sostenible, mientras se mantiene el respeto por la herencia cultural.

5.3. GUÍAS CONSTRUCTIVAS

A continuación, se detallan propuestas de guías para el entendimiento y realización de diseños con el método constructivo quincha. Se tomaron en cuenta las anotaciones y esquemas dados por Navarro (1986) con una estructura tradicional mejorada y las investigaciones realizadas por Arriola y Tejada (2008) cuyos diseños van dirigidos hacia una estructura con paneles prefabricados.

5.3.1 Estructura principal y secundaria

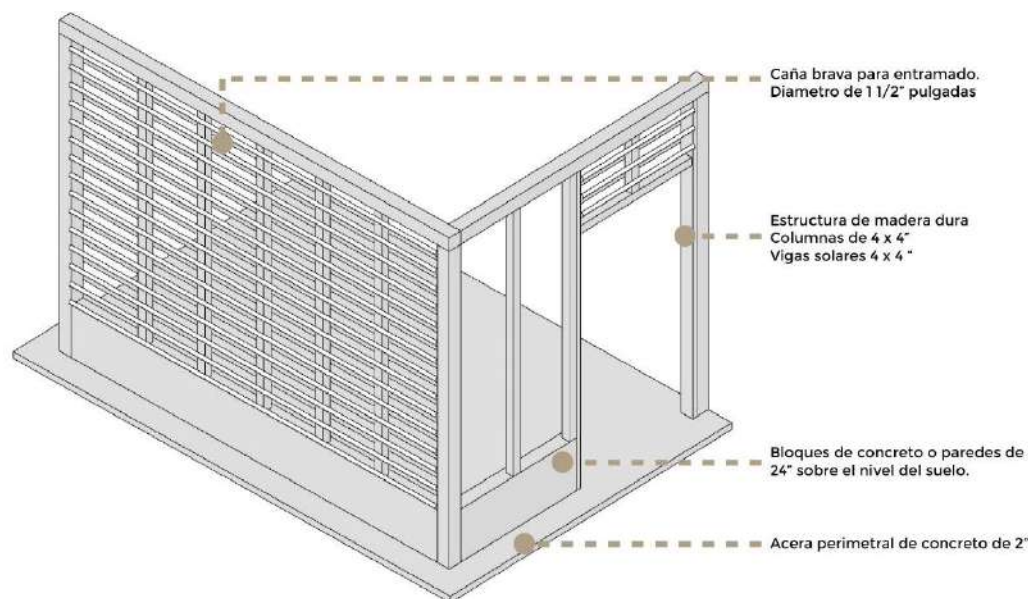


Imagen 37: Propuesta para estructura de una casa tradicional de quincha. [Realizado por autor]

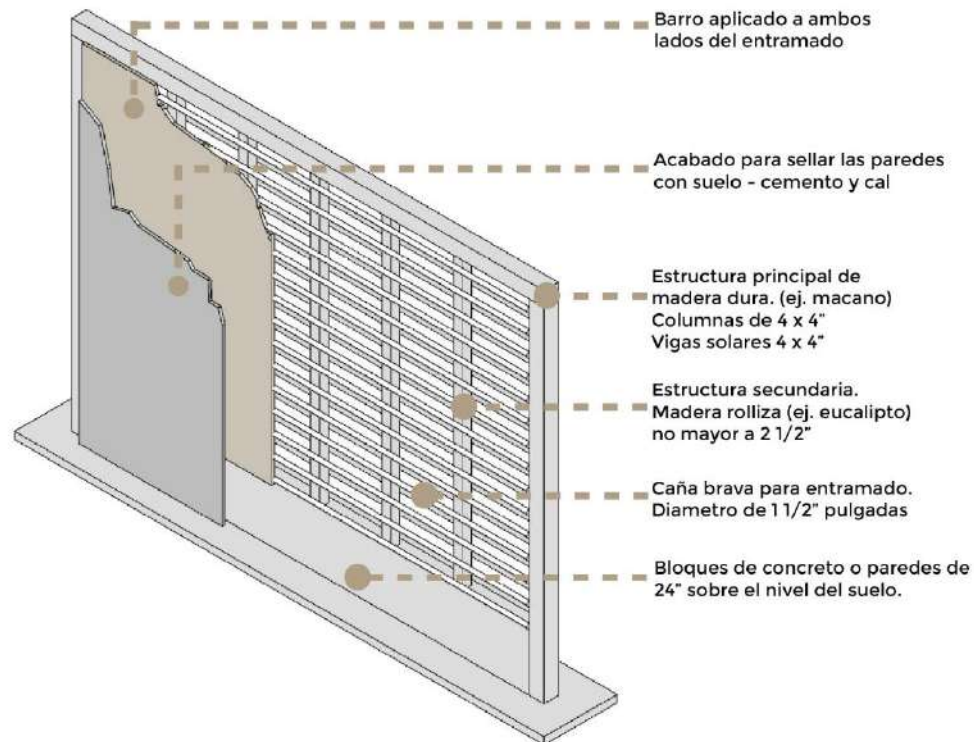


Imagen 38: Propuesta para estructura de una casa tradicional de quincha. [Realizado por autor]

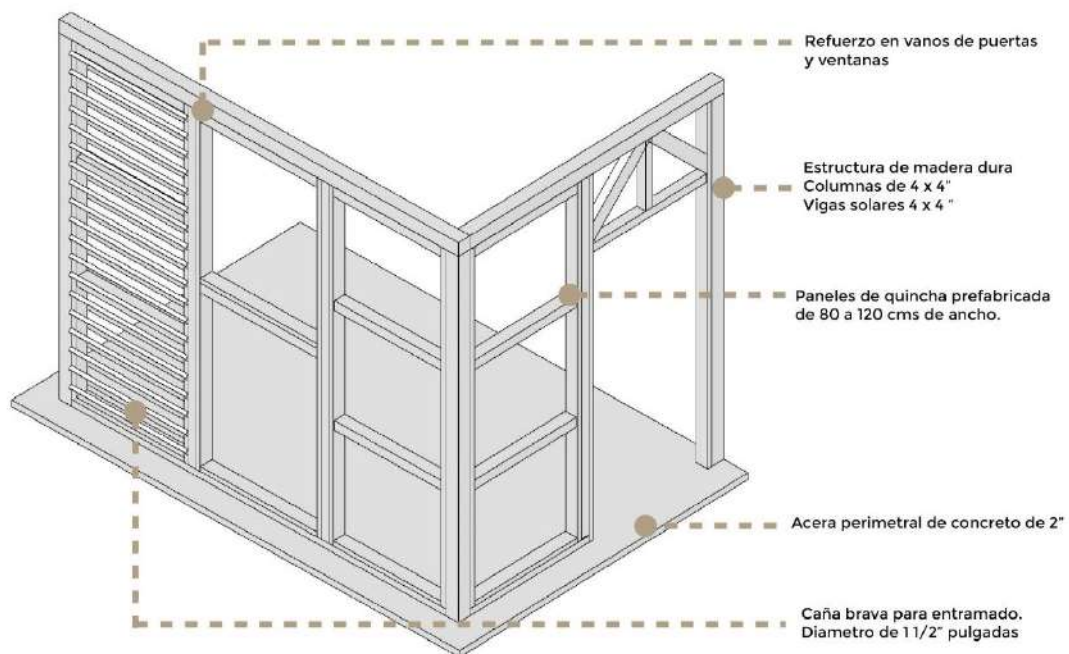


Imagen 39: Propuesta para estructura para quincha prefabricada. [Realizado por autor]

5.3.2. Entramados

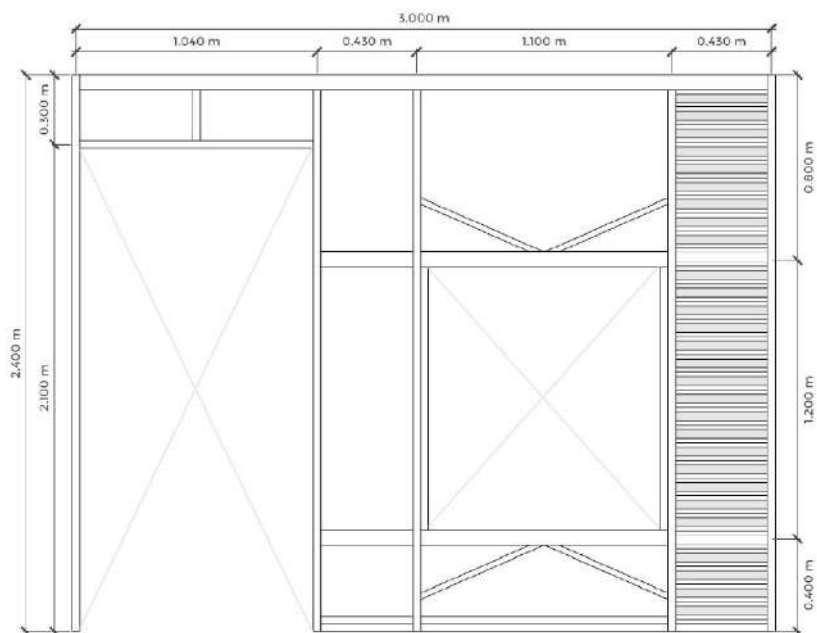


Imagen 40: Propuesta para estructura de quinchas con vano de puerta. Opción 1. [Realizado por autor]

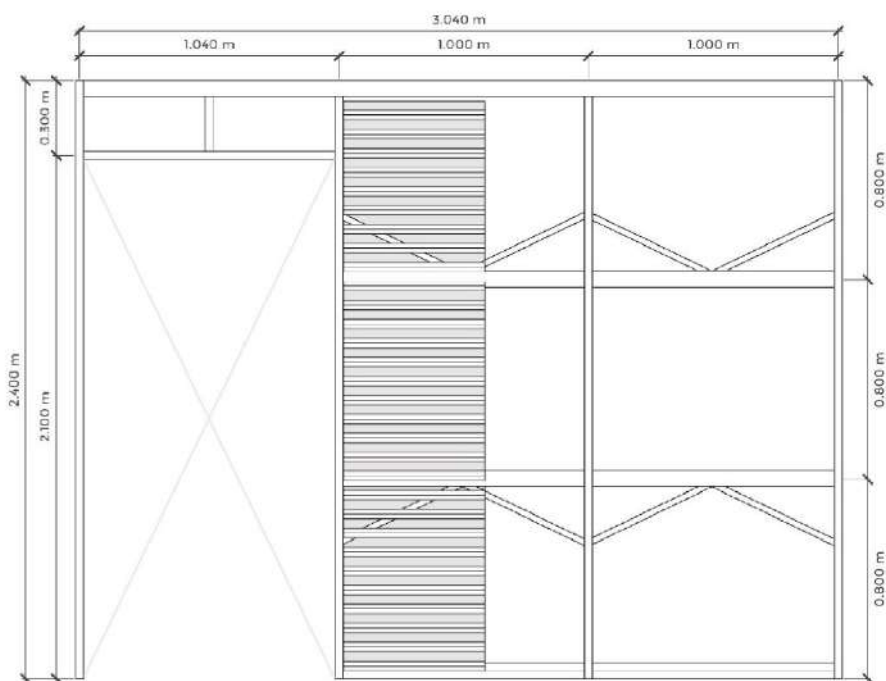


Imagen 41: Propuesta para estructura de quinchas con vano de puerta. Opción 2. [Realizado por autor]

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El método constructivo quincha, con su larga historia de uso en diversas regiones del mundo, representa una solución valiosa en la construcción sostenible y ecológica. A lo largo de los años, ha demostrado una serie de beneficios notables que incluyen la disponibilidad de materiales locales y renovables, la resistencia a terremotos y condiciones climáticas adversas, así como una menor huella ambiental en comparación con métodos de construcción convencionales.

Sin embargo, aunque la quincha ha demostrado su eficacia y durabilidad, aún existen oportunidades significativas para optimizar este método constructivo. La mejora continua es esencial para maximizar sus ventajas y minimizar sus desafíos. Para lograr el completo aprovechamiento de este sistema constructivo se debe hacer un enfoque en los siguientes puntos:

- **Investigación y desarrollo:** La inversión en investigación y desarrollo es crucial para llevar a la identificación de materiales alternativos y técnicas de construcción más eficientes y sostenibles para fortalecer la estructura y prolongar su vida útil. Así como mantener el interés por seguir desarrollando métodos alternativos eficaces para la arquitectura sostenible como de crear viviendas dignas y accesibles para las comunidades locales.
- **Normativas y estándares:** La implementación de normativas y estándares específicos para la construcción en quincha es uno de sus mayores retos, teniendo el Reglamento para el diseño estructural de Panamá, REP, carece de información para métodos constructivos alternativos al hormigón y el acero. Solo promoviendo su investigación, como posteriormente su regularización, se puede garantizar la calidad y la seguridad de las estructuras, al tiempo que promueve su aceptación en las prácticas de construcción

modernas. Como, por ejemplo, una vez probada su eficiencia como material antisísmico, aislamiento térmico y adaptabilidad en el diseño pueda incluirse como vivienda típica unifamiliar (Asegurando cumpla con los requisitos mínimos de esta sección del REP 2021).

- Capacitación y educación: La formación de constructores y arquitectos en técnicas de quincha actualizadas y sostenibles es imperativo para preservar y difundir este valioso método constructivo como asegurar el diseño óptimo y evasión de problemas futuros por malas gestiones o planteamientos iniciales en su desarrollo.
- Difusión y concienciación: La promoción activa de la quincha como una opción de construcción ecológica puede aumentar su adopción y concienciación entre propietarios, constructores y comunidades locales.

En resumen, el método constructivo quincha posee un gran potencial para contribuir a la sostenibilidad ambiental y al bienestar de las comunidades. Su mejora constante, mediante la colaboración entre investigadores, profesionales de la construcción y gobiernos, puede asegurar que continúe siendo una opción viable y eficaz en el futuro de la construcción sostenible.

Referencias

- Clemente, R. (2015) *Evaluación de la sostenibilidad de sistemas de construcción industrializados de fachada en edificios de vivienda colectiva*. (Tesis doctoral) Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Arias Peña, Etanislao y Martínez Arroyo, Eduvigis (1981). *El hábitat rural de Panamá: diagnóstico, análisis y clasificación de la vivienda*. Panamá: Talleres Diálogo, S.A.
- Mora Saucedo, Julio E. (1995). *Arquitectura Vernacular en Panamá. Organización de los Estados Americanos: Colección Interamer*.
- Kaminski et al (2016) Design Guide for Engineered Bahareque Housing (2016) Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/311583390_Design_Guide_for_Engineered_Bahareque_Housing
- Wadel, G. (2015) *La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales*. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/41804886_La_sostenibilidad_en_la_arquitectura_industrializada_cerrando_el_ciclo_de_los_materiales
- Acevedo, R., Carillo, O., Broughton, W. (S.F) *Construcción con quincha liviana*. Recuperado de:
https://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2020/03/CONSTRUCCION_CON_QUINCHA_LIVIANA_1a_edicion.pdf
- Rojas, A. (2020) *Quincha: Técnica Constructiva Mixta*. Recuperado de:
https://issuu.com/museopostalperu/docs/bolet_n_final/s/11534777
- Wackernagel, M., Rees, W.E. (1996) *Our ecological footprint: reducing human impact on the earth*. Recuperado de:
<https://archive.org/details/ourecologicalfoo00will/page/n9/mode/2up?view=theater>
- Tribunal Electoral de Panamá (15 de septiembre de 2015) *Nueva sede distrital del TE en Pedasí*. [video]. Facebook. Recuperado de: <https://www.facebook.com/watch/?v=809745325809642>
- (N/A) (2021) *ISO 14040: Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia*. Envira Ingenieros Asesores. Recuperado de: <https://envira.es/es/iso-14040-principios-relacionados-gestion-ambiental/#:~:text=La%20norma%20ISO%2014040%20An%C3%A1lisis%20del%20ciclo%2>

0de%20vida.&text=Se%20trata%20de%20una%20metodolog%C3%ADa,las%20etapas%20de%20su%20existencia

Slow Estudio (2020) *Cálculo de la huella ecológica en construcción*. Recuperado en: <https://www.slowstudio.es/research/calculo-de-la-huella-ecologica-en-construccion>

Cuitiño, G.; Esteves, M.J. (2020) *El sistema constructivo de la quincha en zonas rurales del Norte de Mendoza (Argentina)*. Recuperado de: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-92742020000100153

Gaia Ambiente (2020, 19 de junio) *Análisis de Ciclo de Vida*. [video]. YouTube. Recuperado en: <https://www.youtube.com/watch?v=cj4XUmM0cBc>

Argentina – Ministry of Environment and Sustainable Development (2020) *Manual de implementación de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida en la construcción*. Recuperado de: <https://www.oneplanetnetwork.org/knowledge-centre/resources/manual-de-implementacion-de-la-metodologia-de-analisis-de-ciclo-de-vida>

Chong, G. (2009) *Manual de Quincha*. Recuperado en: https://issuu.com/residente/docs/manual_de_quincha

Knight, I. (2018) *Proyecto Social Habitacional con Criterios Sostenibles*. [tesis de maestría, Universidad de Panamá]. Recuperado en: https://issuu.com/ivanjk1093/docs/tesis_unificada_oficial

Fentanes, K.A. (2004) *Intervenir o conservar: Método de análisis para la evaluación de intervenciones arquitectónicas en comunidades aisladas de alto valor ambiental*. [Tesis, Universidad Politécnica de Cataluña] Recuperado en: <http://hdl.handle.net/10803/6116>

Weather Spark (N/A) *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Pedasí*. Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/y/18329/Clima-promedio-en-Pedas%C3%AD-Panam%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Weather Spark (N/A) *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Panamá*. Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/y/19385/Clima-promedio-en-Panam%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Advercity (N/A) *Pedasí*. Recuperado de: <https://www.distrito.com.pa/distrito-pedasi.html>

Mantilla Pinilla, E. (2006). *Medición de la sostenibilidad ambiental*. Bogotá, Colombia: Fondo Editorial Universidad Cooperativa de Colombia. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/upanama/35874?page=13>.

Alvarado, M. (2021) *Huella de carbono de bambú (Guadua angustifolia) en el distrito de la Florida – Cajamarca*”. Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4684/alvarado-vilchez-marcia-ivette.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Román López, T (N/A) *Análisis de Ciclo de Vida de un producto, qué es, objetivo, origen, cómo se realiza, beneficios*. Recuperado de: <https://www.gestiopolis.com/analisis-del-ciclo-vida-producto/>

Tribunal electoral. (2017) *Junta de embarra de la casa de quinchá del TE en Pedasí*. Recuperado de: <https://www.tribunal-electoral.gob.pa/junta-de-embarra-de-la-casa-de-quincha-del-te-en-pedasi/>

La Estrella de Panamá. (2010) *Las casas de quinchá, estampas campesinas*. Recuperado de: <https://www.laestrella.com.pa/nacional/101219/casas-quincha-estampas-campesina>

Cano Ruíz, P. (2021) *¿Qué es la arquitectura vernácula?* Recuperado de: <https://www.uic.mx/que-es-la-arquitectura-vernacula/>

Yepes Piqueras (N/A) *Evaluación de la sostenibilidad en los edificios*. Recuperado de: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/une-en-15643-1/>

Santander Universidades (2022) *Qué es la sostenibilidad: definición, tipos y ejemplos*. Recuperado de: <https://www.becas-santander.com/es/blog/que-es-la-sostenibilidad.html>

Pérez Porto, J y Gardey, A. (2021). *Arquitectura - Qué es, en informática, definición y concepto*. Disponible en <https://definicion.de/arquitectura/>

World Commission on Environment and Development (N/A) *Our Common Future*, Chapter 2: Towards Sustainable Development -A/4227 Annex, Chapter 2 – UN Documents: Gathering a body of global agreements. Recuperado de: <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#III.1>

DFM Directorio Forestal Maderero (2017) *¿Qué es el Informe Brundtland?* Recuperado de: <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/que-es-el-informe-brundtland.html>

Wadel Raina, G. (2009) *La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: la construcción modular ligera aplicada a la vivienda*. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10803/6136>

Domínguez, T. (2013) *Una tradición perdida*. Recuperado de: <https://www.diaadia.com.pa/regional/una-tradicion-perdida-568424>

Pastor Quiles, M. (2018). *La construcción con tierra en Arqueología: teoría, método, técnicas y aplicación*. Alicante, Publicacions Universitat Alacant. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/upanama/117196?page=55>.

Vergara, E. (2014) *Re-visitando tradiciones constructivas: al rescate de la Quincha*. Recuperado de: <https://www.archdaily.cl/cl/02-333349/en-detalle-revisitando-tradiciones-constructivas-al-rescate-de-la-quincha>

INEC (2014) *Distribución territorial y migración interna en Panamá: Censo 2010*. Recuperado de: https://www.inec.gob.pa/archivos/P0705547520200925152431Distribuci%C3%B3n%20Territorial%20y%20Migraci%C3%B3n%20Interna%20en%20Panam%C3%A1-Censo2010_F.pdf

Ministerio de gobierno (N/A) *Gobernación de la provincia de Los Santos*. Disponible en: <https://www.mingob.gob.pa/gobernacion-la-provincia-los-santos/>

Biota Panamá (2008) *Los bosques de Panamá por zonas de vida*. Recuperado de: <https://biota.wordpress.com/2008/02/28/los-bosques-de-panama-por-zonas-de-vida/>

Biota Panamá (2007) *Flora arbórea del Bosque Seco de Achiotines, Pedasí, Provincia de Los Santos, Panamá*. Recuperado de: <https://biota.wordpress.com/2007/07/23/flora-arborea-del-bosque-seco-de-achiotines-pedasi-provincia-de-los-santos-panama/>

Studocu (N/A) *Zonas de vida*. Recuperado de: <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-latina-de-panama/geografia/zonas-de-vida-en-panama/22510460>

Serrano, L. (2015) *Mapa de las zonas de vida de Panamá según Holdrige*. Recuperado de: <http://leydisserranoturismo.blogspot.com/2015/09/mapa-de-las-zonas-de-vida-de-panama.html>

Campos R, I. (2008) *Tejas de arcilla, tradición que desafía el tiempo*. Recuperado de: <https://www.panamaamerica.com.pa/variedades/tejas-de-arcilla-tradicion-que-desafia-el-tiempo-415013>

E-FICIENCIA (2020) *La teja cerámica, acorde a los ODS por ser altamente reciclable y su bajo impacto ambiental*. Recuperado de: <https://e-ficiencia.com/teja-ceramica-acorde-a-los-ods-por-su-bajo-impacto-ambiental/>

Schneider, D. (2022) *Cómo Calcular el Costo de Combustible por Milla de sus Camiones*. Recuperado de: <https://www.rtsinc.com/es/articles/c-mo-calcular-el-costo-de-combustible-por-milla-de-sus-camiones#:~:text=En%20promedio%2C%20los%20camiones%20obtienen,por%20cada%20gal%C3%B3n%20de%20combustible.>

Cuencas hidrográficas de Panamá y red de estaciones hidrológicas (N/A) Recuperado de: <https://imhpa.maps.arcgis.com/apps/dashboards/23257d52a06e493398c69a1fc2fe52ae>

Estévez, R. (2013) *¿Conoces lo qué es la mochila ecológica?* Recuperado de: <https://www.ecointeligencia.com/2013/02/mochila-ecologica/>

Sembralía (2021) *Descubre lo importante sobre empacar pacas de paja. Características del hilo de empacar, malla de embalar y film plástico.* Recuperado de: <https://sembralía.com/blogs/blog/empacar-pacas-de-paja-hilo-malla-plastico>

Semanario La Universidad (2018) *Ladrillos y tejas artesanales en El Limón de Santa María Carmen Guevara C.* Recuperado de: <https://launiversidad.up.ac.pa/node/229>

Kanninen, M (N/A) *Secuestro de Carbono en bosques, su papel en el ciclo global.* Recuperado de: <https://www.fao.org/3/y4435s/y4435s09.htm>

MIAMBIENTE (2021) *El país posee árboles con gran capacidad de fijación de carbono, conoce las especies.* Recuperado de: <https://www.miambiente.gob.pa/el-pais-cuenta-con-arboles-con-gran-capacidad-de-fijacion-de-carbono-conoce-las-especies/?print=pdf>

Chave, J. (2006) *Medición de densidad de madera en árboles tropicales.* Recuperado de: https://rainfor.org/wp-content/uploads/sites/129/2022/07/wood_density_spanish1.pdf

Pugliese, N. y Schlichter, T (2016) *Determinación de huella de carbono en madera aserrada.* Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/123056>

Ennomotive (2023) *Producción de cemento: Cómo reducir las emisiones de CO2.* Recuperado de: <https://www.ennomotive.com/es/produccion-de-cemento/#:~:text=En%20peso%2C%20por%20cada%201000,en%20la%20producci%C3%B3n%20de%20cemento.>

Souza, E (2021) *El cemento puede ser un material (más) sostenible.* Recuperado de: <https://www.archdaily.cl/cl/968844/el-cemento-puede-ser-un-material-mas-sostenible>

Robles Toledo, J. (2022) *Cuanto co2 emite un camión por kilómetro.* Recuperado de: <https://mundocamion.es/camion/cuanto-co2-emite-un-camion-por-kilometro/>

SITRACK (2022) *Cómo reducir las emisiones CO2 de un camión*. Recuperado de: <https://blog.sitrack.com/como-reducir-las-emisiones-de-co2-de-un-camion#:~:text=%E2%80%9CUn%20cami%C3%B3n%20emite%20alrededor%20de,comparaci%C3%B3n%20favorable%20para%20los%20camiones>.

EPA (N/A) *Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero - Cálculos y referencias*. Recuperado de: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculadora-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero-calculos>

Alvarez Andrade, A y Ravelo García, A (2020) *Sustainable building and CO2 emissions: analysis of the transport of sand in Tijuana and Tecate, B.C.* Recuperado de: <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/entities/publication/20d325ec-b5c7-46e9-95e4-ae80bc117db1>

BBVA (2022) *La extracción de arena comienza a ser un problema mundial: estos son los motivos*. Recuperado de: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/la-extraccion-de-arena-comienza-a-ser-un-problema-mundial-estos-son-los-motivos/>

Watts, J (2019) *Cemento: el material más destructivo de la Tierra*. Recuperado de: https://www.eldiario.es/internacional/theguardian/cemento-material-destructivo-tierra_1_1675968.html#:~:text=Tomando%20todas%20las%20fases%20de,de%20gases%20de%20efecto%20invernadero.

Soibelman, L (N/A) *Desperdicios vs el control de los materiales*. Recuperado de: <https://www.imcyc.com/cyt/septiembre03/desperdicios.htm#:~:text=Concreto.,desde%200.75%25%20hasta%2025%25>.

<https://es.slideshare.net/kyplydrin/los-minerales-en-panam>

Autoridad Nacional del Ambiente (2008) *Informe Ambiental de la Minería en Panamá*. Recuperado de: <https://www.cnpml.org.pa/images/mesa-de-dialogo/doc-apoyo/apoyo-2.pdf>

Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico (N/A) *Consumo y emisiones de CO2*. Recuperado de: <https://coches.idae.es/consumo-de-carburante-y-emisiones#:~:text=Por%20cada%20litro%20de%20gasolina,64%20kg%20de%20CO2>.

Programa de las Naciones Unidas (2019) *Emissions Gap Report*. Recuperado de: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30797/EGR2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

EPA (N/A) *Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero - Cálculos y referencias*. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculadora-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero-calculos>

UN environment programme (2023) *Report Building materials and the climate: Constructioing a new future*. Disponible en: <https://www.unep.org/resources/report/building-materials-and-climate-constructing-new-future>

World Economic Forum (2023) *Sand mining is close to being an environmental crisis. Here's why – and what can be done about it*. Disponible en: <https://www.weforum.org/agenda/2023/09/global-sand-mining-demand-impacting-environment/>

Pontifica Universidad Católica del Perú – Revista Civilízate Número 8 (2016) *Emisiones de carbono por parte de la industria del cemento vs cemento verde*. Disponible en: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/18621>

Agencia de Noticias Panamá (2023) *APEDE manifiesta su preocupación por extracción de arena en Colón*. Disponible en: <https://www.anpanama.com/APEDE-manifiesta-su-preocupacion-por-extraccion-de-arena-en-Colon-14502.note.aspx>

Testa, M (2019) *Punta Chame sucumbe ante la extracción de arena y el cambio climático.*

Disponible en: <https://www.laestrella.com.pa/nacional/191028/191029-punta-chame-sucumbe-extraccion-arena-cambio-climatico>

World Economic Forum (2017) *The world is running out of sand.* Disponible en: <https://www.weforum.org/agenda/2017/09/the-world-is-running-out-of-sand/>

Ramsden, K (2020) *CEMENT AND CONCRETE: THE ENVIRONMENTAL IMPACT.*

Disponible en: <https://psi.princeton.edu/tips/2020/11/3/cement-and-concrete-the-environmental-impact#:~:text=CO2%20is%20emitted%20from%20the,0.93%20pounds%20of%20carbon%20dioxide>