

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Civil

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto:

**MODELO ESTRUCTURAL SOSTENIBLE COMPARANDO TIPOLOGÍAS DE
CONSTRUCCIONES ANTIGUAS VERSUS ACTUALES EN EL SECTOR
CHINGAZO ALTO, ELA Y VALPARAÍSO DEL CANTÓN GUANO**

Autor:

Johana Elizabeth Coral Morocho

Tutor:

Msc. Diego Hidalgo

Riobamba - Ecuador

Año 2021

REVISIÓN

Los miembros del tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **“MODELO ESTRUCTURAL SOSTENIBLE COMPARANDO TIPOLOGÍAS DE CONSTRUCCIONES ANTIGUAS VERSUS ACTUALES EN EL SECTOR CHINGAZO ALTO, ELA Y VALPARAÍSO DEL CANTÓN GUANO”** presentado por **Johana Elizabeth Coral Morocho** y dirigida por Ing. Diego Hernán Hidalgo Robalino. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha conestado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la bibliografía de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Msc. Diego Hidalgo

Director del proyecto

Firma

Msc. Diego Barahona

Miembro del tribunal

Firma

Msc. Luis Villafuerte

Miembro del tribunal

Firma

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Msc. Diego Hidalgo**, en calidad de tutor de Tesis, cuyo tema es: “MODELO ESTRUCTURAL SOSTENIBLE COMPARANDO TIPOLOGÍAS DE CONSTRUCCIONES ANTIGUAS VERSUS ACTUALES EN EL SECTOR CHINGAZO ALTO, ELA Y VALPARAÍSO DEL CANTÓN GUANO”, CERTIFICO, que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a la Señorita **Johana Elizabeth Coral Morocho** para que se presente ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente,

Msc. Diego Hidalgo

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación nos corresponde exclusivamente a: Johana Elizabeth Coral Morocho, al Msc. Diego Hernán Hidalgo Robalino y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Srta. Johana Elizabeth Coral Morocho

CI: 060378807-6

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a la vida, por darme el privilegio de un nuevo día, la oportunidad de estudio y desarrollo personal, con todas aquellas experiencias positivas y negativas, que finalmente me han permitido adquirir la capacidad para lograr mis objetivos; de igual manera a mis compañeros estudiantes y docentes por permitirme aprender de ellos durante estos años compartidos, en las aulas, en convivencia diaria y por su apoyo incondicional siempre; pero en especial, a aquellos ángeles que me miran desde el cielo y aquellos que aún caminan conmigo, mi familia y amigos, gracias por ser mi fuerza y mi corazón siempre.

Ilusión, cariño, dedicación, pero sobre todo la perseverancia, han sido recursos constantes para vivir esta etapa más en mi vida de la que estoy muy orgullosa y agradecida.

Johana Elizabeth Coral Morocho

DEDICATORIA

La vida, sin lugar a duda, es un lugar de muchas incertidumbres y un lienzo en blanco, agradezco a mis padres por su generoso regalo, a mi familia completa por forjar en mí, las herramientas que he necesitado para mi formación personal y académica, y a mis queridos amigos por dar tantas alegrías y color aportados a mi vida. Sin lugar a duda, cada uno de mis éxitos se los debo a innumerables personas, que con cada uno de sus actos conscientes o inconscientemente, han aportado significativamente; que, sin ellos, su confianza, ánimo y apoyo, cada logro no sería tan especial. Agradezco todas sus virtudes y les dedico este trabajo realizado con mucho esfuerzo y cariño.

Johana Elizabeth Coral Morocho

ÍNDICE DE CONTENIDO

REVISIÓN	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	8
Objetivo General	8
Objetivos Específicos	8
CAPÍTULO I.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
1. Construcción y vivienda	9
1.1. Tipologías en el área de estudio	10
2. Historia de la construcción en Guano.....	11
2.1. Análisis de bienes patrimoniales	11
2.2. Vulnerabilidad Guano	12
2.2. Necesidades y requerimientos constructivos en Guano	13
2.3. Situación socioeconómica.....	17
3. Modelo estructural sostenible.....	17
3.1. Materiales en el cantón Guano	18
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....	20
1. Métodos de la investigación	20
2. Gestión de recursos.....	20
3. Esquema metodológico	21
4. Proceso metodológico	22
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS	25
1. Sujetos de estudios	25
1.1. Selección de los sujetos de estudio	25
1.2. Ubicación y accesibilidad	26
1.3. Vivienda tradicional: evolución constructiva en Guano	27
1.4. Vivienda vernácula: caracterización de la estructura.....	28
2. Comparación de construcciones antiguas vs actuales	31

2.1.	Análisis de configuración estructural.....	33
2.2.	Lineamientos del material	34
3.	Propuesta del modelo	35
3.1.	Localización y características del proyecto.....	35
3.2.	Propuesta arquitectónica	35
3.3.	Propuesta estructural	39
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		41
1.	Conclusiones.....	41
2.	Recomendaciones	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		45
ANEXOS.....		49
Anexo 1	Maderas dentro de Ecuador reconocidas por la JUNAC.....	49
Anexo 2	Características de diseño y sistemas constructivos en madera.....	50
Anexo 3	Tipos de conexiones en madera.....	51
Anexo 4	Análisis de espacialidad en las construcciones antiguas.	52
4.1.	Construcciones con muros portantes.....	52
4.2.	Construcciones auto soportantes	55
4.3.	Construcciones aporticados tradicionales	57
4.4.	Construcciones aporticados actuales.....	64
Anexo 5	Análisis sostenible cualitativo de sistemas constructivos	67
Explicación de la guía de evaluación sostenible de las viviendas.....		69
Anexo 6	Propuesta arquitectónica.....	71
1.	Estimación y destinación de espacios por servicialidad.....	71
2.	Diseño del espacio residencial y social	72
7.1.	Determinación de las cargas.....	75
7.2.	Espectro de diseño sísmico	75
7.3.	Diseño general.....	77
7.4.	Modelación en SAP 2000.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Construcciones de análisis del proyecto, ubicación y características	26
Tabla 2	Línea de tiempo de evolución constructiva en Guano	27
Tabla 3	Lineamientos del modelo estructural	34
Tabla 4	Características del terreno y localización.....	35

Tabla 5	Distribución de espacios propuesta para el modelo	36
Tabla 6	Característica de diseño arquitectónico	37
Tabla 7	Criterios de diseño estructural	39
Tabla 8	Resumen de secciones consideradas para el modelo.....	40
Tabla 9	Especies reconocidas dentro del acuerdo de la JUNAC	49
Tabla 10	Caracterización de la madera según la normativa.....	50
Tabla 11	Análisis espacial construcción M1	52
Tabla 12	Análisis espacial construcción M2	53
Tabla 13	Análisis espacial construcción M3	54
Tabla 14	Análisis espacial construcción S1	55
Tabla 15	Análisis espacial construcción S2	55
Tabla 16	Análisis espacial construcción S3	56
Tabla 17	Análisis espacial construcción P1	57
Tabla 18	Análisis espacial construcción P2	58
Tabla 19	Análisis espacial construcción P3	58
Tabla 20	Análisis espacial construcción P4	59
Tabla 21	Análisis espacial construcción P5	60
Tabla 22	Análisis espacial construcción P6	61
Tabla 23	Análisis espacial construcción P7	61
Tabla 24	Análisis espacial construcción P8	62
Tabla 25	Análisis espacial construcción P9	63
Tabla 26	Análisis espacial construcción P10	63
Tabla 27	Análisis espacial construcción A1	64
Tabla 28	Análisis espacial construcción A2.....	65
Tabla 29	Análisis espacial construcción A3.....	65
Tabla 30	Análisis espacial construcción A4.....	66
Tabla 31	Matriz ponderativa de análisis sostenible cualitativo de las construcciones de estudio	67
Tabla 32	Guía de la matriz de análisis sostenible de las viviendas	69
Tabla 33	Cuantificación de cargas.....	75
Tabla 34	Espectro de diseño sísmico.....	75
Tabla 35	Cálculos de diseño.....	77
Tabla 36	Modos de vibración de la estructura, parte 1.....	79
Tabla 37	Modos de vibración de la estructura, parte 2.....	80

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Esquema de metodología de la investigación propuesta.....	22
Ilustración 2	Esquema de sujetos de caso en la zona de estudio.....	25
Ilustración 3	Construcciones en estado ruinoso dentro del sector Gatazo Alto.....	25
Ilustración 4	Ubicación y accesibilidad	26
Ilustración 5	Muros portantes como reforzamiento y reconstrucción, M1 y M2	28
Ilustración 6	Vivienda vernácula de una y dos plantas, respectivamente.....	28
Ilustración 7	Construcciones vernáculas de dos y una planta.....	29
Ilustración 8	Estructura vernácula, corte en la segunda planta.....	30
Ilustración 9	Tipos de conexiones en la vivienda vernácula.....	30
Ilustración 10	Construcciones vernáculas en el cantón Guano	31
Ilustración 11	Caracterización y valorización por sistemas constructivos.....	32
Ilustración 12	Análisis resumen de referentes, según tipologías vernáculas y aportados tradicionales	33
Ilustración 13	Destinación de espacios privados dentro de la residencia.....	36
Ilustración 14	Fachada principal	38
Ilustración 15	Fachada principal y vista isométrica del área residencial	38
Ilustración 16	Configuración de la planta.....	40
Ilustración 17	Sistemas constructivos en madera.....	50
Ilustración 18	Característica de sistema constructivo entramado	50
Ilustración 19	Tipos de uniones en sistemas constructivos de madera	51
Ilustración 20	Distinción de espacios por construcción	52
Ilustración 21	Resultados de análisis de sostenibilidad por construcciones	68
Ilustración 22	Plano de implantación por espacios	71
Ilustración 23	Distribución arquitectónica de la planta baja	72
Ilustración 24	Distribución arquitectónica de la planta alta.....	73
Ilustración 25	Vista frontal y vista posterior del área residencial	73
Ilustración 26	Área social y áreas productivas, dentro de la planificación	74
Ilustración 27	Gráfica de espectro elástico e inelástico.....	76
Ilustración 29	Modelación SAP del modelo propuesto	79

RESUMEN

En el presente documento se presenta una investigación de carácter exploratorio, cuya redacción ha sido posible mediante la colaboración de varias entidades como la Universidad Nacional de Chimborazo, ECOSUR y el Instituto nacional de Patrimonio cultural zona 3 (INPC-Z3), mismas que trabajan en el cantón Guano, donde se lleva a cabo varios proyectos conjuntamente con las comunidades y cuyas experiencias y documentos relacionados, han aportado con la presente investigación; en la actualidad, muchas instituciones, como éstas, procuran la relación del ambiente con el individuo en general, mediante la optimización de espacios, reducción de contaminación, generación de materiales, todo esto tratando de mantener un enfoque en los grupos más vulnerables económicamente, mientras se procura un desarrollo sostenible, siendo éstos, términos importantes en el desarrollo personal y colectivo.

El objetivo de la investigación ha sido la elaboración de un modelo estructural sostenible, que sea inclusivo en los sectores de Ela, Valparaíso y Chingazo Alto del sector Guano, considerando específicamente aspectos relevantes a su cultura e identidad social, factores ambientales derivados de los materiales propios del lugar y procesos constructivos para tratar de reducir el impacto económico dentro de los procesos constructivos y que sea viable estructuralmente. La recopilación de información se llevó a cabo mediante la cooperación del INPC-Z3 a través del sistema SIPCE, observación en visitas de campo y recolección de experiencias y documentación con ECOSUR e investigaciones previas en la zona. La identificación y comparación entre sistemas constructivos ha sido importante para generar indicadores y lineamientos de consideración para la propuesta del modelo final cuya relación cultural, social, ambiental y combinación estructural, sea relevante a la zona de estudio.

En los paisajes de éstos sectores rurales de Guano, es común observar vestigios de viviendas vernáculas, estructuras autosoportantes en madera, compartiendo espacios con las viviendas antiguas tradicionales, apoticados de madera o bahareque y finalmente viviendas actuales de acero u hormigón. La comparación ha generado una serie de indicadores útiles para una composición de un modelo mixto, que guarda relación con los espacios que van acorde al estilo de vida propio del sector, tanto de las construcciones vernáculas como tradicionales y actuales. Así mismo, se puede representar una configuración acorde al sistema constructivo; el desarrollo de las actividades no sólo internas a la vivienda crea configuraciones dependientes de patios centrales o zonas sociales combinadas externa e internas a la vivienda principal. Finalmente, para la propuesta, se ha tratado de mantener la estructura tradicional en madera de Eucalipto y mampostería de bahareque que crea una estructura alivianada, en relación con los espacios sociales y de desarrollo en la zona como lo son huertos y talleres; todo esto, para demostrar que la estructura, no sólo se limita a ser una solución funcional, sino más bien, dando a cada sistema constructivo un propósito de conexión con cada espacio.

El término sostenible, abarca en sí, una gran gama de posibilidades, sin embargo, es imperativo complementar estas propuestas con un plan regulado y controlado de explotación de la madera como material de construcción. La identidad social y cultural, no debería quedar relegada de las construcciones por encima de la industrialización de los procesos constructivos, un criterio muy importante dentro de construcción sostenible. Un equilibrio entre lo social, ambiental y funcional, puede generar un cambio de mentalidad en la construcción actual, ya que no existen planes participativos de conservación de patrimonio; es necesario empezar a observarlo como oportunidad de desarrollo sostenible, en lugar de destinar el tema a su abandono y eventual desaparición.

Palabras clave: vivienda, estructura, sostenible.

ABSTRACT

This document is an exploratory investigation, whose writing has been possible through the collaboration of several entities such as the “Universidad Nacional de Chimborazo”, ECOSUR and the “Instituto Nacional de Patrimonio Cultural” Zone 3 (INPC-Z3), which work in Guano, where several projects are carried out jointly with the communities and whose experiences and related documents have contributed to this investigation; At present, many institutions, like these, seek the relationship of the environment with the individual in general, by optimizing spaces, reducing pollution, generating materials, all this trying to maintain a focus on the most economically vulnerable groups, while sustainable development is sought, these being important terms in personal and collective development.

The objective of the investigation has been the elaboration of a structural model that is inclusive in the Ela, Valparaíso and Chingazo Alto Guano sectors, considering relevant aspects to its culture and social identity, environmental factors derived from the materials of the place and construction processes, to try to reduce the economic impact within the construction processes and make it structurally viable. The collection of information was carried out through the cooperation of the INPC-Z3 through the SIPCE system, observation in field visits and collection of experiences and documentation with ECOSUR and previous investigations in the area. The identification and comparison between construction systems has been important to generate indicators and guidelines for consideration for the proposal of the final model whose cultural, social, environmental and structural combination is relevant to the study area.

In the landscapes of these Guano rural sectors, it is common to observe vestiges of vernacular dwellings, self-supporting wooden structures, sharing spaces with traditional old dwellings, wooden or wattle and daub and finally current steel or concrete dwellings.

The comparison between these systems has generated a series of useful indicators for a composition of a mixed model, which itself is related to the spaces that are consistent with the lifestyle of the sector, both of vernacular and traditional and current constructions. Likewise, a configuration can be represented according to the construction system, variable to the rectangular one usually occupied in the urban sector; the development of activities not only internal to the dwelling creates configurations dependent on central courtyards or combined social zones external and internal to the main dwelling. Finally, for the proposal, it has been tried to maintain the traditional structure in Eucalyptus wood and bahareque masonry that creates a lightened structure, all this in relation to the social and development spaces in the area such as orchards and workshops; All this, to show that the structure is not only limited to being a functional solution, but rather, giving each construction system a purpose of connection with each space.

The term sustainable encompasses a wide range of possibilities, but likewise, it is imperative to complement these proposals with a sustainable plan for the exploitation of wood as a construction material; Likewise, social and cultural identity should not be relegated to constructions above the industrialization of construction processes. A balance between the social, environmental and functional, can generate a change of mentality in the current construction, since there are no participatory plans for the conservation of heritage, so it is necessary to start observing it as an opportunity for sustainable development instead of allocating the subject to its deterioration and eventual disappearance.

Keywords: house, structure, sustainable

Reviewed by:
Danilo Yèpez Oviedo
English professor UNACH
0601574692

INTRODUCCIÓN

El año 2020, ha presentado una nueva realidad donde la aparente estabilidad y seguridad con respecto a la adquisición de materia prima o equipamiento, dentro de los campos productivos, han sufrido grandes golpes a nivel nacional e internacional, incluido el de la construcción, quizá poniendo en evidencia la gran dependencia de materiales típicos como lo son el hormigón y acero, protagonistas principales en la mayoría de las construcciones y alertando de la necesidad de cambios no sólo por el impacto ambiental, sino por la dependencia de la industria. Por otro lado, Bernabeu Larena (2007), estudiando estrategias de diseño estructural, mencionó que, “la ingeniería estructural ha demostrado poco interés por conocer y analizar su historia, renunciando así a desarrollar y establecer una memoria histórica que le permita establecer referentes y asentar las bases sobre las que avanzar hacia el futuro”, iniciando a partir de esta idea, acerca de sostenibilidad dentro del campo de la construcción, es decir una construcción del presente orientada respetuosamente hacia el futuro; es entonces que se plantea la interrogante, de si el pasado de la construcción puede ofrecer herramientas o lineamientos que aporten al desarrollo actual sostenible, e incentivar líneas de investigación y recuperación orientadas hacia los bienes patrimoniales.

El Concejo Municipal del Cantón Guano (2019) mediante su ordenanza propone preservar, mantener y difundir el patrimonio arquitectónico; sin embargo, no se establece un compromiso real con la perpetuación de este legado; es así como se busca trabajar en este campo, relacionando la identidad social y cultural dentro de la zona de análisis propuesta, donde claramente se refleja en las construcciones, una huella de lo que ha sido el desarrollo de la construcción y su historia. Otras instituciones como ECOSUR, están apoyando el propósito del Gobierno autónomo descentralizado Guano (GADG),

participando en rehabilitaciones de construcciones antiguas e investigaciones; por otro lado, el Instituto Nacional de Patrimonio cultural zona 3 (INPC-Z3), quién en 2016 delegó la gestión a los GAD, mantiene a través del sistema SIPCE, la recopilación hasta 2021, el registro de alrededor de 720 bienes de interés patrimonial en Guano, sin embargo, esta base de datos no es utilizada para propuestas actuales, proyectos de protección a la herencia cultural o potenciación adecuados; por lo que no existe planes de contingencia para impulsar la construcción ancestral. Dentro de esta documentación de bienes patrimoniales, se evidencia una gran riqueza constructiva del siglo XIX y XX, donde su clasificación se puede determinar según etapas históricas, ubicándose así construcciones de índole colonial, republicana, tradicional y vernácula; complementariamente, cabe resaltar que si bien en el Ecuador la mayoría de su población se considera mestiza, sucede algo similar en el ámbito constructivo, donde los rastros de la historia propia, se ha mezclado con rasgos extranjeros a través del tiempo, que ahora también son parte de la evolución constructiva.

En la actualidad la gente con menos recursos improvisa soluciones constructivas que dejan en evidencia la pobreza latente que existe, pero que a su vez, muchas de estas resultan funcionales; por otro lado, Castilla et al. (2010), desde el punto de vista ambiental mencionan que, “La introducción del desarrollo sostenible en la ingeniería es un nuevo desafío que trata de conciliar las necesidades del hombre con la capacidad del planeta”, y es entonces que, vale enfatizar el principal problema del siglo XXI, se relacionan con problemas medio ambientales relacionados en parte con la construcción y una aceleración de proyectos industrializados engranados únicamente a recursos económicos, mientras se relega el lado humano y ambiental. Es entonces, que surge una posibilidad de investigación, de un modelo estructural de vivienda sostenible, que relacione una comunicación personal con la social y que resulte accesible y funcional, para esto se toma

una zona de análisis dentro del sector rural del cantón Guano conformado por los sectores, Chingazo alto, Ela y Valparaíso.

Rodríguez & Fernández (2012), menciona que, aunque se asume una reducción de innovación el utilizar algo antiguo, el hecho de emplear técnicas tradicionales y mejorarlas para un uso actual, puede traer grandes ventajas; un dato importante, ya que los fenómenos, creados por las construcciones actuales, traen consigo el abandono de la identidad como individuos y sociedades, considerándose muchas veces, como tipologías constructivas antiguas sub desarrolladas o inclusive relacionando estas, a la pobreza, en una actualidad donde los materiales y técnicas constructivas importadas, son socialmente aceptadas para gran parte de la población. La industrialización dentro de los procesos constructivos ha iniciado una etapa de despoblación de zonas rurales, consecuentemente la pérdida de sus oficios, destruyendo la relación única entre el hombre, su territorio y estilo de vida; la condición humana, social y cultural, se puede concentrar de manera más propositiva a través del regionalismo crítico, abarcando así una propuesta de materiales, métodos, espacios y formas, como una manera de perpetuar las raíces de cada individuo.

En el trabajo planteado se busca generar un modelo estructural acorde a las necesidades sociales y ambientales, sin dejar de lado la funcionalidad, al mismo tiempo considerando que, si se llegaran a proyectar en una realidad, aporten a la conservación del patrimonio, en un mundo en donde la conservación tanto de recursos como de estilo de vida, ya es una necesidad de primer orden; finalmente se busca relacionar la sostenibilidad como un punto de partida en obras del presente y que deban proyectarse al futuro, que además incluso, tampoco se deslinden de la huella del pasado sino más bien las preserven.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Establecer un modelo estructural sostenible comparando tipologías de construcciones antiguas versus actuales en el sector Chingazo Alto, Ela y Valparaíso del cantón Guano

Objetivos Específicos

- Seleccionar sujetos de estudio relevantes según su tipología en el sector Chingazo Alto, Ela y Valparaíso del cantón Guano.
- Identificar deficiencias y beneficios de las construcciones antiguas respecto con las actuales.
- Proponer un modelo estructural sostenible considerando funcionalidad, e identidad social.

CAPÍTULO I.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Para la conformación del estado del arte, no sólo ha sido necesario una revisión bibliográfica, sino también experiencias recopiladas de reuniones con los diferentes delegados de las instituciones colaboradoras, que han aportado a la concepción de esta sección.

1. Construcción y vivienda

La arquitectura vernácula para Pérez et al. (2015), ha logrado adaptarse al entorno en el que se asentaba el usuario, todo con un consumo mínimo o nulo de energía en comparación al requerido actualmente. La migración de asentamientos humanos rurales hacia áreas urbanas, en donde se desarrollaba este tipo de arquitectura, ha producido una fragmentación dentro de la organización social y paulatinamente también, la construcción ancestral, misma que por las condiciones, guardaba una conexión importante con el propio ecosistema. Las construcciones vernáculas en el pasado, habían iniciado una relación sostenible entre el usuario y el entorno, en cualquier condición climática, es decir, en términos ambientales dichas construcciones se consideran un ejemplo de sostenibilidad, con respecto a su ubicación, orientación, espacios, formas, iluminación, ventilación, etc., con mínimo gasto de energía y costo por el uso de materiales no importados y con poco o ningún procesamiento, que además en la mayoría de casos, incorporaba mano de obra local.

Un gran error que se comete a nivel de usuario, es construir para el deleite o aceptación de terceros, en lugar que esto sea, bajo características para bienestar y confort propio; así pues, se ha iniciado una pérdida de identidad y se da paso a la invasión de modelos externos, sin importar el impacto social o ambiental que estos suponen o derivan.

Pragmáticamente, se debe establecer la funcionalidad real de las viviendas, no como

un espacio reiterativo para una sociedad, sino como una extensión de la persona mismo dentro de una población con características únicas, potencializándolas con materiales alternativos y optimización de técnicas o sistemas constructivos, para transformarse finalmente en un lugar versátil que represente a la persona y sea amable con el ecosistema al mismo tiempo.

1.1. Tipologías en el área de estudio

El INPC (2020), maneja alrededor de 170 000 sujetos de valor patrimonial y cultural en todo Ecuador, mismo que es depurado, homologado y actualizado en colaboración de cada uno de las GAD municipales, quienes tienen el manejo de estos bienes. Según el INPC (2020), existen 720 bienes de interés patrimonial e inventario ubicadas en el sector Guano, lo que correspondería al 35.29% de la provincia de Chimborazo y 2.57% a nivel nacional, a pesar de que el cantón sólo representa el 7% del territorio provincial; lo que se traduce a que el cantón es un lugar con un alto valor cultural con respecto a sus construcciones.

El Ministerio coordinador de patrimonio natural y cultural (2008), indica que la mayor parte de las tipologías constructivas provenientes de la Colonia y de la República que se caracterizan por una parte muraria en adobes o material mixto y un sector porticado con estructura de madera; así mismo se presenta una tipología denominada vernácula, cuya concepción es propia de cada sector. Cevallos & Rivera (2020) respondiendo a la iniciativa de la fundación ECOSUR y la Universidad Nacional de Chimborazo, ha trabajado en 28 construcciones significativas, dentro de los sectores Chingazo Alto, Ela y Valparaíso del cantón Guano; determinando que, existen 3 tipologías estructurales, donde el sistema porticado lidera en la zona, y cuenta con materiales como la madera, hormigón e incluso muchas de ellas que han sido reforzadas o ampliadas con acero; por

otro lado, la tipología de muros portantes de piedra, también cuenta como un aporte a la identidad social de la comunidad, como se puede observar en la zona de la iglesia de Chocón construida con esta mismo tipo de muros y en cuyo alrededor, se encuentran aún rastros e incluso construcciones en pie con esta misma tipología; en tercer lugar, las estructuras auto soportantes donde los materiales como la tierra, madera y paja son protagonistas, de estas singulares viviendas vernáculas, cuentan con una forma característica y aún comparten con las construcciones actuales antes mencionadas, los paisajes en la zona rural de Guano. Las viviendas tomadas de estas tres tipologías, aportan con rastros de una cultura que actualmente ha sido combinada con modelos externos, en forma y espacio, mismas que resultan de los eventos y personas que han acontecido en la zona, y que se toman como válidas dentro del aporte social, al formar parte de la historia misma del lugar, como las viviendas con influencias tradicionales y coloniales.

2. Historia de la construcción en Guano

2.1. Análisis de bienes patrimoniales

Dentro de las fichas levantadas por el INPC, se puede encontrar mucha información de los bienes patrimoniales, ya sea desde el punto de vista de material, configuración de las viviendas, entre otros; sin embargo, cabe recalcar para efectos del análisis, que para las construcciones tradicionales y vernáculas, muchas fichas han sido dadas de baja, debido a su mal estado o colapso derivados del abandono o falta de mantenimiento, así mismo se observa que al desconcentrarse la población de la zona urbana a la rural, existe mayor influencia colonial dentro de la zona urbana y mucha más presencia de las viviendas vernáculas en la rural, que generalmente comparten espacio junto a viviendas tradicionales en madera, relegándolas a bodegas; SIPCE brinda la información para crear una línea de tiempo con la evolución constructiva durante el último siglo que aporta una

idea de los cambios dentro de este sector de la construcción y la influencia que este también ha tenido, con materiales, métodos constructivos y la inserción de nuevos materiales como el acero y hormigón, que, si bien brindan un mejor comportamiento, la industrialización genera fenómenos negativos paralelos, debido a la contaminación y cambio radical a la construcción local.

2.2. Vulnerabilidad Guano

Entre uno de los elementos más importantes que destacan en esta línea de tiempo, se encuentra el terremoto de Ambato, acontecido el 5 de agosto de 1949, tuvo una magnitud de 6.8, con un hipocentro de 40km de la corteza, a 20km de Pelileo y cuya área de afectación se calculó en alrededor de 1920 km², del cual Guano sufrió consecuencias en un 80% de sus construcciones, IGEPN (2016); estos hechos en aquella época incentivaron un mayor rigor en la regulación de la construcción, que hasta entonces no contaban con personas certificadas en su gran mayoría, sin embargo, muchas de esas construcciones resistieron y han perdurado hasta la actualidad, debido a la creatividad constructiva en sí mismas, además de resistencia de sus materiales, principalmente en el caso de las construcciones vernáculas, sin embargo, no fue el caso con estructuras conformadas de piedra, a excepción de algunos casos en Chocón como lo es la iglesia emblemática del lugar y viviendas aledañas, mismas, que resistieron pero requirieron reforzamiento posteriormente.

Independientemente, históricamente, Guano se establece como parte de la provincia de Chimborazo en 1845, y esta localidad, no sólo ha sido testigo de movimientos telúricos como el terremoto de Ambato en 1949 y eventuales réplicas, sino que, también se ha encontrado vulnerable frente a las erupciones del volcán Tungurahua, debido a su altitud, tras varios capítulos en 1773, 1886, 1916, 2006 y 2016, IGEPN (2016); la población ha

indicado que la ceniza no es el único problema, sino los movimientos producto de esta actividad volcánica; que provocan daños a estructuras ya deterioradas por el tiempo, abandono o falta de mantenimiento.

2.2. Necesidades y requerimientos constructivos en Guano

Los parámetros tomados para esta revisión han sido espacio, función, forma y contexto, que tiene relación con el clima, debido a su geografía accidentada donde su rango de altitud va desde los 2.000 hasta los 6.310 msnm y la temperatura promedio es de 17 °C, con una tendencia a disminuir durante las noches.

Espacio. - Al proyectar los espacios, Baldeón Jiménez (2015), menciona que se debe pensar en el uso que se dará, lo que se espera es el disfrute de los espacios, de índole personal y no de personas externas únicamente. Generalmente, se toma a las figuras rectangulares como óptimas en cuanto a espacio, sin embargo, como consecuencia de este rasgo, se tiende a entrar en una industrialización, o procesos repetitivos que pueden perder significado de la construcción local y fuerza en los diseños, si el análisis se hace para el sector rural, la posibilidad de tomar diversas concepciones, es más viable y aceptable.

Dentro de las viviendas vernáculas el espacio queda condicionado debido a la disposición de sus elementos, sin embargo, este mismo juego de espacio, hace de la vivienda un lugar único, así como representativo para las zonas de estudio denominadas; la reducción de secciones en sus paredes, elementos de madera y bahareque, producen una estructura menos pesada a las regulares, dándole una mayor resistencia y estabilidad.

Función. - Se debe eliminar la idea que lleva cimentándose durante años, en donde una vivienda grande y lujosa es sinónimo de poder, sino más bien, tomar la idea

de optimización de recursos y concatenarlo con las diversas actividades a las que están sujetos los habitantes y darle ahí un verdadero significado a la vivienda. Dentro de la función se debe considerar el ambiente andino, puesto que definirá condiciones, como techos inclinados y uso de pasillos abiertos alrededor de la vivienda para protección a las precipitaciones recurrentes en la zona, paredes con materiales térmicos, así ventanas pequeñas al norte y grandes al sur, para mantener la temperatura interna y prescindir de elementos de calefacción, Van Lengen (1989). Dentro de las viviendas vernáculas, uno de los elementos de consideración, es la iluminación y ventilación, ya que estas tienden a ser oscuras y producen humedad, situación que incide en el deterioro de las estructuras, al igual que el caso de las tradicionales aporticados, al complementarse con la falta de mantenimiento o abandono.

Los retiros frontales, laterales y posteriores, reflejan una vida social activa, una relación directa del hogar con la conexión misma, a las calles o vías de acceso y por ende a sus usuarios, así como en la parte posterior, un área que, en muchos de los casos, conectan a pequeños huertos o lavanderías, así como patios grandes donde normalmente se desarrollaban las actividades familiares.

Forma. - Aunque las formas regulares rectangulares producen una mayor eficiencia estructural y espacial, según Van Lengen (1989), las irregulares pueden dar un ambiente inesperado y agradable, un espacio con una parte saliente, puede ayudar directamente a la iluminación; las formas, por otro lado, deberían acoplarse a espacios, su vegetación, así como adaptarse a la topografía misma del lugar, todo esto complementado.

Entre las viviendas tradicionales se ha podido observar diferentes configuraciones, en forma de L, bloques únicos, techos a dos o cuatro aguas, que hacen parte de la

estructura de la cubierta, pero sin duda, la más representativa, viene dada por la vivienda vernácula, cuyo potencial en forma debe complementarse con la distribución de espacios y la función a la que se destine.

Contexto. - Guano hasta el censo por la Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010), último censo oficial en el país, determinó una concentración de 18.1% de la población en el área urbana, y el 81.9% en el sector rural, donde igualmente se concentra la mayoría de construcciones antiguas y denotando en estas una situación de vulnerabilidad socio económica.

En el cantón, el GAD junto a ECOSUR, trabajan conjuntamente en el desarrollo sostenible, trabajando en relación con las necesidades más relevantes, como lo es la escasez de agua potable, ocupando primordialmente en el ahorro de recursos de agua y energía eléctrica, así como de materiales para la rehabilitación o construcción misma de viviendas para los grupos más vulnerables en la zona. Velásquez et al. (2017), al analizar las tipologías de construcciones alternativas en la ciudad de Riobamba, considerando principios de sustentabilidad, determinaron que, dependiendo de la técnica que se desee emplear, es óptima la opción de materiales locales; por otro lado, también menciona la aplicación de elementos ecológicos o reducción de contaminantes, para reducción a corto y largo plazo de energía.

Sostenibilidad. - Hussain (2016), indica que se consideran estructuras sustentables acorde materias primas y energía, cinco posibles parámetros sostenibles, como minimizar el uso de materiales, producción baja de contaminación en materiales y energía que implica la construcción. Es decir, promueve la maximización de reutilización de la estructura, sin embargo, ninguna garantiza el diseño sostenible, sino el contexto en el que se implemente y cuál sea el comportamiento in situ; es muy importante

que se relacionen varios aspectos dentro de una construcción, ya que uno por sí solo, no garantiza la sostenibilidad de la construcción.

Desde el punto de vista energético, el modelo actual de construcción común resulta obsoleto, debido a la importación de materia prima y recursos, así como al considerar la producción de materiales como acero y hormigón que, emiten grandes cantidades de CO₂, como las maquinarias que complementan este sistema, complementando un sistema altamente contaminante. Al hablar de sostenibilidad Bragança et al. (2010), menciona que, es de necesidad urgente establecer un paradigma que promueva conservación y sostenibilidad y propone al bambú, bahareque o elementos similares, como material variable de refuerzo; por otro lado Coronel (2015), propone la madera como material constructivo, además que, es una gran idea ecológica, por un lado, consume CO₂ en lugar de liberarlo durante su ciclo de vida, y gran reducción durante la construcción.

Según FAO Forestal (2015), se puede considerar una relación y oportunidad entre los bosques y la reducción de la pobreza, esto considerando que según cifras, un cuarto de la población mundial dependen del sector forestal para su vida diaria, especialmente en zonas rurales o puntos de subsistencia; en Ecuador, desde inicio del 2000 se establece una Estrategia para el desarrollo forestal sostenido, que los diferentes gobiernos han intentado promover, pero 20 años después, se sigue en un punto donde no se valora realmente los beneficios que pueden aportar, económico, ambiental, social y cultural, un cambio de mentalidad y una acción más participativa e inclusiva a nivel local con el uso de la madera, no sólo se limitarían positivamente a dichas áreas, sino que se extendería con impacto al planeta y sus demás habitantes.

2.3. Situación socioeconómica

La pandemia SARS-CoV-2 ha sacudido la realidad de cada uno de los sectores productivos, entre ellos la construcción y ha generado una paralización total a excepción del sector primario; eventualmente con las medidas tomadas por el gobierno, se activa lentamente la economía frente a una sociedad duramente golpeada. Las secuelas también provocaron la reducción de los precios del petróleo, una inminente recesión económica local y aunque se han tomado varias medidas, el país ha quedado en un estado de vulnerabilidad general y ha empeorado la situación de muchos otros cantones como Guano, según Baldeón Jiménez (2015), la población rural de Guano tiene un nivel socioeconómico que aporta a la migración, misma que durante años ha sido la causa de la formación de barrios informales en los límites de la ciudad de Riobamba, aledaño inmediata a Guano.

Según MIDUVI (2013), el grado de industrialización o los detalles constructivos de viviendas de madera, ya sea, sistema entramado, sistema de poste y viga y revestimientos, puede promover a la reducción de desperdicios de material, por ende, ser más económico y tener mejor relación con el ambiente.

3. Modelo estructural sostenible

La innovación puede provenir de nuevas tendencias, generalmente descubrimientos o avances tecnológicos, sin embargo, para este caso centrado en la vida rural y la recapitulación de lo que ha sido el desarrollo local constructivo, se ha considerado la oportunidad de mejorar lo existente con conocimiento ingenieriles actuales, rescatando la relación sostenible que existía en el pasado y que en la actualidad ha quedado relegada.

Desde este punto se tomó la independencia de los habitantes, con huertos propios, lugares destinados a animales, el limitado contacto con la urbe en muchos casos, uso de

equipos de calefacción u otros, también la manipulación de materiales improvisados, pero, sobre todo, la existencia de talleres, espacios sociales, que demuestran el estilo de vida evidenciado durante las visitas de campo.

3.1. Materiales en el cantón Guano

La utilización de madera, paja proveniente del páramo y otros elementos como cal, desechos orgánicos de animales para el adobe, tapial y bahareque, se presentan dentro de las construcciones; además, especificando el tema de madera, en la zona Guano, se encuentra Chahuarquero, Capulí, Pino y el Eucalipto principalmente.

Sintetizando, Velásquez et al. (2017) proponen construir con tierra, que a su vez debe pasar por un proceso previo de preparación, dependiendo de la consistencia y la técnica que se desee emplear, o a su vez, se utiliza también madera de eucalipto, la planta de paja proveniente del páramo y otros elementos como la cal, desechos orgánicos de animales y ciertas plantas que, dependiendo de su empleo le dan cierto acabado a la construcción. Por otro lado, el Bahareque tiene gran acogida dentro de los sectores rurales y no emplean espesores representativos en los muros, estos se configuran mediante un esqueleto de madera, presentaciones que se han podido observar dentro de los sectores de estudio. Estos sistemas provenientes de forma natural, se consideran anticuados, subdesarrollado y mal empleados ante sismos; sin embargo, estos tres comentarios son incorrectos y, más que eso, injustos para un sistema de construcción que ofrece ventajas económicas y ambientales, cuya versatilidad se analiza y experimenta con frecuencia. En el presente caso de estudio ubicado en Ecuador, la JUNAC PADT-REFORT (1984), detalla alrededor de 19 especies forestales, (*Anexo 1*), entre ellas el *Eucalyptus globulus*, o comúnmente llamado Eucalipto, que es el material en el que se

concentra el proyecto, por accesibilidad, sus características y sistemas constructivos se detallan referente a su densidad básica de 0.55, (*Anexo 2*).

Entre los sistemas constructivos El sistema entramado permite trabajar con luces de hasta 12m, siendo uno de los más utilizados; sin embargo, es posible mencionar los sistemas constructivos según la MIDUVI (2015), según el grado de procesos industriales que tenga, y mediante la disposición de sus elementos, del cual se hace referencia en este proyecto un sistema semi industrializado, con un sistema columna-viga, entramado en la cubierta, entramado para la mampostería interna y muros portantes para la relación de espacios externos y sociales, con posibilidad de muros verdes; los sistemas se detallan en el (*Anexo2*).

La oportunidad de generar un modelo óptimo y seguro, recae bastante debido al detalle de la madera, en el tipo de conexión con el que se lo vaya a realizar, para cada caso, en el caso de la tipología vernácula, estos eran atados con cuerdas, su origen se remonta a la época colonial; si bien la JUNAC PADT-REFORT (1984) reconoce especialmente las uniones clavadas y empernadas, en la actualidad existe un avance en estas conexiones dependiendo del tipo de obra que se lleve a cabo, se ha resumido brevemente los tipos de conexiones, (*Anexo 3*).

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

1. Métodos de la investigación

El trabajo de investigación tiene un alcance exploratorio, debido a la necesidad que se presenta en recopilar información y procesarla para encontrar las pautas necesarias para la propuesta de un modelo coherente con la zona para relacionarla con la investigación propuesta.

Se ha identificado como una investigación cualitativa, ya que se interpreta la información recopilada provenientes de la zona misma, documentación y de personas relacionadas en investigaciones del lugar, denominadas expertos, con el propósito de relacionarla para el mismo fin investigativo; el método inductivo se ha considerado a partir del análisis de dichos datos para establecer parámetros y lineamientos; el procesamiento de datos, correspondiente al muestreo obtenido de viviendas en la zona, se ha trabajado mediante una matriz ponderativa con indicadores de sostenibilidad. Finalmente, la investigación deriva en la propuesta de un modelo de vivienda sostenible, evaluado estructuralmente y que responde a los parámetros de la matriz principal del análisis del muestreo.

2. Gestión de recursos

La recolección de datos se ha realizado a través del acceso a documentos bibliográficos, normativas, visitas de campo e incluso la recepción de percepciones de varios expertos relacionados con proyectos de la zona, necesarios para la formación de un criterio más objetivo; estas personas colaboradoras, han sido seleccionados de ECOSUR - Guano, institución que trabaja en varios proyectos de beneficio social en la zona, como de técnicos del Instituto Nacional de patrimonio cultural Zona 3, que se relacionan estrechamente en este campo para recopilar características del inventario de

bienes de valor cultural en Guano y de las estructuras antiguas en el sector; complementariamente, se ha propuesto la observación estructurada realizada en campo de las características de las viviendas seleccionadas mediante un muestreo por conveniencia.

La revisión bibliográfica, ha aportado con la inclusión de una base de datos, considerando palabras clave de la investigación como: sostenibilidad, patrimonio, estructura, lógicamente relacionadas a la zona de análisis.

Para la concepción de la fundamentación teórica, se emplean bases de datos bibliográficos de repositorios académicos, se ha ocupado normativa como NEC-Vivienda, NEC-Estructuras de madera y sus documentos referenciales como C, mientras que para la recopilación de datos aplicados se ha utilizado en colaboración con (INPC, 2020), el sistema de Información patrimonial y cultural Ecuatoriano SIPCE, donde se ha accedido a las fichas con mayor detalle de las construcciones patrimoniales; por otro lado se ocupará también la observación estructurada con un diario de campo, centrándose en la recopilación de datos como material, funcionalidad de los espacios, sistema constructivo y estado de las construcciones; finalmente como soporte de la investigación tenemos softwares como AutoCAD, Revit, SAP 2000, Microsoft Excel y Word servirán para dar la presentación, evaluación y recopilación de los avances del proyecto.

3. Esquema metodológico

En este esquema, se ha resumido de forma rápida el proceso que se plantea para el desarrollo de la investigación propuesta:

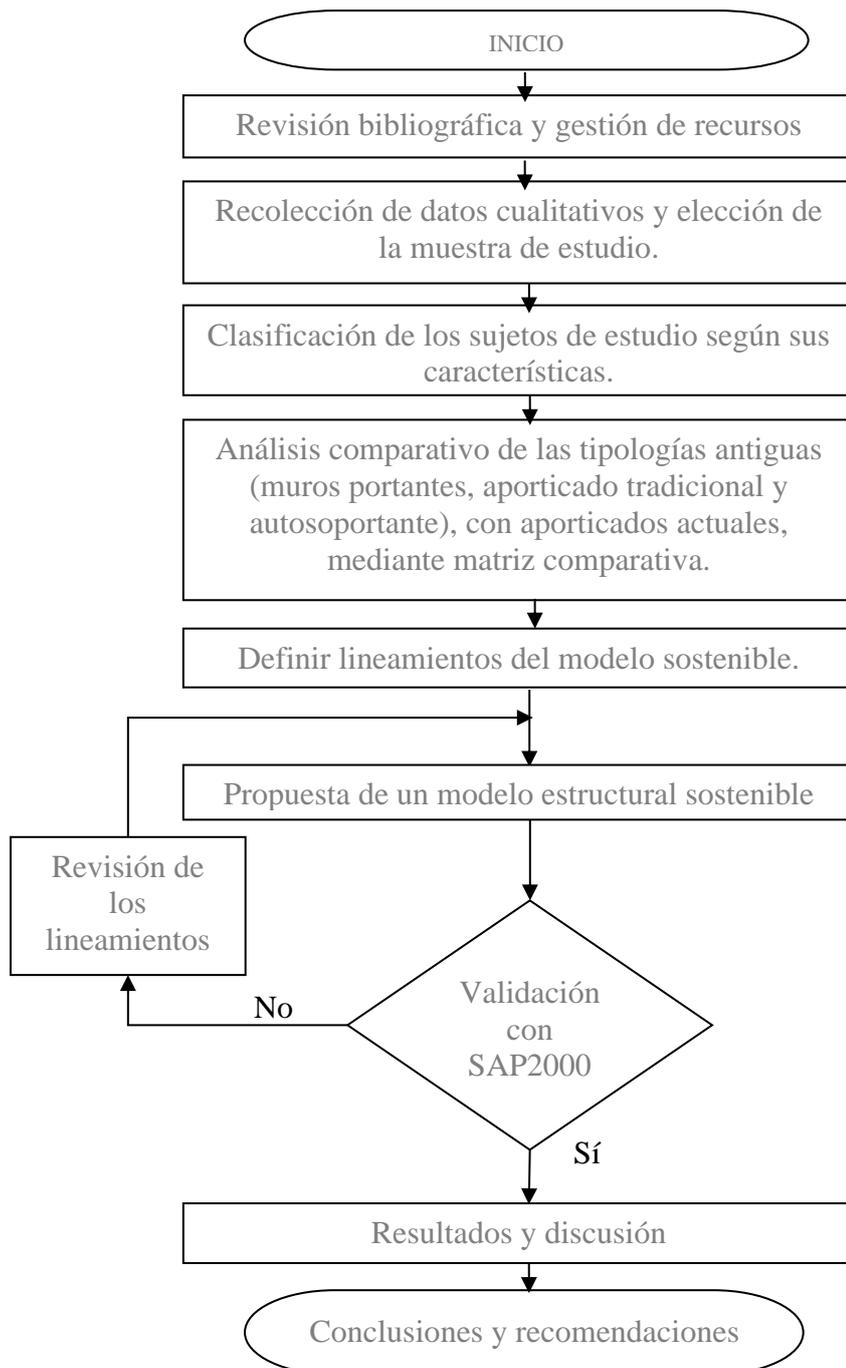


Ilustración 1 Esquema de metodología de la investigación propuesta
Fuente: Coral, J., (2020)

4. Proceso metodológico

Gestión de recursos y recolección de datos. - Para la recolección de datos, se ha considerado una revisión bibliográfica considerada en la zona y de diseño sostenible, así como la normativa relacionada con el tema; por otro lado, la observación

estructurada llevada en la zona, seguido por la comparación con los datos obtenidos del sistema SIPCE, y todo esto complementando con diversas opiniones de involucrados dentro y fuera de la zona de estudio con personas más relacionadas de diferentes aspectos como el aspecto social (ECOSUR), cultural (INPC-Z3), así como de los mismos residentes, con los cuales se ha trabajado mediante entrevistas, reforzando todos estos conocimientos y creando una base de datos para el análisis.

Clasificación de los sujetos de estudio. – Para esto se ha propuesto dos puntos; uno en donde se establece una línea evolutiva de la construcción en Guano con los datos generales de SIPCE específicamente para denotar las técnicas constructivas y eventos de cambio en la construcción, que han influido los materiales y sistemas constructivos a través del tiempo; por otro lado, más puntualmente, evaluar las construcciones de la zona de estudio de la muestra de 20 construcciones seleccionadas de investigación previa en la zona, el contraste entre el cantón y la zona de análisis, generará una clasificación para análisis no sólo de cada caso, sino según su sistema constructivo.

Comparación, lineamientos y propuesta del modelo. –Se plantea la elaboración de un análisis comparativo mediante una matriz ponderativa, cuyos indicadores han sido tomados según la información recopilada en la primera etapa de la investigación tanto de características de la zona como de sostenibilidad. Los indicadores de la matriz se han clasificado bajo 3 aspectos, el social, ambiental y estructural, ubicados en la columna izquierda, mientras que se evalúa cada muestra identificada según su clasificación en la primera fila. En el parámetro social se analiza el concepto de cada espacio, su utilidad relacionada con el estilo de vida propio del sector; el parámetro ambiental, se ha relacionado dependiente del sistema constructivo y materiales, que sean accesibles en la zona y además de como aporte al impacto ambiental, para el parámetro ambiental, se

procura relacionar, el estado de la estructura, la configuración y resistencia que brinde la estructura, en conexiones así como los fenómenos relacionados con irregularidades en planta y elevación.

La comparación busca determinar beneficios y debilidades de cada sistema, para considerarlas como lineamientos para crear un modelo mixto, que permita la propuesta representativa a un aspecto social y ambiental, con el fin de garantizar identidad. Los requisitos que se espera cumplir para considerarse sostenible, son parámetros sociales, culturales, funcionales, procurando una viabilidad ambiental, para que pueda considerarse sostenible y de esta manera generar una propuesta del modelo final.

Evaluación y Validación del modelo. - Se ha requerido emplear normativas como la NEC-Vivienda, NEC-Estructuras de madera, así como guías de construcciones patrimoniales, que brindan recomendaciones y especifican características de las mismas.

El diseño de la estructura de madera se lo ha realizado por el método de esfuerzos admisibles, los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas serán calculados considerando el material como homogéneo, isotrópico y de comportamiento lineal, como lo indica NEC-SE-MD (2015), mientras que se propone una mampostería alivianada, un sistema de ventilación cruzada e iluminación natural que evite efectos de humedad u otros que puedan afectar la estructura en general; la validación estructural de diseño se ha realizado mediante SAP-2000, además, para la presentación para la propuesta arquitectónica y de relación de espacios, se ha utilizado REVIT que permite dar un despiece del modelo y mayor cuidado de detalles.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS

1. Sujetos de estudios

Dentro de Chingazo alto, Ela y Valparaíso, existen varias construcciones con diferentes tipologías, sin embargo, se presenta la siguiente clasificación acorde a las características del material, la influencia de su configuración y sus sistemas constructivos.

1.1. Selección de los sujetos de estudio

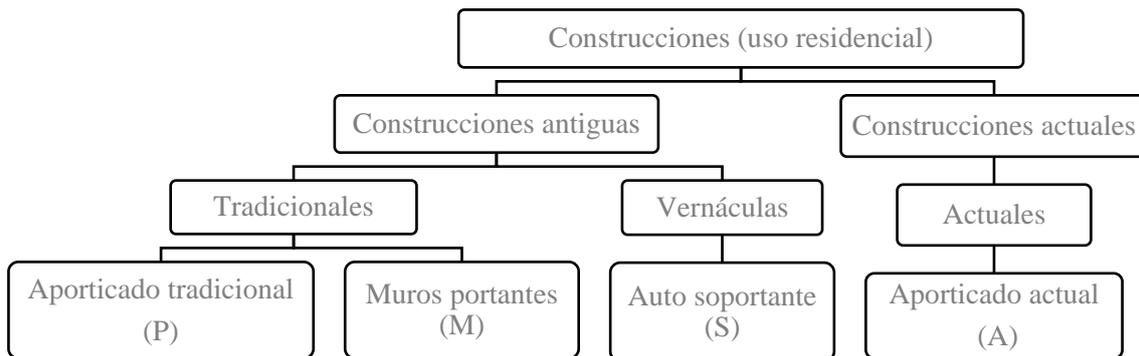


Ilustración 2 Esquema de sujetos de caso en la zona de estudio

El análisis se realizó a una muestra determinada por Cevallos García & Rivera (2020) en el sector, de la cual se han eliminado 8 de sus elementos debido a que sus características no aportan a la investigación, ya sea por la funcionalidad, como lo es la iglesia San José de Chocón cuya influencia extranjera tiene un origen europeo, por derrocamientos de ciertas construcciones o un estado de ruina irreversible; estas construcciones han sido analizadas espacialmente, (*Anexo 4*).



Ilustración 3 Construcciones en estado ruinoso dentro del sector Gatazo Alto

1.2. Ubicación y accesibilidad



Ilustración 4 Ubicación y accesibilidad

Fuente: elaborado en Google Earth, referencia Cevallos & Rivera, (2020)

Tabla 1 Construcciones de análisis del proyecto, ubicación y características

ID.	Localización X	Localización Y	Sistema constructivo	Material de la estructura	Año de construcción	Año de Rehabilitación	Ocupación
M1	768419.74	9820761.79	Muros portantes	Piedra/Madera	1980	-	Vivienda
M2	768485.44	9822521.10	Muros portantes	Piedra	1942	-	Vivienda
M3	768782.60	9819627.60	Muros portantes	Piedra/Madera	1975	-	Abandonada
S1	769649.83	9822104.77	Auto soportante	Madera	s/a	-	Bodega
S2	768045.84	9820298.41	Auto soportante	Madera	s/a	-	Bodega
S3	769454.71	9821891.82	Auto soportante	Madera	s/a	-	Bodega
P1	768797.90	9821309.59	Aporticado	Madera	1953	-	Vivienda
P2	768707.39	9821107.81	Aporticado	Madera	1953	-	Vivienda
P3	768972.07	9821676.76	Aporticado	Madera	1975	-	Vivienda
P4	768956.15	9821564.98	Aporticado	Madera	s/a	-	Vivienda
P5	768898.20	9821454.70	Aporticado	Madera	s/a	2017	Vivienda
P6	769045.93	9821762.51	Aporticado	Madera	s/a	-	Vivienda
P7	769141.11	9821483.24	Aporticado	Madera	s/a	2017	Vivienda
P8	765090.44	9822135.91	Aporticado	Bahareque/Madera	1970	-	Vivienda
P9	763946.48	9822111.25	Aporticado	Bahareque/Madera	1975	-	Vivienda
P10	766186.65	9822370.50	Aporticado	Bahareque/Madera	s/a	-	Vivienda
A1	769096.26	9821487.16	Aporticado	Hormigón	1990	2017	Vivienda
A2	769146.59	9822047.38	Aporticado	Hormigón	1983	2016	Vivienda
A3	769555.00	9821916.00	Aporticado	Hormigón	1980	2016	Vivienda
A4	769134.88	9822557.23	Aporticado	Hormigón	1980	2015	Vivienda

Nota: Muestras divididas en 4 bloques según su sistema constructivo, y tendencias de material. Se ha considerado al hormigón y acero para las construcciones con tendencias actuales adoptadas desde el sismo de 1949.

1.3. Vivienda tradicional: evolución constructiva en Guano

Tabla 2 Línea de tiempo de evolución constructiva en Guano

TERREMOTO 1949 - 80% DESTRUCCION			
1900	1925	1950	1975
ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III	ETAPA IV
			
Materiales:	Materiales:	Materiales:	Materiales:
Madera, piedra, tejas, adobe, tapial.	Piedra, Madera, tejas	Aparece el hormigón, pero la gente necesitada improvisa.	Hormigón supera al sistema constructivo en madera.
Sistema estructural:	Sistema estructural:	Sistema estructural:	Sistema estructural:
Cimentación de piedra, estructura aporticado de madera es predominante, muros de adobe.	Cimentación de piedra, estructura aporticado de madera es predominante	Cimentación de piedra y hormigón, estructura aporticado de madera, hormigón o mixta.	Cimentación de piedra y hormigón, estructura aporticado mixta, construcciones más altas.
Características:	Características:	Características:	Características:
Formas y diseños en madera vistosos, cubiertas de 2 y 4 aguas, modificación espacial con vanos y crujías	Madera vista, remates en antepechos, Formas y patios centrales	Se busca mayor simetría y formas, se implementan balcones, remates vistosos en fachadas.	Fachadas simples, menores construcciones patrimoniales, sin estructura vista.

Nota: Los indicadores tomados para la caracterización de las etapas de 1900 a 2000 dentro de las construcciones tradicionales, han sido especialmente materiales, sistema constructivo y detalles de su configuración.

Fuente: elaboración propia con datos y fotografías de SIPCE, referencia INPC, (2020)

Al tratar la evolución constructiva, es necesario considerar la influencia que se ha tenido en la zona y que finalmente se han adaptado como parte del aspecto social; y es precisamente esto lo que describe a la vivienda tradicional; esta implementa generalmente, un sistema aporticado de madera, utilizando recibidores, pasillos, patios centrales, centrándose en la forma y estética; por otro lado, los muros portantes se han ocupado para refuerzo y reconstrucción.



Ilustración 5 Muros portantes como reforzamiento y reconstrucción, M1 y M2

1.4. Vivienda vernácula: caracterización de la estructura

La vivienda vernácula en Guano, es una construcción obtenida a través de la experiencia constructiva del lugar; pudiendo encontrarse estas de una o dos plantas. Las construcciones de dos pisos suelen elevarse a una altura aproximada de 5.00m a 5.50m, de uso residencial o bodegas, mientras que las construcciones de un piso alcanzan una altura de 3.00m a 4.00m y son relegadas generalmente a bodegas.



Ilustración 6 Vivienda vernácula de una y dos plantas, respectivamente

Sistema constructivo. - Para el sistema constructivo vernáculo, los principales materiales son: piedra para la cimentación, madera para la estructura, bahareque para mampostería, paja para la cubierta y cabuya para las conexiones; haciendo de estas una estructura de mínimo impacto ambiental y, por defecto de los materiales, un bajo peso,

que añadido a la disposición autosoportante de los elementos produce mejor distribución de las cargas y un comportamiento sísmico más adecuado para una estructura ligera.



Ilustración 7 Construcciones vernáculas de dos y una planta

Disposición de los elementos. – la estructura autosoportante muestra una sección frontal predispuesta verticalmente, mientras que las secciones laterales y posteriores están constituidas por elementos inclinados, además, presenta 8 elementos verticales, de soporte principal; estos datos han sido identificados para la presente investigación, mediante el análisis de las viviendas in situ.

(1) pilas de sección $\text{Ø}100\text{mm}$, separación promedio $c/40\text{cm}$, inclinación dependiente del modelo.

(2) Cobertura de paja, en un solo cuerpo cubierta y mampostería a excepción de la mampostería frontal.

(3) Estructura conformada por al menos 4 columnas verticales $\text{Ø}300\text{mm}$, columnas centrales se extienden hasta la viga cumbre de la cubierta.

(4) Viguetas conformando piso elevado, material: madera y entramado de carrizo.

(5) Vigas principales de apoyo, extendidas desde la fachada principal hasta la fachada posterior.

(6) Columnas frontales (4) con $\text{Ø}300\text{mm}$, extendidas únicamente la primera elevación de la planta baja.

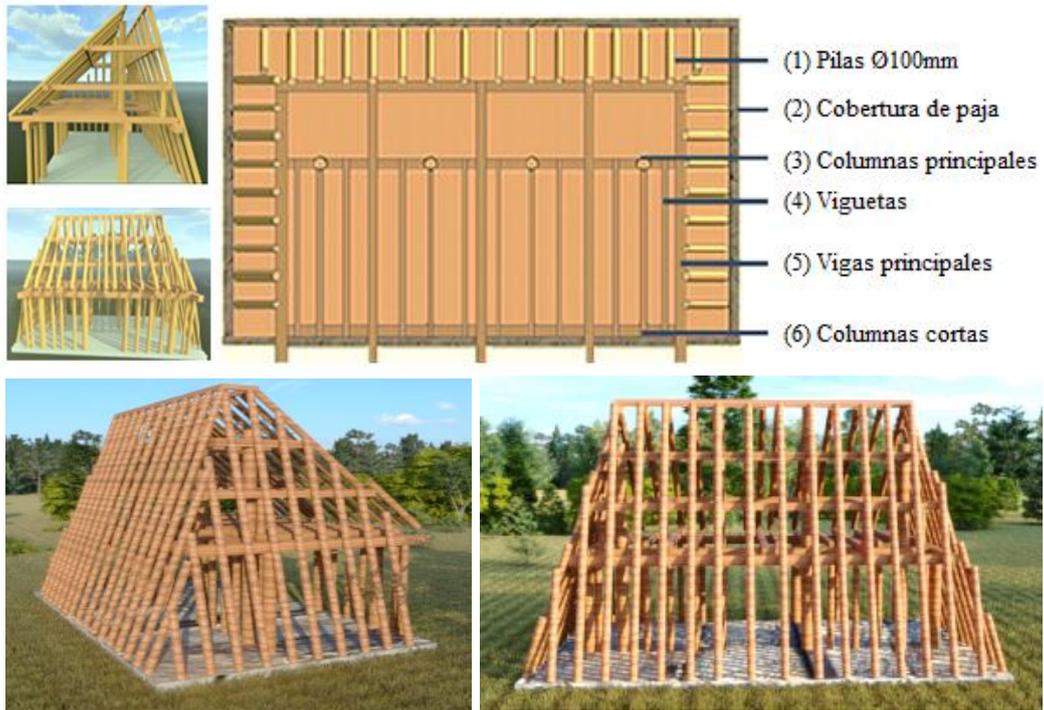


Ilustración 8 Estructura vernácula, corte en la segunda planta

Conexiones y uniones. – Varios tipos de conexiones, trabajando principalmente a compresión, apoyo tipo rodillo internamente, pero restringido lateralmente con los elementos inclinados, en la mayoría de elementos, únicamente se presenta ensamblaje con cabuya, corte tipo espiga o enlace entramado.



Ilustración 9 Tipos de conexiones en la vivienda vernácula

Aspecto social. – actualmente las construcciones vernáculas, comparten espacio con la tradicional e incluso con viviendas actuales de hormigón o acero. El máximo atractivo de este modelo no sólo radica en un buen comportamiento, a pesar de ser un sistema diferente al manejado actualmente, sino también en la adaptación con el paisaje, ya que forma parte del ecosistema mismo, inclusive, dando la sensación de inexistencia de un elemento humano, lastimosamente estas, ya están siendo relegadas a almacenes o abandono, y como efecto en su paulatina desaparición.



Ilustración 10 Construcciones vernáculas en el cantón Guano

2. Comparación de construcciones antiguas vs actuales

Para realizar una comparación que concuerde con una investigación enfocada en construcción sostenible, primero se ha determinado un análisis de espacialidad de las 20 construcciones tomadas como muestra (*Anexo 4*), esto, como un análisis previo de las construcciones, para posterior considerar la relación de las estructuras con el espacio, forma y contexto, sin abandonar el foco estructural que es primordial para la propuesta final, todo esto, ha sido evaluado mediante una matriz comparativa en el (*Anexo 5*). Los parámetros principales de comparación han sido impacto ambiental, impacto social y comportamiento estructural, que son ejes referenciales a un análisis sostenible, teniendo entonces, resultados para cada una de las viviendas y resumiéndolas según el sistema constructivo como se muestra en el siguiente cuadro:

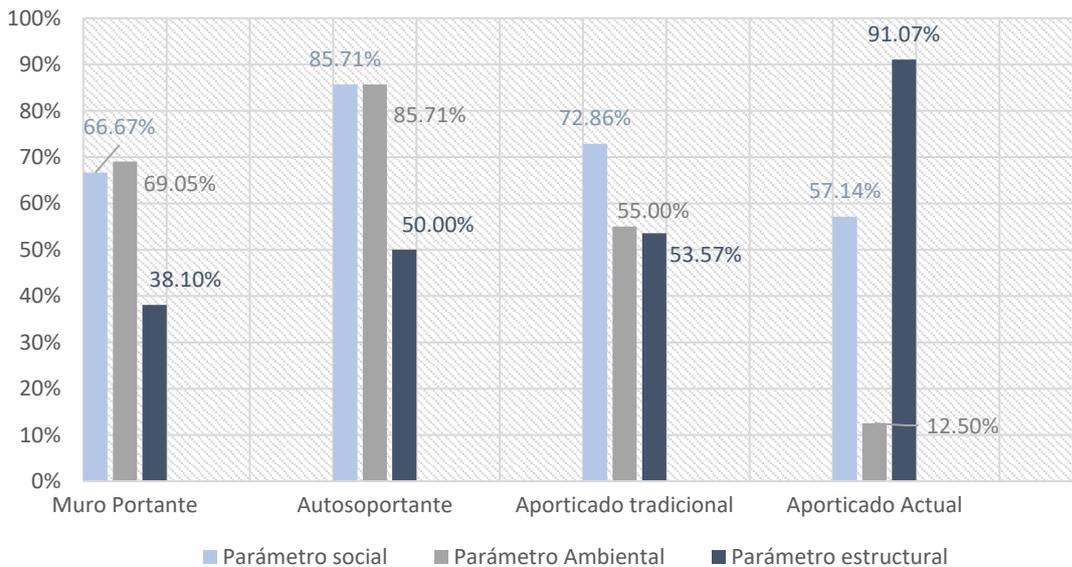


Ilustración 11 Caracterización y valorización por sistemas constructivos

Descripción. - El sistema autoportante muestra un mayor equilibrio dentro del aspecto ambiental, principalmente por la utilización completa de materiales naturales, así mismo al ser algo propio, tiene una gran comunicación con el aspecto social, sin embargo, dentro del campo estructural, quedan deficiencias, especialmente por la falta de ventilación que genera un ambiente propicio para el deterioro de la madera o la presencia de plagas.

El sistema aporticado tradicional, tienden a ser estructuralmente semi - estables, debido a las falencias que existen en las cimentaciones, sin embargo, generan un equilibrio con relación al parámetro ambiental al tener a la madera de la zona como actor estructural; una de sus grandes ventajas es la configuración variada, que da a estas estructuras un aporta al ámbito social, mostrando el tipo de interacción que muestran estas personas en su vida diaria relacionando espacios con utilidad

El sistema de muro portante, ya no interactúa en el presente como un solo sistema, la mayoría de estas construcciones han desaparecido o se encuentran en ruinas, más bien, se pueden ubicar dentro de rehabilitaciones y mejoras del sistema tradicional aporticado, una relación que en la construcción actual se maneja mucho.

Finalmente, el sistema aporticado actual, es un sistema estructuralmente bueno, que en la mayoría de sus casos, resuelve el problema con los asentamientos diferenciales, sin embargo, en la zona al carecer en la mayoría de sus casos, de una dirección técnica real, son construidos de manera más industrial, sin un análisis que lleve a una configuración, que aporte al ámbito social, sino más bien, perdiéndolo con cuartos cuadrados juntos entre sí, por otro lado, su impacto ambiental es alto en la zona, al ser todos los materiales importados y mano de obra externa, que generan pérdidas económicas en el sector y siendo contraria a la construcción en seco, ambientalmente muy buena, que se manejaba mucho en sus construcciones del pasado.

2.1. Análisis de configuración estructural

Complementariamente, con el análisis espacial realizado de las viviendas de estudio se ha determinado para las dos tipologías de interés, la subclasificación, acorde a la configuración de cada una de ellas, considerando en ambos casos para viviendas de dos pisos, en la vernácula unas escaleras internas, y en la tradicional unas gradas externas, generalmente la configuración responde a la necesidad de enlazar espacios, lo cual, es de principal enfoque dentro del diseño de la propuesta.

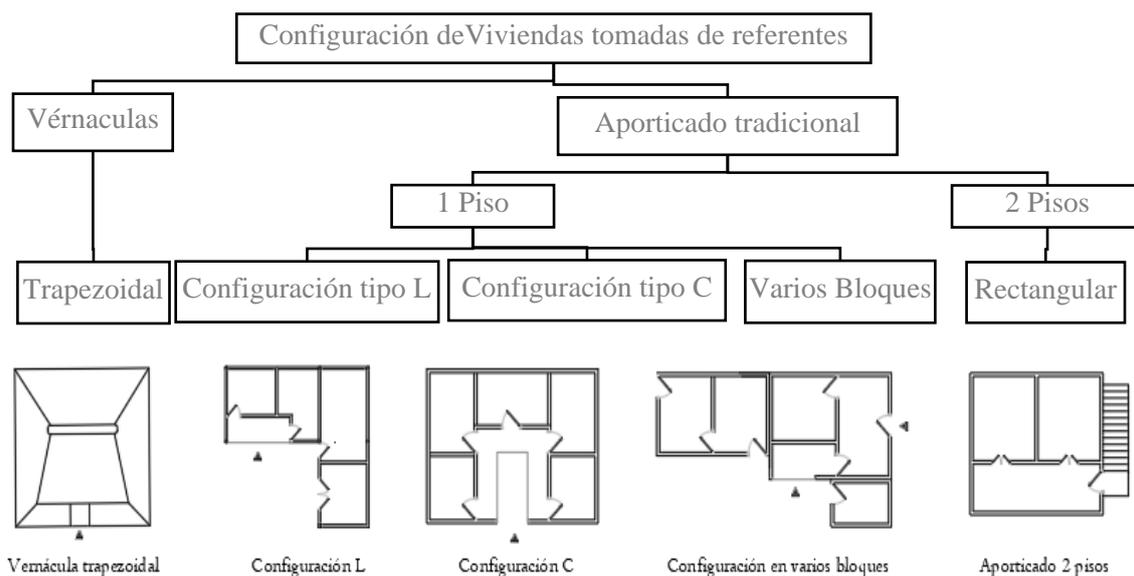


Ilustración 12 Análisis resumen de referentes, según tipologías vernáculas y aporticados tradicionales

2.2. Lineamientos del material

Mediante la observación estructurada, investigación bibliográfica y sobre todo el análisis y comparación de la muestra, se ha podido crear una serie de lineamientos para la propuesta del modelo con las características más relevantes de los sistemas autoportantes y aporticados tradicionales, procurando mejorar el comportamiento, adicionalmente, los datos que servirán para el análisis y diseño de las viviendas, especialmente enfocada a la estructura.

Tabla 3 Lineamientos del modelo estructural

Características principales de los materiales	
Sistema constructivo	Sistema Tradicional
Configuración	Regular: mejor distribución de espacios y comportamiento estructural
Aspecto social	Distribución de áreas.
Aspecto ambiental	Materiales locales.
Aspecto estructural	Disposición de dos plantas, para mejor distribución.
Aspecto urbanístico	Muros verdes, que reduzcan el impacto visual
Material estructural	Madera.
Especie disponible	Eucalyptus globulus / Nombre común Eucalipto.
Sistema constructivo	Poste viga
Densidad seca al aire	0.73 g/cm ³
Densidad básica	0.55 g/cm ³
Clasificación	Grupo C
Módulo de elasticidad	90 000 MPa
Módulo de Poisson	0.325 – 0.40
Coefficientes contracción K	0.42
Peso específico madera Tipo C	0.0081 kg/cm ³
Conductividad térmica	0.03 Kcal/h-m-°C / Material aislante
Factor de disipación sísmica	R = 2.5
Conexiones (pernos y pletinas)	Resistencia a fluencia mínima de 2300 kg/cm ²
Humedad de la madera	12% - 19%
Muros externos	Piedra / ladrillos huecos

Fuente: elaborado por Coral, J., (2020), complementando don datosc

3. Propuesta del modelo

3.1. Localización y características del proyecto

Tabla 4 Características del terreno y localización

Localización y características del terreno		
Macro localización:	El proyecto se ubicará en el cantón Guano.	
Micro localización:	Zona Gatazo alto – predominante en el muestreo	
Tamaño del proyecto:	Área propuesta de 400m ² - sector rural	
Uso	Vivienda	
Beneficiarios	4 miembros.	
Caracterización amenaza sísmica	Alta	(NEC-SE-DS, 2015)
Zona sísmica	V	(NEC-SE-DS, 2015)
Valor factor Z	0.40	(NEC-SE-DS, 2015)
Tipo de suelo NEC	D	(MIDUVI, 2015a)
Altitud	2620 m.s.n.m.	(INAMHI, 2013)
Tipología 1:	Aporticado tradicional	
Uso	Vivienda	
Factor I	Coeficiente 1.0	
Temperatura media anual Guano	13.5°C	(NEC-SE-MD, 2015)
Humedad de equilibrio en madera	14.1%	(NEC-SE-MD, 2015)

Fuente: Coral, J., (2020), referencia de datos MIDUVI, (2013)

3.2. Propuesta arquitectónica

3.2.1. Programa Arquitectónico de áreas

La distribución de espacios detalladas en el programa arquitectónico, reflejan en gran parte al aspecto social, proveniente del análisis de los elementos comparados.

Los planos, cortes y modelación de la propuesta arquitectónica, se encuentra especificada en el *(Anexo 6)*, mismo del que se complementa la evaluación estructural.

Tabla 5 Distribución de espacios propuesta para el modelo

Área	Distribución de ambientes	Detalles
Área 1 (Áreas privadas)	Dormitorio máster	Vista al exterior y área social.
	Dormitorios regulares	Ventilación e iluminación cruzada.
	Baño máster	Baños en línea (reducción material/ área expuesta a la
	Baño compartido	humedad/ olores y daño a la estructura).
Área 2 (Áreas semi privadas)	Cocina	Área ventilada y comunicada a espacios sociales.
	Comedor	Comunicado con área social externa (comedor externo).
	Lavandería	Área comunicada con los espacios externos.
Área 3 (Áreas sociales)	Sala	Espacio amplio, vinculados con áreas tipo 2.
	Baño social	Baños en línea.
	Hall	Distribuidor de área social interna y externa.
	Área social 1	Espacio destinado a actividades sociales.
Área social 2	Espacio destinado a jardinería/mascotas.	
Área 4 (Áreas productivas)	Local / Taller	Espacios de autonomía productiva.
	Huerto posterior	Espacios de producción personal o comercio.
	Criadero de animales	Espacios de producción personal o comercio.



Ilustración 13 Destinación de espacios privados dentro de la residencia

3.2.2. Características de diseño

Tabla 6 Característica de diseño arquitectónico

Criterio	Protección	Detalle
Social	Material	<ul style="list-style-type: none"> – La madera, paja y bahareque son materiales de uso tradicional local, especialmente cuando es sistema constructivo de madera habilitada o pre cortada.
Ante incendios	Ubicación de puntos críticos: Diseño preventivo:	<ul style="list-style-type: none"> –Cocina: colindante a lavandería. –Horno: Área externa y ventilada. –4 rutas de escape y de contención en caso de incendio. –Escaleras céntricas equidistantes a los 4 puntos.
Ante la humedad	Disposición sanitaria: Disposición red de agua potable	<ul style="list-style-type: none"> – Baños alineados según plantas, limitando instalaciones y posibles puntos de humedad –Baños alineados según plantas, limitando instalaciones y posibles puntos de humedad
Confort	Ventilación: Aislamiento:	<ul style="list-style-type: none"> – Ambientes conectados por distribuidores, ventanas y áreas sociales externas conectadas con ambientes externos. – Alturas de entrepiso de 2.20m para conservación de calor. – Mampostería interna con buen comportamiento térmico y acústico.

3.2.3. Representación y vista isométrica



Ilustración 14 Fachada principal



Ilustración 15 Fachada principal y vista isométrica del área residencial

Descripción. - finalmente la recopilación de espacios también se comunica con los materiales empleados, mientras la vivienda se direcciona a lo tradicional (madera), las actividades como talleres y agricultura, se direccionan a lo vernáculo (mampostería en piedra).

3.3. Propuesta estructural

3.3.1. Criterios de diseño y selección del material estructural

Tabla 7 Criterios de diseño estructural

Criterio	Solución	Detalle
Económico Ambiental	Selección de material:	La madera es un material natural y resistente, así como también la madera vista estéticamente es agradable y no requiere complementarse con cielo raso, es decir, reduce materiales, aligerando el sistema en general.
	Sistema poste – viga:	Requiere mano de obra semi calificada, debido al ensamble de menos elementos que el sistema entramado, por lo que también requiere menos cortes y desperdicios.
	Tiempo de construcción	La madera y el sistema, permite un ensamblaje en menor tiempo en elementos estructurales, reduciendo el tiempo de obra.
Social	Selección de material:	La madera ha sido la materia prima junto a la piedra de la evolución constructiva en la zona, por lo que puede generar fuentes económicas en la zona, además de demostrar su eficiencia en construcciones similares.
	Sistema poste – viga:	Permite incluir diferentes soluciones: como mampostería alivianada de bahareque u otros que se puedan disponer en el medio, además permiten una estructura vista atractiva.
Estructural	Selección de material:	La reducción de materiales a su vez, permite un menor peso general de la estructura, generando una buena relación resistencia/peso o eficiencia estructural.
	Sistema poste – viga:	Un sistema constructivo en seco, de rápido armado y versátil, la estructura puede ser aprovechada en un menor tiempo, aunque se debe procurar conexiones y estabilidad lateral.
	Secciones:	Establecer secciones corresponde a un cálculo según las solicitaciones particulares, pero también cabe recalcar, que, en el caso de la madera, es preferible trabajar con secciones comerciales debido a factor económico, éstas pueden ser reforzadas o configurarlas dentro de lo posible.
	Luces:	Entre las recomendaciones para el sistema, está la separación máxima de 3.50m al utilizar viguetas para el entepiso; estas luces están diseñadas para cargas uniformes y moderadas, por lo que, para elementos de mayor peso, es preferible reducir luces para garantizar mejor distribución de esfuerzos.

3.3.2. Modelo estructural sostenible

Los datos de la cuantificación de cargas, combinación de cargas y diseño estructural en general se ubican en el *(Anexo 7)*.

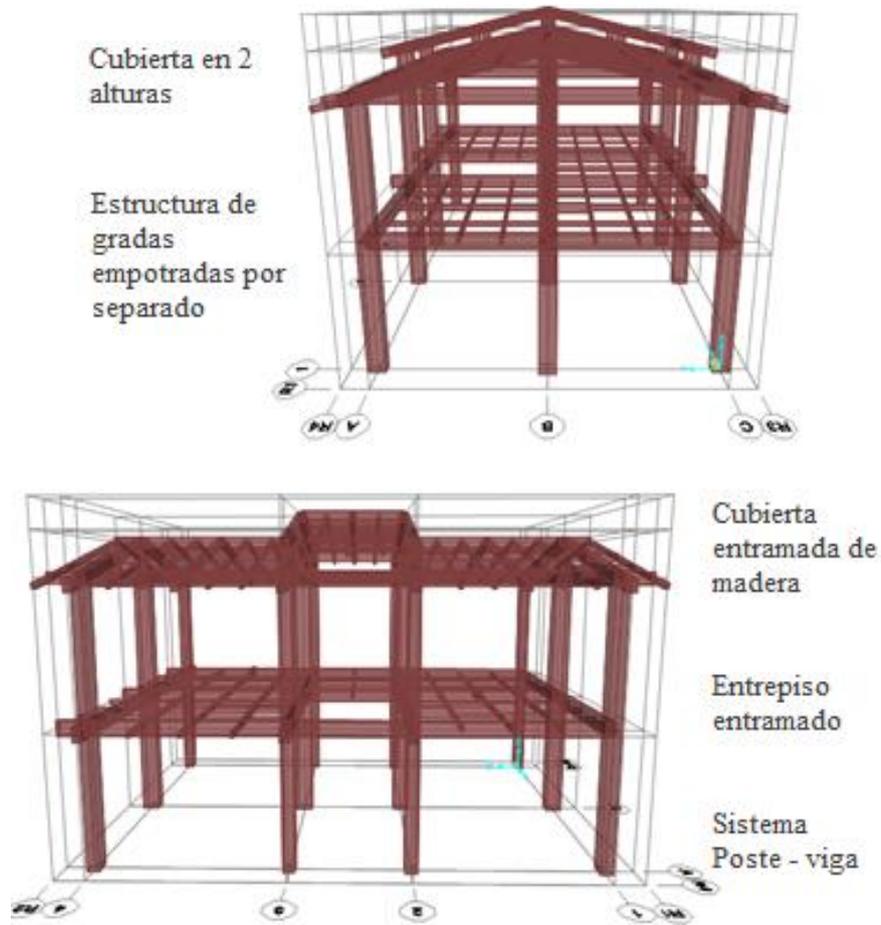


Ilustración 16 Configuración de la planta

Tabla 8 Resumen de secciones consideradas para el modelo

Ítem	Elemento	Secciones
Estructura	Columnas	20x15 cm ²
	Vigas	15x10 cm ²
	Entramado	10x8 cm ²
Cubierta	Viga cumbre	15x10 cm ²
	Viguetas	10x5 cm ²
	Correas	8x5 cm ²

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Conclusiones

El término sostenible, tiene muchos puntos de partida, acorde al campo en el que se espera desarrollar; sin embargo, esencialmente para esta investigación, se ha partido de un análisis y evaluación de los recursos existentes, tratando de tomar las características más significativas y proponer lineamientos que ayuden a la concepción de un modelo equilibrado en el aspecto social, ambiental y estructural, una propuesta sostenible.

La selección de recursos pre existentes, viviendas antiguas, deben ser consideradas no sólo como objetos aislados, sino acoplarlos a otras características para entender a sus usuarios y poder comprender su valor dentro de la comunidad y entender su valor patrimonial para evitar excluir este parámetro social; estas poblaciones del sector rural, pertenecen a un grupo vulnerable por sus posibilidades económicas limitadas, han incentivado la necesidad de improvisar soluciones constructivas, con los materiales a su alcance; a través del tiempo la construcción vernácula y tradicional, refleja la creatividad, debido a sus modelos propios únicamente desarrollados mediante métodos empíricos; la realidad es que la investigación refleja que este patrimonio está siendo relegado por los sistemas constructivos que ofrecen mayor industrialización y están siendo descartados erróneamente como obsoletos e incluso han adquirido un estigma de inferioridad; si bien en la actualidad ya contamos con softwares de soporte en Ingeniería, esto no ha facilitado su desarrollo, sino más bien su reemplazo con materiales como hormigón y acero, que procuran optimización de tiempos, dejando de lado al lado humano y ambiental, para una industria que se considera la más contaminante y que busca en gran medida procesos constructivos rápidos y económicos, posesionándose como construcciones actuales y relegando a las anteriores como alternativas.

Gran parte de la identidad social, está representada en las viviendas vernáculas, que guardan un evidente vínculo con la naturaleza, debido a la capacidad de expresar formas que se mezclen y adaptan totalmente al medio, incluso haciendo difícil divisarlas en grandes espacios, sin embargo su configuración no le da la libertad completa al usuario, sacrificando confort; la tradicional, sin embargo, ha mutado según las actividades de los usuarios y conecta espacios con entramados de varios materiales, juegos de alturas, resaltando especialmente las áreas sociales; mientras tanto construcciones como el hormigón y acero, quienes denotan un impacto ambiental significativo, rompiendo dentro del aspecto social, en una comunidad artesana con una construcción más industrial, al construir bloques independientes generalmente; finalmente, mientras se estudia constantemente en mejoras de hormigón o sus procesos constructivos, para los materiales alternativos aún se trabaja con normativas muy poco interferidas; las construcciones deberían ser sistemas que permitan la colaboración e inclusión con la comunidad desde su concepción, su construcción, funcionamiento e incluso su demolición, mediante materiales que eviten ser contaminantes, o la reduzcan en mayor medida.

Si bien ya han existido estudios de propuestas de viviendas de interés social, estos parten de su configuración arquitectónica o economía, existe muy poco aporte dentro de la Ingeniería Civil orientada a preservar el patrimonio constructivo e incentivar el uso de material estructural natural y sistema constructivo acorde a las necesidades, asociándolas con el eje social. Es así entonces, que el modelo propuesto, surge del sistema tradicional predominante y concibe a un sistema poste-viga que incentive la utilización de mano de obra semi calificada, materiales y colaboración del mismo sector, creando fuentes de trabajo e independizándolos de industrialización en la mayor medida posible; la estructura vernácula ha proporcionado la noción de interactuar con el medio, surgiendo en la propuesta una combinación de materiales como piedra y madera que se comuniquen

según el rol dentro de la vivienda rural; finalmente el diseñador debería dar la opción y defender también los materiales alternativos, tratando de impulsar la construcción de menor impacto ambiental ante los crecientes procesos de industrialización que en la actualidad van en aumento.

2. Recomendaciones

- Existe un sesgo de datos con respecto a los bienes patrimoniales, por la dispersión existente de estas viviendas antiguas en el sector rural, además no se le ha aportado valor y reconocimiento a estas construcciones, aportado por la falta de políticas públicas y bajos recursos destinados para su mantenimiento y socialización; estos elementos, en conjunto con la intención de modernización, generan un impacto silencioso, donde inmersamente no se reconoce el valor cultural de esta ingeniería empírica, es necesario crear socialización del patrimonio, para generar valor en las personas de la historia constructiva.

- Gran parte de las construcciones antiguas declaradas o no como bienes de interés, fallan en sus cimentaciones, generalmente superficiales con piedras, debido a asentamientos diferenciales; sería útil generar un campo de investigación dedicado a la identificación de su estado y reforzamiento en sus bases y mamposterías, con respecto a conservación patrimonial.

- El modelo está concebido con madera, siendo este material ambientalmente aceptable; sin embargo, se debe recalcar que estos bosques existen en la zona y que, la construcción en madera a mayor escala, requeriría un aprovechamiento adecuado del material; exigiendo una producción sostenible, es decir, crear planes de forestación superiores al consumo, y evitar así, un fenómeno de tala indiscriminada.

- Un problema principal de las viviendas vernáculas es la falta de ventilación e iluminación, que propicia un ambiente destructivo para la estructura; con el énfasis de preservarlas, se debería estudiar más a fondo sobre este sistema únicamente, enfocarlo a bodegas u otro uso similar, tratando de replicarla y garantizar su vigencia mediante, la estabilidad de la estructura, uniones seguras pero flexibles y protecciones a la humedad. El sistema vernáculo tiene potencial, es una importante demostración de la iniciativa de la gente del lugar, es necesario rescatar este sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo Cruz, J. E. (2017). *Diseño Arquitectónico de Viviendas Progresivas de Interés Social para el Barrio “Menfis Bajo”, en la Ciudad de Loja*. 185.
<https://www.universidades.com.ec/universidad-internacional-del-ecuador>
- Baldeón Jiménez, B. (2015). *La arquitectura y los métodos actuales para sustentabilidad* [Universidad Central del Ecuador].
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12519/1/T-UCE-0015-726.pdf%0Ahttp://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10034>
- Bernabeu Larena, R. (2007). *Estrategias de diseño estructural en la arquitectura contemporánea* [Universidad Politécnica de Madrid].
http://oa.upm.es/910/1/Alejandro_Bernabeu_Larena.pdf
- Bragança, L., Mateus, R., & Koukkari, H. (2010). Building sustainability assessment. *Sustainability*, 2(7), 2010–2023. <https://doi.org/10.3390/su2072010>
- Castilla, M., Álvarez, J. D., Berenguel, M., Pérez, M., Rodríguez, F., & Guzmán, J. L. (2010). Técnicas de Control del Confort en Edificios. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 7(3), 5–24.
[https://doi.org/10.1016/s1697-7912\(10\)70038-8](https://doi.org/10.1016/s1697-7912(10)70038-8)
- Cevallos, A. J., & Rivera, L. S. (2020). *Estudio Tipológico, constructivo de viviendas antiguas en el sector Chingazo alto, Ela y Valparaíso, cantón Guano* [Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>
- Concejo Municipal del Cantón Guano. (2019). *Ordenanza No. 007-2019* (No. 001–2019; Issue 007).
<https://www.municipiodeguano.gob.ec/index.php/transparencia/ordenanza>

- Coronel, F. (2015). *Placas estructurales prefabricadas alivianadas de madera para losas de entrepiso y cubierta*. October 2014.
https://www.researchgate.net/publication/271585285_Placas_estructurales_prefabricadas_alivianadas_de_madera_para_losas_de_entrepiso_y_cubierta
- Gallo, E. (2018). *Consecuencias en la etapa de diseño y construcción de un proyecto debido a la falta de implementación de un estudio de constructibilidad*. 23–24.
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>
- Guano, C. M. del C. (2019). *Ordenanza No. 006-2019. 006*.
<https://www.municipiodeguano.gob.ec/index.php/transparencia/ordenanza>
- Holtgard, E. (2009). *Framework for Self Sustaining Eco-Village*.
<https://scholarcommons.usf.edu/etd/2018>
- Hussain, A. (2016). *Sustainable structural design*. October 2012.
https://www.researchgate.net/publication/280428721_SUSTAINABLE_STRUCTURAL_DESIGN
- IGEPN. (2016). Instituto geofísico Escuela Politécnica Nacional. *Norma Ecuatoriana de La Construcción*. <https://www.igepn.edu.ec/cayambe/805-terremoto-del-5-de-agosto-de-1949>
- INPC. (2020). *Paúl Narvárez Jose Miguel Mantilla , Arquitecto , Director de Tesis*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Ecuador - VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010*. (I. N. de E. y C. I.-S. N. de P. y D. (SENPLADES) (ed.)).
- JUNAC PADT-REFORT. (1984). *Manual de diseño para maderas del grupo Andino* (p. 591).
- Meléndrez, S. (2014). *Estudio de los rasgos culturales representativos de Guano y su presencia en las artesanías actuales. Propuestas alternativas*. 37–38.

- <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3162>
- MIDUVI. (2013). NEC SE Estructuras de madera. In *Ministerio de desarrollo Urbano y vivienda* (Dirección, Issue 84). <https://doi.org/10.4067/S0717-69962013000200001>
- MIDUVI. (2015a). NEC SE Cargas (No Sísmicas). In *Ministerio de desarrollo Urbano y vivienda*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-CG.pdf>
- MIDUVI. (2015b). *NEC SE Vivienda*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-CG.pdf>
- Ministerio coordinador de patrimonio natural y cultural. (2008). *Conservación de arquitectura de mampuestos*.
- Ortiz, E. (1999). Arquitectura vernácula - Arquitectura con arquitectos: Una interacción fecunda en riesgo de extinción. *Revista Semestral Ciudad Alternativa*, 14, 12. <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/4745>
- Patrimoniales, E. (2004). *Manejo estructural de edificaciones patrimoniales*.
- Pérez, M., Eskola, F., Guzmán, S., Rosas, P., & Tapia, E. (2015). Identification of Passive Strategies for Sustainable Construction, on Vernacular Architecture of Ecuador. *European Scientific Journal*, 2(May), 1857–7881. <http://eujournal.org/index.php/esj/article/viewFile/5596/5392>
- Quesada, F., Calle, A. E., Guillén, V. F., Ortiz, J. M., & Lema, K. J. (2018). Método de Evaluación Sustentable de la Vivienda en la Ciudad de Cuenca, Ecuador. *Revista Técnica "Energía,"* 14(1). <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v14.n1.2018.173>
- Reyes Ordoñez, J. A. (2017). *Diseño Arquitectónico de un Conjunto Residencial Sustentable en la Ciudad de Loja* [Universidad internacional del Ecuador]. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2388>

- Rodríguez, F., & Fernández, G. (2012). Ingeniería sostenible: nuevos objetivos en los proyectos de construcción. *Construcción Sostenible*.
http://www.eoi.es/wiki/index.php/Construcción_sostenible
- Samayoa, J. P. (2017). Criterios para la selección del sistema estructural y su aplicación al diseño arquitectónico. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Torres, B., Segarra, M., & Bragança, L. (2019). El bambú como alternativa de construcción sostenible. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 5(August), 389. <https://doi.org/10.30972/eitt.503787>
- Van Lengen, J. (1989). *Manual del arquitecto descalzo* (Concepto S).
- Velásquez, C. R. C., Yautibug, F. C., Granda, L. E. Á., Balseca del Valle, W. E., Moreno, J. E. U., & Vinuesa, S. A. B. (2017). Análisis De Tipologías De Construcciones Alternativas Aplicadas A La Construcción De Un Centro Cultural Riobamba-Ecuador. *European Scientific Journal, ESJ*, 13(18), 73.
<https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n18p73>
- Velepucha Mora, D. (2014). *Propuesta Sustentable, Aplicada a Una Vivienda Saludable* [Universidad de Cuenca].
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20958>

ANEXOS

Anexo 1 Maderas dentro de Ecuador reconocidas por la JUNAC.

Tabla 9 Especies reconocidas dentro del acuerdo de la JUNAC

	Nombre científico	Nombre común	Densidad básica	Coeficientes contracción K		
				radial	tangencial	volumétrica
1	<i>Brosimum utile</i>	Sande	0.40	3.8	8.3	11.8
2	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Seique	0.37	4.1	8.3	12.0
3	<i>Cespedezia spathulata</i>	pacora	0.54	7.3	14.0	20.3
4	<i>Chlorophora tinctoria</i>	Moral fino	0.71	2.3	3.9	6.1
5	<i>Chysophyllum cainito</i>	caimitillo	0.74	7.9	11.1	18.2
6	<i>Clarisia racemosa</i>	pituca	0.51	2.8	5.8	8.4
7	<i>Eucalyptus globulus</i>	eucalipto	0.55	6.7	14.2	19.9
8	<i>Guarea sp.</i>	Piaste	0.43	4.1	8.0	11.8
9	<i>Hieronyma chocoensis</i>	mascarey	0.59	6.4	13.6	19.1
10	<i>Humiriastrum procerum</i>	chanul	0.66	7.1	10.0	16.5
11	<i>Minquartia guianensis</i>	Guayacán pechiche	0.76	4.2	8.2	12.1
12	<i>Parkia sp.</i>	Tangama	0.33	3.7	7.9	11.4
13	<i>Pinus radiata</i>	Pino insigne	0.39	4.6	7.7	11.9
14	<i>Pithecellobium latifolium</i>	Jíbaro	0.36	4.1	7.2	11.0
15	<i>Podocarpus rospiglosi</i>	Romerillo fino	0.57	3.2	5.7	8.7
16	<i>Podocarpus oleifolius</i>	Romerillo azuceno	0.44	4.9	8.0	12.5
17	<i>Pseudolmedia laevigata</i>	chimi	0.62	5.5	11.4	16.2
18	<i>Triplaris guayaquilensis</i>	Fernan sánchez	0.53	4.3	8.0	12.0
19	<i>Vochysia macrophylla</i>	laguno	0.36	4.6	10.2	14.3

Fuente: Coral, J., (2020), referencia de datos JUNAC PADT REFORT (1984)

Anexo 2 Características de diseño y sistemas constructivos en madera.

Tabla 10 Caracterización de la madera según la normativa

Grupo	Densidad básica	Esfuerzos admisibles [MPa]					Módulo de elasticidad E prom [MPa]
		Flexión	Tracción paralela	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Corte paralelo	
A	0.71 – 0.90	21	14.5	14.5	4	1.5	13000
B	0.56 – 0.70	15	10.5	11	2.8	1.2	10000
C	0.40 – 0.55	10	7.5	8	1.5	0.8	90000

Fuente: Coral, J., (2020), referencia de datos NEC-SE-MD, (2015)



Ilustración 17 Sistemas constructivos en madera

Fuente: Coral, J., (2020, referencia JUNAC PADT-REFOR (1984)

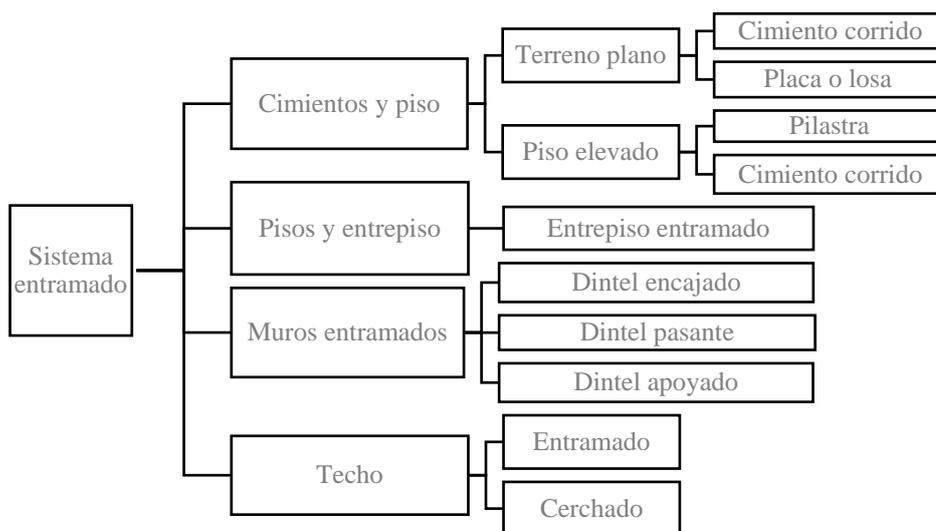


Ilustración 18 Característica de sistema constructivo entramado

Fuente: Coral, J., (2020), referencia JUNAC PADT REFORT (1984)

Anexo 3 Tipos de conexiones en madera.

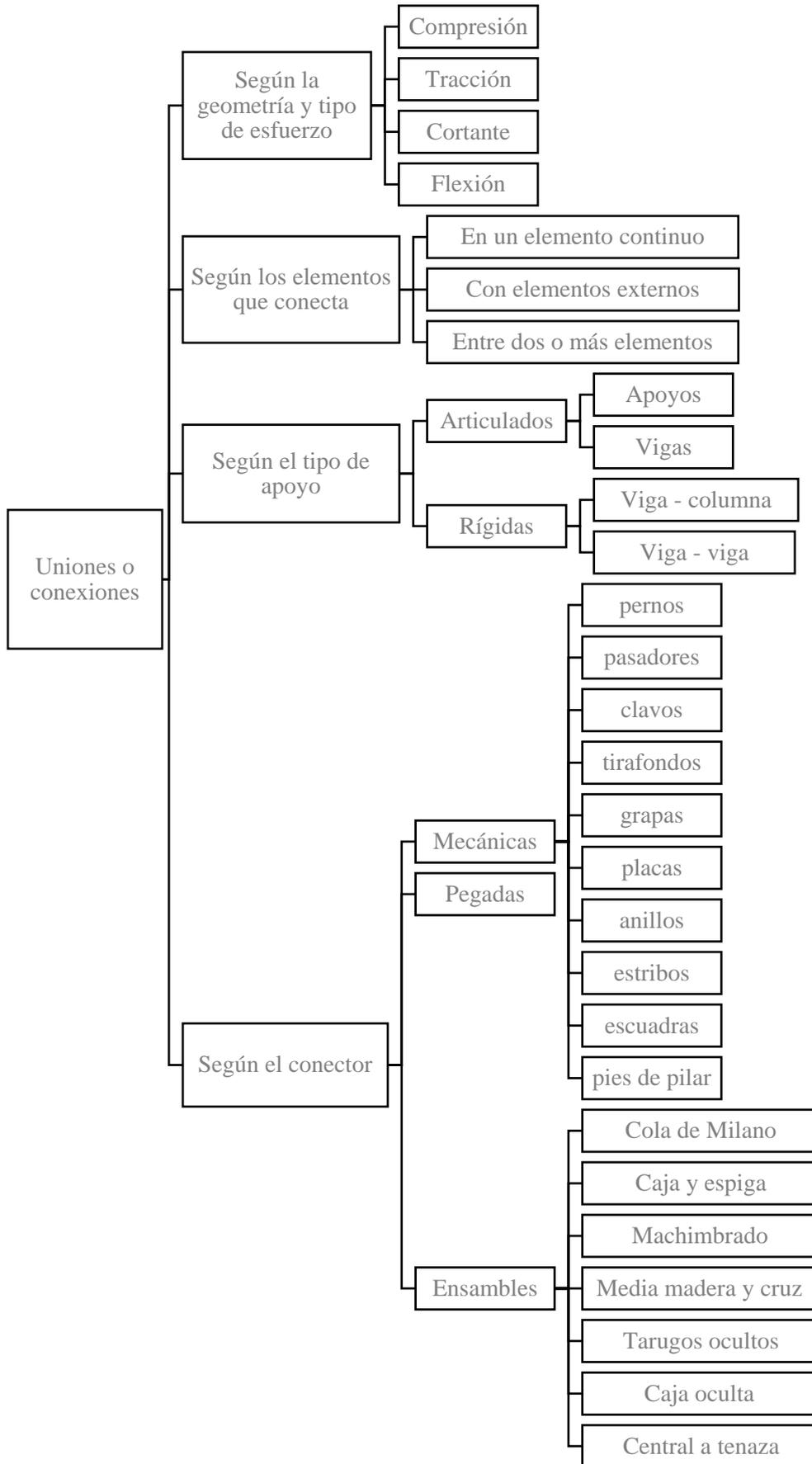


Ilustración 19 Tipos de uniones en sistemas constructivos de madera

Anexo 4 Análisis de espacialidad en las construcciones antiguas.

Ha sido importante definir las características de las viviendas en estudio, y las diferentes disposiciones de la estructura, según la función que se espera que cumpla y el contexto en el que se puedan encontrar.

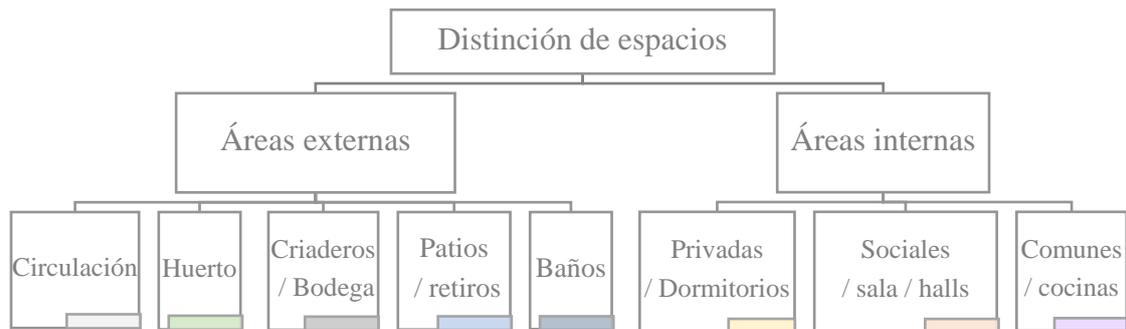


Ilustración 20 Distinción de espacios por construcción

Estos espacios han sido seleccionados según lo que se ha podido encontrar en la zona de estudio.

4.1. Construcciones con muros portantes

Tabla 11 Análisis espacial construcción M1





Nota: Combinación de tipologías, donde muros portantes de piedra se han ocupado para rehabilitación de la zona posterior izquierda.

Tabla 12 Análisis espacial construcción M2

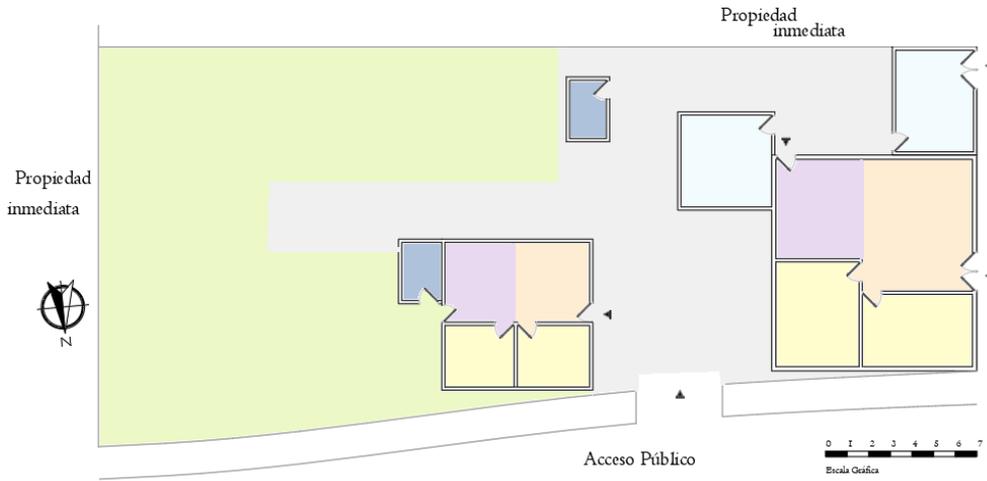


Código: M2

Tipología: Muros portantes

Material: piedra, Madera, ladrillo, bloque





Nota: Vivienda multifamiliar en buen estado, sometida a rehabilitación y a expansión, toma una combinación de sistema aporticado de madera y muro portante de piedra. Toma como referencia a la iglesia de Chocón, también construida en piedra que se encuentra frente a la vivienda.

Tabla 13 Análisis espacial construcción M3



Código: M3

Tipología: Muros portantes

Material: piedra, Madera



Nota: Vivienda abandonada, y en estado de ruina, cuya constitución es totalmente de piedra, a excepción de su cubierta.

4.2. Construcciones auto soportantes

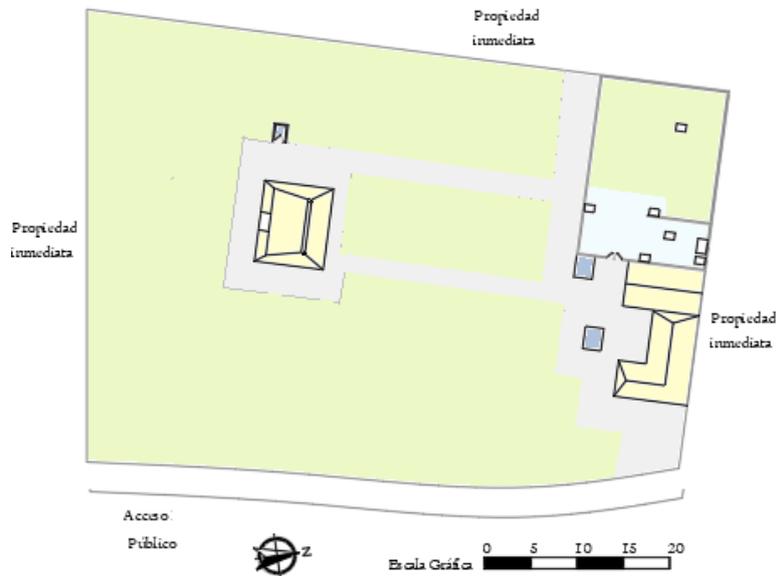
Tabla 14 Análisis espacial construcción S1



Nota: Vivienda unifamiliar, constituida con una estructura auto soportante actualmente relegada a una bodega.

Tabla 15 Análisis espacial construcción S2





Nota: Vivienda multifamiliar, conformada con una vivienda autosoportante, cuyo mantenimiento cesó y en el momento se encuentra abandonada y empieza a presentar daños en su cubierta externa.

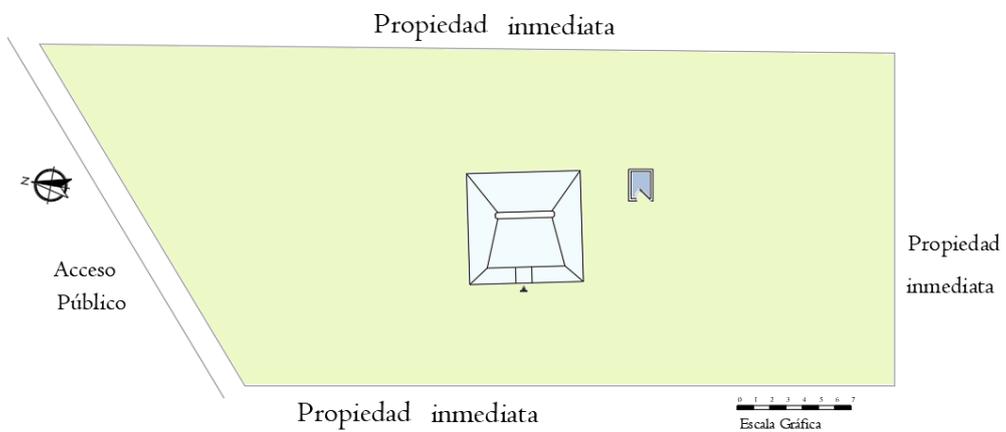
Tabla 16 Análisis espacial construcción S3



Código: S3

Tipología: autosoportante

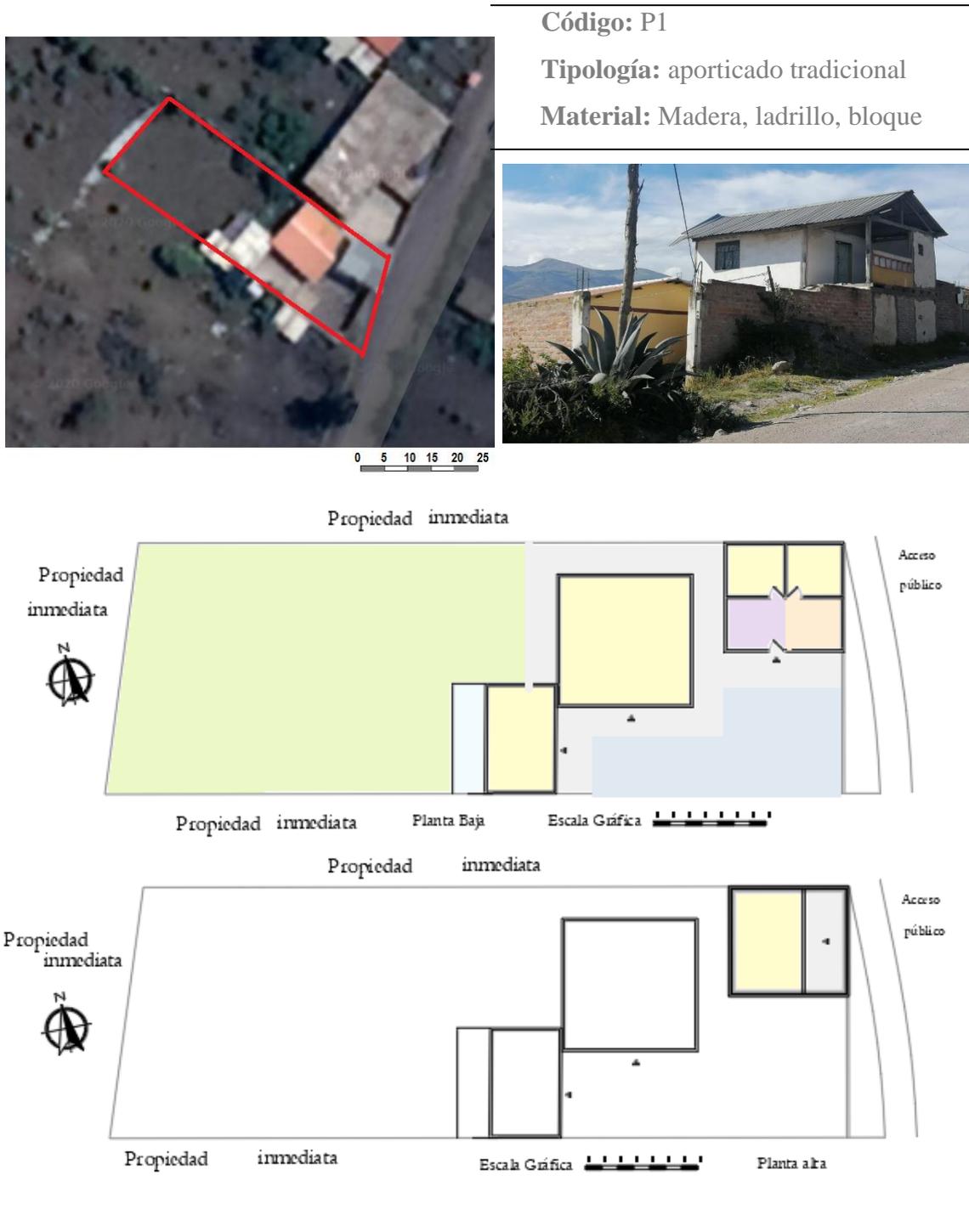
Material: piedra, Madera



Nota: vivienda vernácula, relegada a bodega, cuyo estado es bueno a pesar de la falta de mantenimiento.

4.3. Construcciones aporricados tradicionales

Tabla 17 Análisis espacial construcción P1



Nota: Vivienda multifamiliar, en donde el objeto de estudio ha estado en mantenimiento, y sujeto a remodelaciones menores, que no han afectado la estructura de sí misma.

Fuente: realizado por autora, AutoCAD

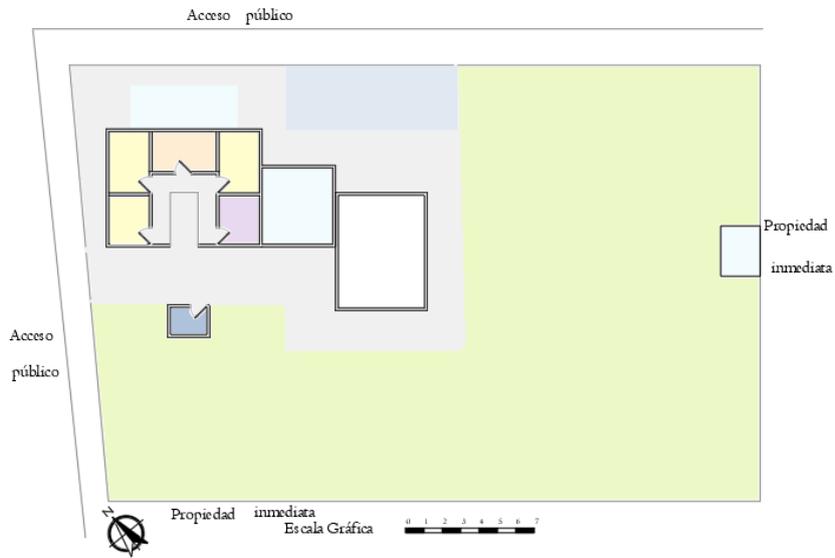
Tabla 18 Análisis espacial construcción P2



Código: P2

Tipología: Aporticado tradicional

Material: Madera



Nota: vivienda unifamiliar, con elementos estructurales de madera y patio interno.

Tabla 19 Análisis espacial construcción P3

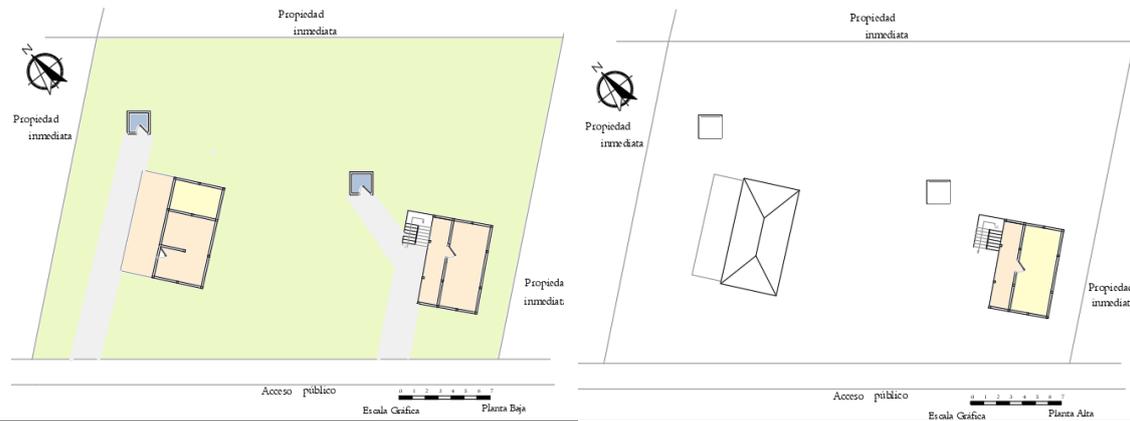


Código: P3

Tipología: aporticado tradicional

Material: Madera, bloque.





Nota: vivienda abandonada, en estado regular, cuyos elementos se encuentran separados.

Tabla 20 Análisis espacial construcción P4

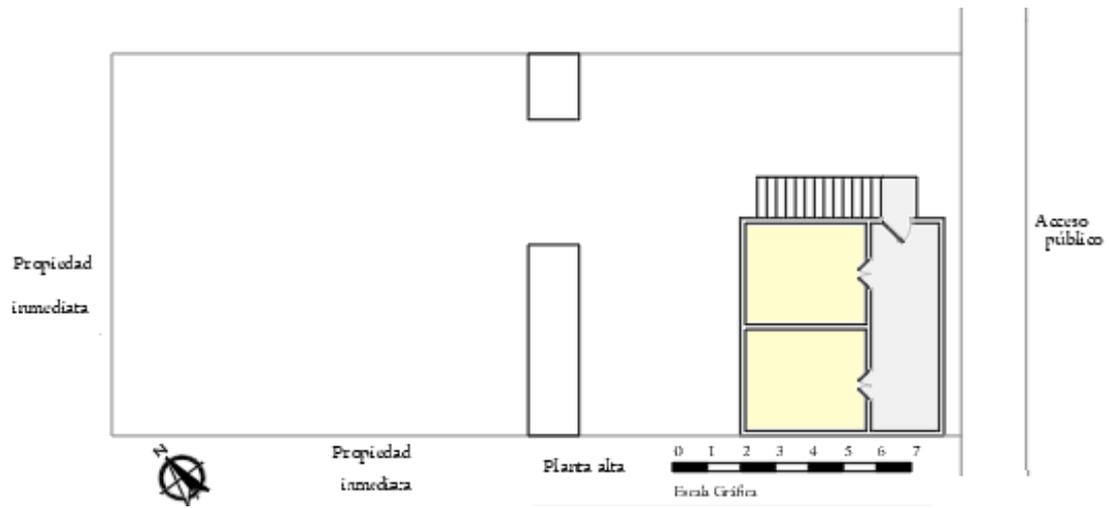


Código: P4

Tipología: aporticado tradicional

Material: Madera, ladrillo.





Nota: vivienda de dos pisos, unifamiliar, con gradas externas.

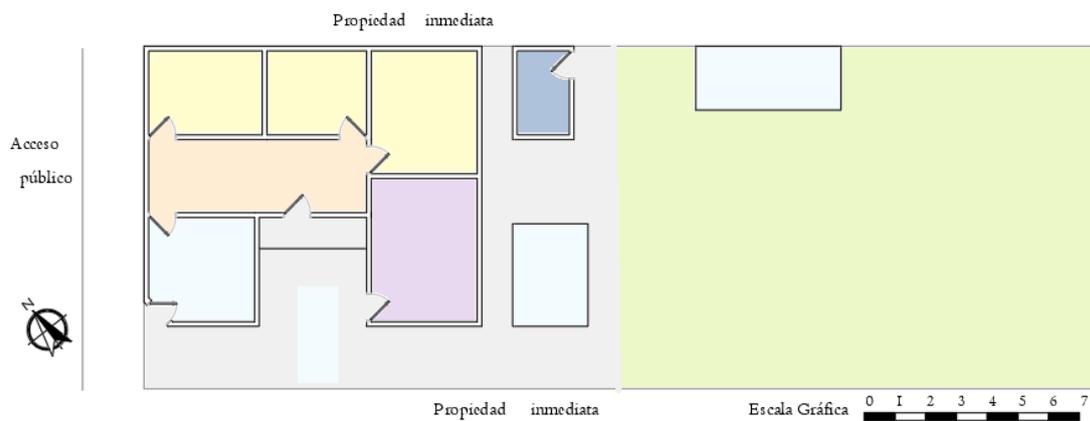
Tabla 21 Análisis espacial construcción P5



Código: P5

Tipología: aporticado tradicional

Material: Madera, ladrillo



Nota: vivienda unifamiliar, con doble acceso privado y público.

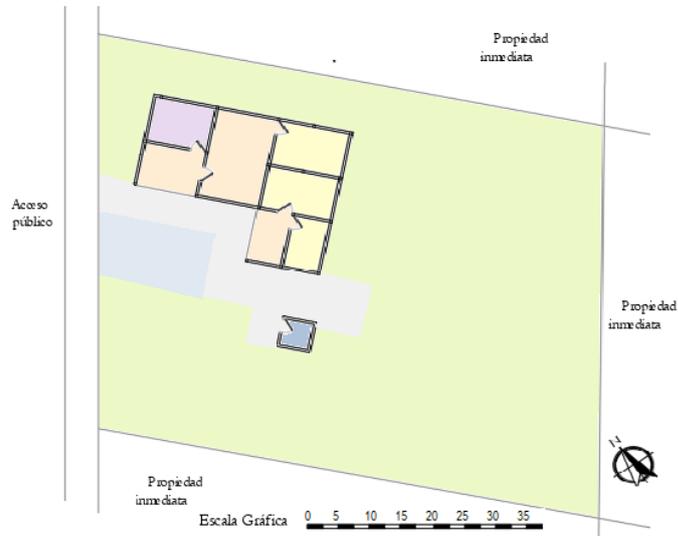
Tabla 22 Análisis espacial construcción P6



Código: P6

Tipología: aporticado tradicional

Material: Madera, bloques



Nota: vivienda unifamiliar, actualmente desocupada con material predominante de madera.

Tabla 23 Análisis espacial construcción P7

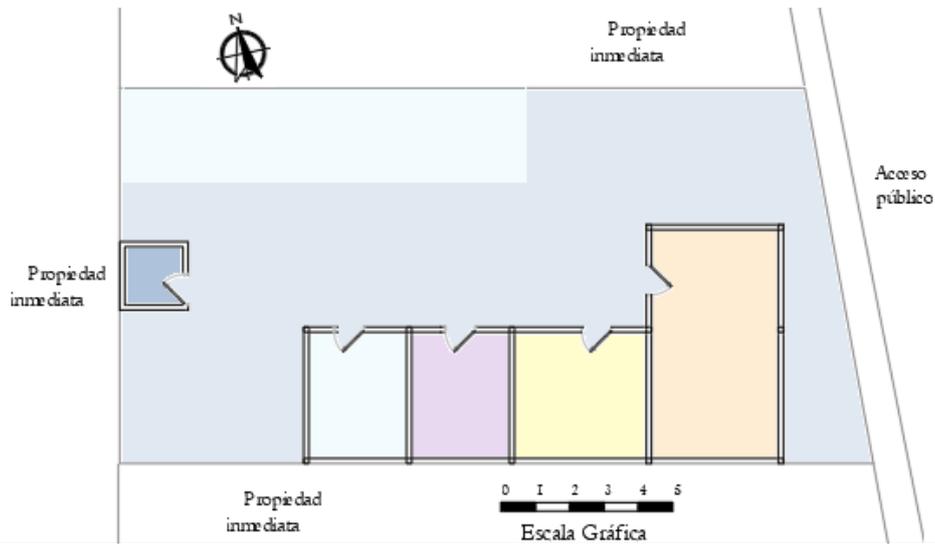


Código: P7

Tipología: Aporticado

Material: Madera, ladrillo





Nota: vivienda unifamiliar, material predominante de madera.

Tabla 24 Análisis espacial construcción P8

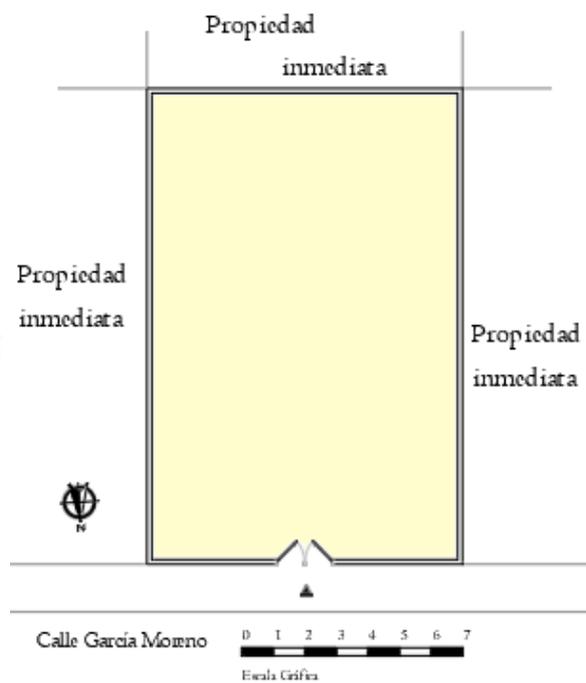


0 5 10 15 20 25

Código: P8

Tipología: Aporticado tradicional

Material: Madera, bahareque



Nota: vivienda tradicional con bahareque y madera, abandonada y en estado deteriorada.

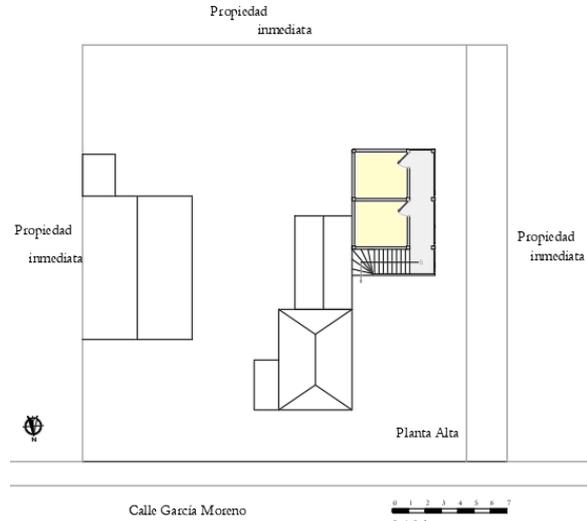
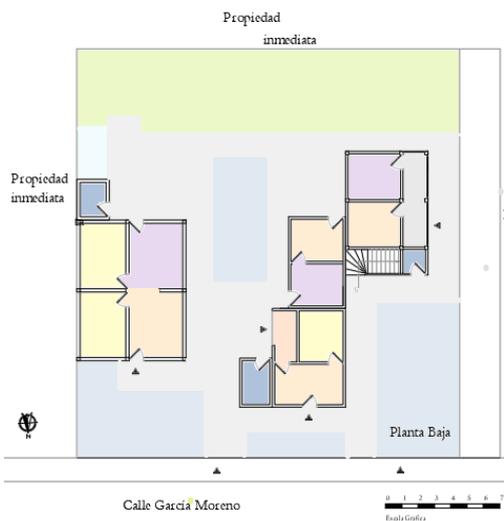
Tabla 25 Análisis espacial construcción P9



Código: P9

Tipología: Aporticado tradicional

Material: Bahareque/Madera



Nota: vivienda multifamiliar aporticada de madera ladrillo y bahareque

Tabla 26 Análisis espacial construcción P10

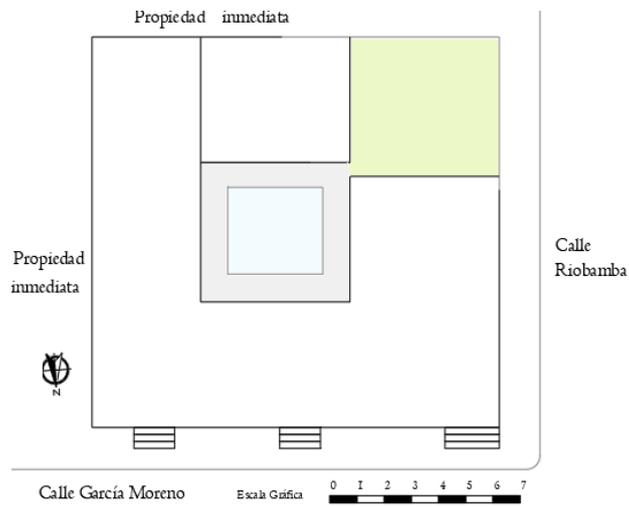


Código: P10

Tipología: Aporticado tradicional

Material: Madera

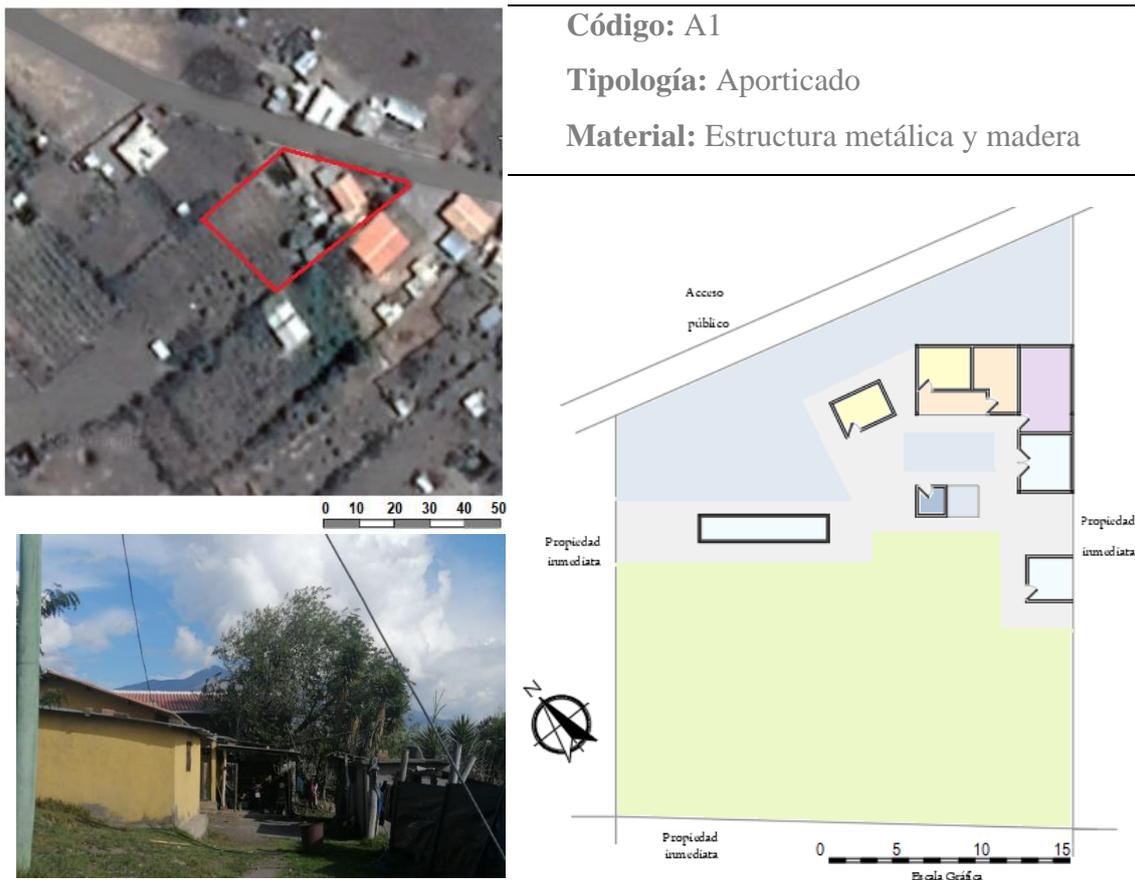




Nota: Vivienda abandonada de dos pisos, con patio central y en estado deteriorado.

4.4. Construcciones aporticados actuales

Tabla 27 Análisis espacial construcción A1



Nota: vivienda unifamiliar con estructura metálica con perfiles W.

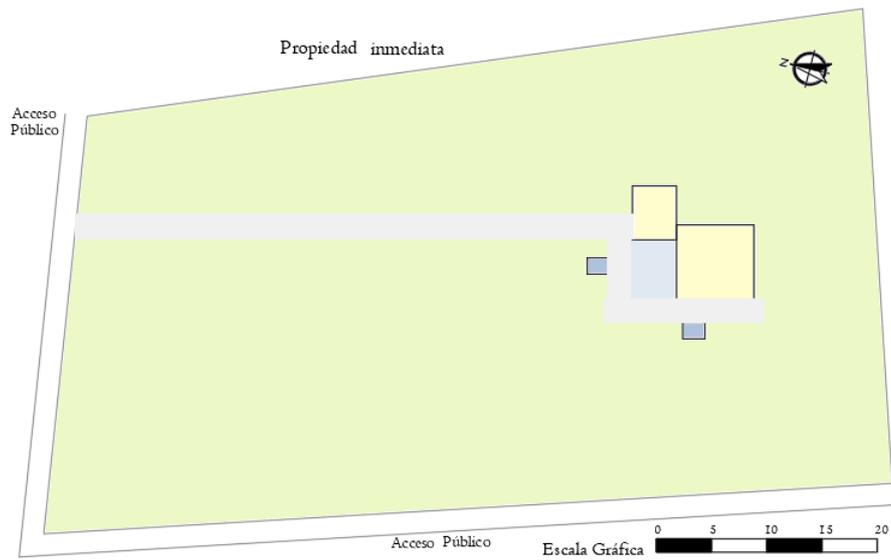
Tabla 28 Análisis espacial construcción A2



Nota: vivienda con estructura de acero, perfiles W.

Tabla 29 Análisis espacial construcción A3





Nota: Estructura de acero y de hormigón.

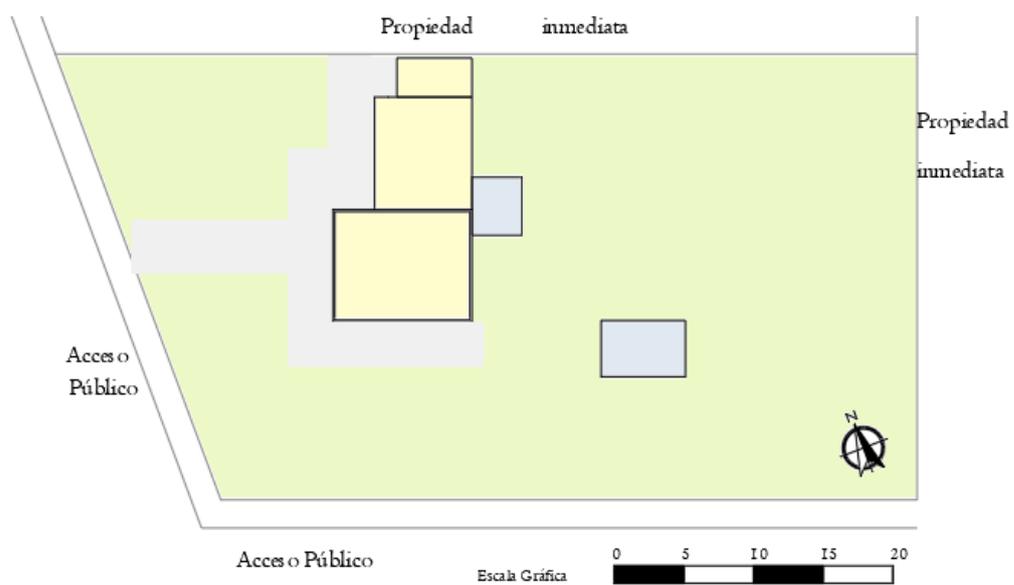
Tabla 30 Análisis espacial construcción A4



Código: A4

Tipología: aporticado

Material: hormigón, bloques



Nota: vivienda unifamiliar con estructura de hormigón.

Anexo 5 Análisis sostenible cualitativo de sistemas constructivos

Tabla 31 Matriz ponderativa de análisis sostenible cualitativo de las construcciones de estudio

Parámetro / Construcción	M1	M2	M3	S1	S2	S3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	A1	A2	A3	A4	Total	
Parámetro social	(espacios según necesidades del sector, 0 inexistente – 5 existente)																				Suma	%
Consta de servicios básicos	0	0	0	5	5	0	5	5	0	5	5	0	0	0	5	0	5	0	0	5	45	45,0
Consta con materiales propios del sector	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	5	0	5	5	0	0	90	90,0
Construcción intacta, sin remodelaciones	0	5	5	5	5	5	0	5	5	5	5	5	5	0	5	0	0	0	5	5	75	75,0
Consta de Criaderos (autoconsumo o venta)	0	5	0	5	5	0	5	5	5	5	5	5	5	0	5	5	5	0	5	5	75	75,0
Consta de Huerto (autoconsumo o venta)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	5	0	5	0	5	5	85	85,0
Consta de espacios sociales externos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	5	5	0	5	5	5	95	95,0
Consta de taller /almacén /tienda	5	5	0	5	0	5	0	5	0	5	5	0	5	0	5	5	5	0	0	0	55	55,0
Total	20	30	20	35	30	25	25	35	25	35	35	25	25	0	35	15	25	10	20	30	520	520,0
	57,1	85,7	57,1	100	85,7	71,4	71,4	100	71,4	100	100	71,4	71,4	0,0	100	42,9	71,4	28,6	57,1	85,7		
Parámetro Ambiental	(impacto pre durante y post construcción, 0 nulo – 2.5 parcial – 5 total)																				Suma	%
Estructura con material natural	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	80	80,0
Mamostería con material natural	2,5	2,5	5	5	5	5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5	5	2,5	2,5	2,5	2,5	67,5	67,5
Cubierta con material natural	5	0	5	5	5	5	0	0	2,5	0	0	2,5	0	5	5	5	0	0	0	0	45	45,0
Reducción C02 durante construcción	2,5	2,5	5	5	5	5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5	5	0	2,5	0	0	60	60,0
Sistema de montaje en seco o con reducción	5	2,5	2,5	5	5	5	5	2,5	0	2,5	2,5	0	2,5	5	5	5	0	2,5	0	0	55	55,0
Reducción de residuos durante construcción	2,5	2,5	2,5	5	5	5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5	2,5	2,5	0	0	0	55	55,0
Posibilidad de reciclaje de la estructura	2,5	5	2,5	5	5	5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5	5	0	65	65,0
Total	25	20	27,5	35	35	35	20	17,5	17,5	17,5	15	17,5	17,5	32,5	32,5	30	10	12,5	7,5	2,5	427,5	427,5
	71,4	57,1	78,6	100	100	100	57,1	50,0	50,0	50,0	42,9	50,0	50,0	92,9	92,9	85,7	28,6	35,7	21,4	7,1		
Parámetro estructural	(Comportamiento de la construcción y amenaza sísmica), 0 nulo – 2.5 parcial – 5 total)																				Suma	%
Buen estado del material no estructural	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5	5	5	60	60,0
Buen estado de la estructura	0	5	0	2,5	2,5	2,5	2,5	5	2,5	5	5	2,5	5	0	2,5	0	5	5	5	5	62,5	62,5
Sin planos de falla o colapsos	0	5	0	2,5	0	2,5	0	5	0	5	5	5	5	0	2,5	0	5	5	5	5	57,5	57,5
Mantenimiento de la construcción	0	0	5	2,5	2,5	2,5	0	2,5	2,5	0	0	0	0	2,5	2,5	0	0	0	5	2,5	30	30,0
Buen estado de conexiones	2,5	5	0	2,5	2,5	2,5	2,5	5	2,5	5	5	2,5	2,5	0	5	2,5	5	5	5	5	67,5	67,5
Buen estado de la cubierta	0	5	0	5	0	2,5	5	5	0	5	5	2,5	5	0	5	0	5	5	5	5	65	65,0
Buen estado de entepiso	0	5	0	5	2,5	2,5	2,5	5	0	5	5	2,5	5	0	2,5	2,5	5	5	5	5	65	65,0
Total	5	27,5	7,5	22,5	12,5	17,5	15	30	10	27,5	27,5	17,5	25	5	22,5	7,5	30	30	35	32,5	407,5	407,5
	14,3	78,6	21,4	64,3	35,7	50,0	42,9	85,7	28,6	78,6	78,6	50,0	71,4	14,3	64,3	21,4	85,7	85,7	100	92,9		

Nota: los indicadores de la matriz ponderativa, se han seleccionado a partir de las entrevistas realizadas con personas expertas en la investigación de la zona y de las mismas visitas realizadas de campo, además del parámetro estructural, cuyos indicadores han sido adaptados desde las recomendaciones de (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), 2012)

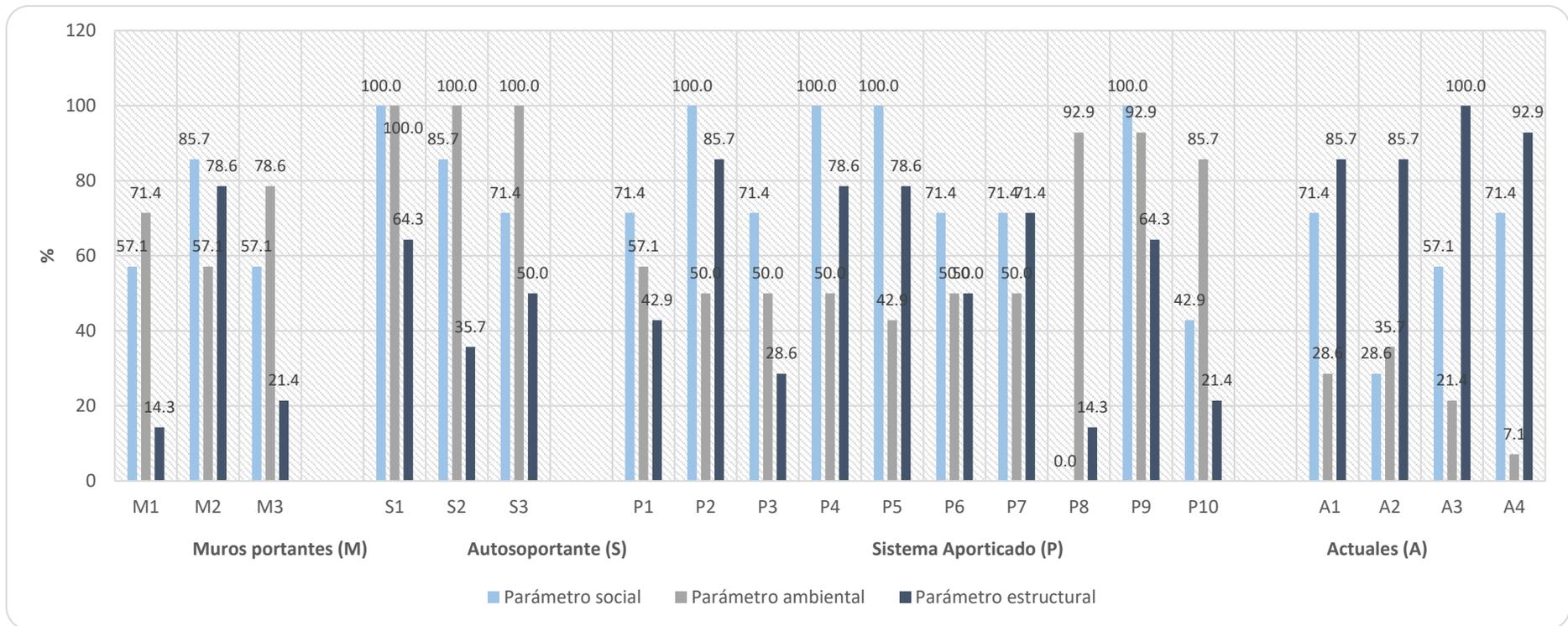


Ilustración 21 Resultados de análisis de sostenibilidad por construcciones

Fuente: Coral, J., (2020), tomado de table N°29

Las 26 viviendas de las cuatro tipologías consideradas se han analizado, teniendo las construcciones S1 S2 S3 con las mayores puntuaciones, las mismas que serán tomadas para un análisis de referentes, para la propuesta del modelo final. La construcción con mayor puntuación es S1 y S2 dentro del parámetro social y ambiental, además M2 M3 A4 P11 P3 para el parámetro estructural.

Explicación de la guía de evaluación sostenible de las viviendas

Tabla 32 Guía de la matriz de análisis sostenible de las viviendas

Marco teórico metodológico de la matriz ponderativa de análisis sostenible	
Al realizar un análisis sostenible, se debe definir las vulnerabilidades desde el punto de vista social, ambiental y estructural.	
Social	Si existe una vulnerabilidad social, esa no sólo radicaría en el aspecto económico sino en este caso, también de la forma de verse como comunidad e identidad personal, el Patrimonio cultural que se refleja en tradiciones y en este caso preciso, en la forma de construcción, mismas que se ha devaluado o desaparecido paulatinamente.
Ambiental	La construcción es una de las industrias más contaminantes y es necesario, contemplar que es necesaria la reducción o equiparación del costo general que estos procesos implican al medio ambiente desde la concepción del material.
Estructural	La vulnerabilidad misma de la estructura es su respuesta frente a solicitudes externas, es por esto, que es necesario resolver un material y sistema constructivo con buena eficiencia estructural.
Construcción de variables e indicadores	
	Espacios acordes a la zona y cultura.
Social	Servicios básicos
	Espacios para el desarrollo actividades económicas
	Origen del material
Ambiental	Contaminación durante proceso constructivo
	Generación de desperdicios
	Estado de la estructura
Estructural	Materiales empleados en la estructura
	Eficiencia estructural

Descripción de los insumos técnicos empleados

Observación	La toma de datos de las viviendas dentro de las posibilidades, ha sido necesario, además del entorno para relacionar a las viviendas con el contexto social desde el punto de vista de sus necesidades.
Análisis de espacialidad	Este análisis abre la posibilidad de clasificar a las viviendas según sus características y determinar las formas constructivas, además de los sistemas que se han empleado.
Expertos	Recibir las pautas de la situación patrimonial y socio económica en la zona, brinda la perspectiva de enfoque en estos elementos de importancia.

Interpretación de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad de cada vivienda, debe responder a una combinación de varios factores al entender un análisis sostenible, es necesaria la comparación de los sistemas constructivos para que reflejen las debilidades y oportunidades de cada sistema, para relacionarlos y obtener los lineamientos para la propuesta del modelo.

Sistematización y procesamiento de información

La matriz se ha determinado para evaluar en una escala de 0 a 5, donde la menor calificación será 0, con un entendimiento de nulo o inexistente para el elemento analizado, mientras que 5 representará total cumplimiento o existencia del parámetro descrito.

Finalmente, cada vivienda, así como sistema constructivo, será evaluado con el porcentaje de cumplimiento con estos indicadores de la matriz de análisis sostenibles para las viviendas de estudio.

Anexo 6 Propuesta arquitectónica

1. Estimación y destinación de espacios por servicialidad.

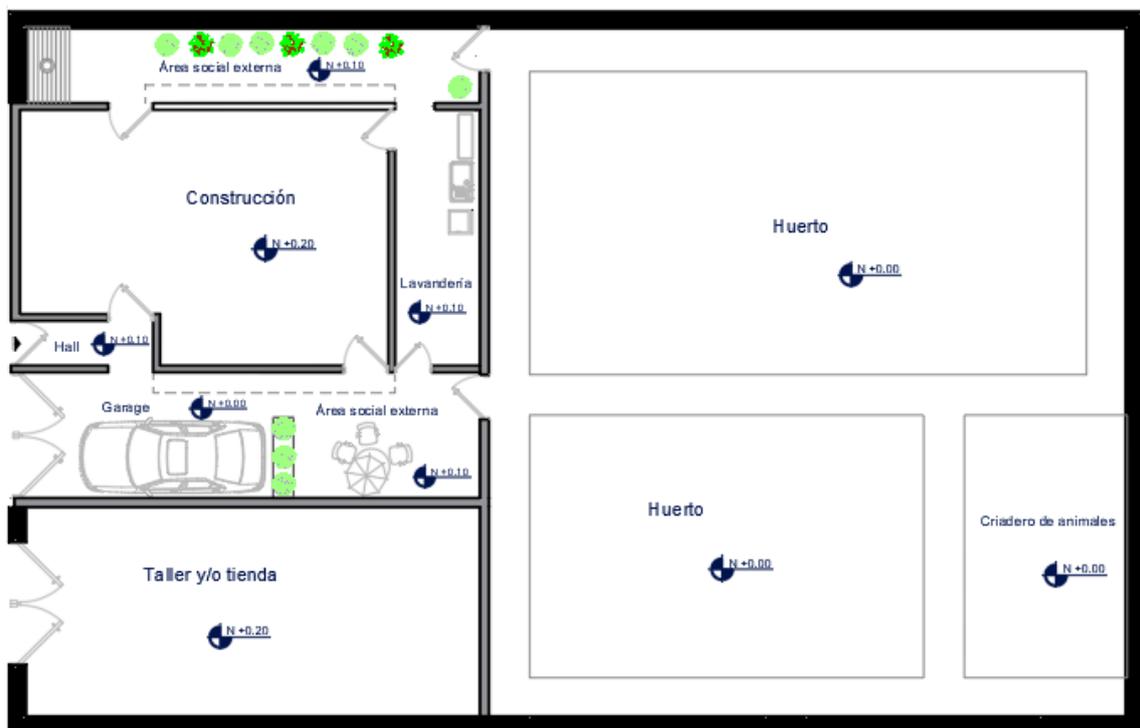
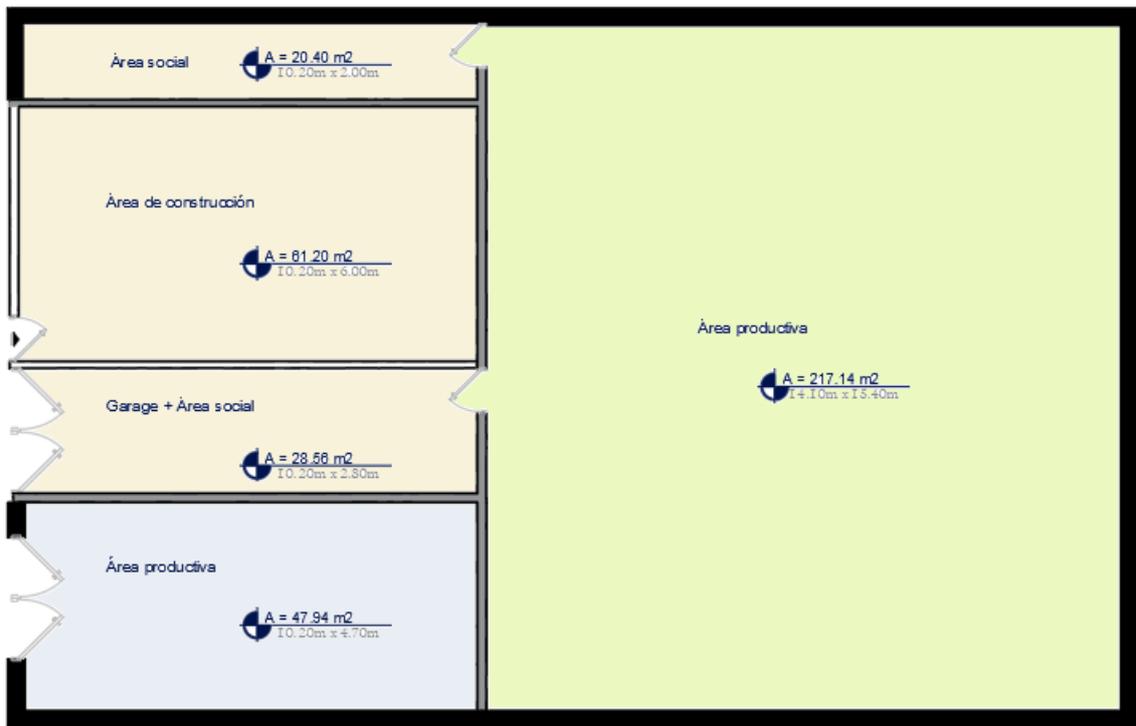


Ilustración 22 Plano de implantación por espacios

Descripción:

Se dispone un terreno promedio de 400m² de terreno para el sector rural, acumulados en 3 espacios principales: áreas productivas de agricultura y crianza de animales, área productiva para talleres y oficios, además del espacio de vivienda que comparte con áreas sociales; esto bajo la consideración, de que, dentro del sector rural, las personas buscan independencia, es decir, ser autosuficientes dentro de lo posible. Sin embargo, estas tres áreas se diferencian, no sólo según su utilidad, sino también del material, mismo, que generan ambiente para cada servicio. La madera específicamente nos habla de un ambiente más familiar y social, mientras que el detalle en piedra, trata de hacer referencia a áreas productivas propuestas para estas actividades del campo.

2. Diseño del espacio residencial y social

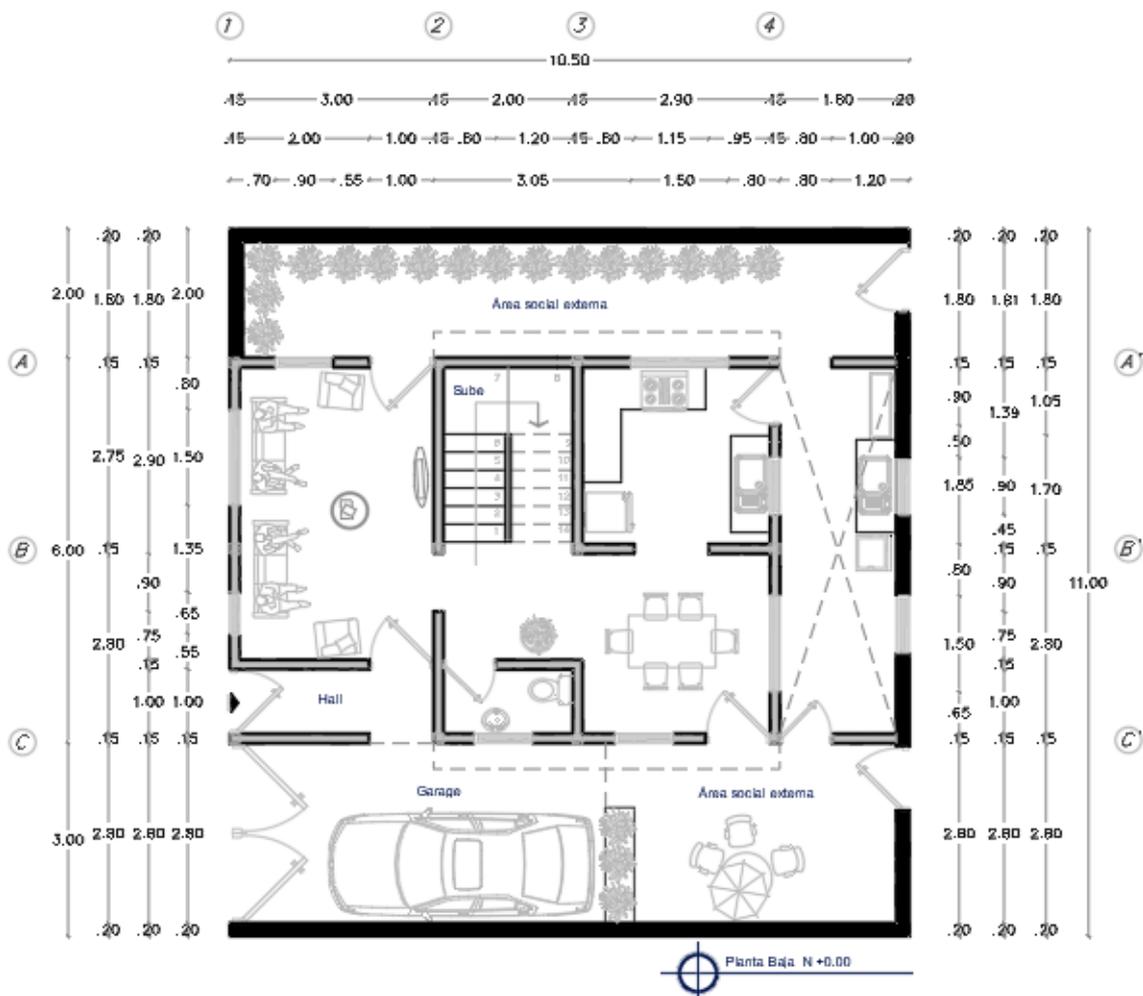


Ilustración 23 Distribución arquitectónica de la planta baja

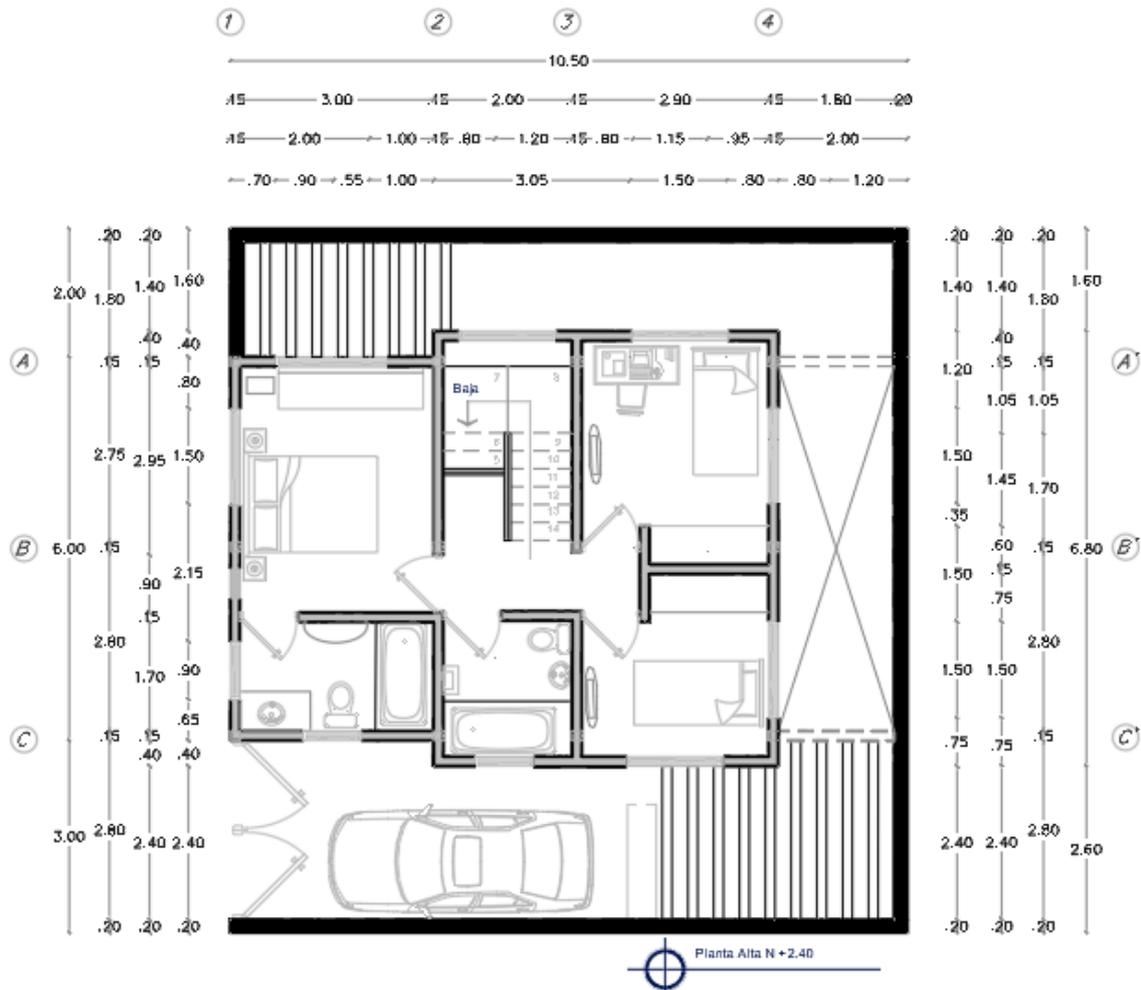


Ilustración 24 Distribución arquitectónica de la planta alta



Ilustración 25 Vista frontal y vista posterior del área residencial

Descripción:

Cuando el enfoque, se limita a el área de vivienda, hay que resaltar que se está planificando un hogar para personas adaptadas al estilo de vida rural. Estas características nos hablan de personas con el interés de socializar, a la vez de compartir sus actividades familiares con áreas verdes, es decir, es necesario pensar

los espacios como continuos o conectados entre sí de alguna manera, siempre, relacionándolos con las áreas sociales.

En este caso específico, las pérgolas conectan los espacios sociales externos e internos, y así mismo conducen a las áreas productivas de la agricultura y crianza de animales, tratando de buscar la relación dentro del ámbito personal, familiar social y productivo, en un mismo diseño.



Ilustración 26 Área social y áreas productivas, dentro de la planificación

Descripción:

Los materiales que se han seleccionado para el diseño, cumplen con su funcionalidad, diferenciando los espacios y servicios, además de que, otra de las ventajas importantes es su estética y relación con el entorno y reseña social en el sector. Por otro lado, se observa en el corte lateral, la posibilidad de comunicación que existe entre espacios, y como los sistemas constructivos se encuentran combinados para dar también el aporte al diseño en estética y contexto social.

Anexo 7 Evaluación estructural

7.1. Determinación de las cargas

Tabla 33 Cuantificación de cargas

Carga Muerta Segunda planta				
PP acabados			0.02	T/m2
PP instalaciones hidro			0.01	T/m2
PP instalaciones eléctricas			0.01	T/m2
PP paredes	Vivienda		0.20	T/m2
PP piso entablado de madera	Eucalipto		0.02	T/m2
			$\Sigma =$	0.26 T/m2
Carga Muerta Cubierta no accesible				
Teja de barro cocido sin mortero			0.05	T/m2
Impermeabilizantes			0.01	T/m2
Instalaciones			0.01	T/m2
			$\Sigma =$	0.07 T/m2
Carga viva de servicio segunda planta				
Residentes	Vivienda		0.2	T/m2
			$\Sigma =$	0.2 T/m2
Carga Viva de la cubierta no accesible				
PE Granizo	1	T/m3		
H granizo =	0.1	m	0.1	T/m2
	Pendiente del 20%, no considero granizo			
PE Ceniza	2.2	T/m3		
H ceniza =	0.05	m	0.11	T/m2
			$\Sigma =$	0.11 T/m2

Fuente: Datos tomadas a partir de (NEC-SE-DS, 2015)

7.2. Espectro de diseño sísmico

Tabla 34 Espectro de diseño sísmico

Espectro de diseño sísmico	
Provincia	Chimborazo
Cantón	Guano
Perfil de suelo	D
Clasificación del perfil de suelo	Suelo rígido
Tipo de Estructura	Pórtico resistente a momento Sistema estructural de ductilidad limitada

Estructura de madera limitada a 2 pisos	
Coefficiente de reducción de respuesta estructural R	2.50
Factor de importancia	1.00
Valor factor Z	0.40
Caracterización de amenaza sísmica	V, Alta
Coefficiente de importancia I	1.00
Características de tipo de uso	Otras estructuras
Coefficiente de irregularidad en planta	1.00
Coefficiente de irregularidad en elevación	1.00
Factores de sitio Fa	1.20
Factores de sitio Fd	1.19
Factores de sitio Fs	1.28
Relación de amplificación espectral η	2.48
Característica de η	Provincias de la Sierra
Factor de espectro de diseño elástico r	1.00
Características de r	Perfil de suelo tipo D
To	0.127
Tc	0.698
Tl	2.856
Sa	0.48
Cortante Basal de diseño, V	0.192 W

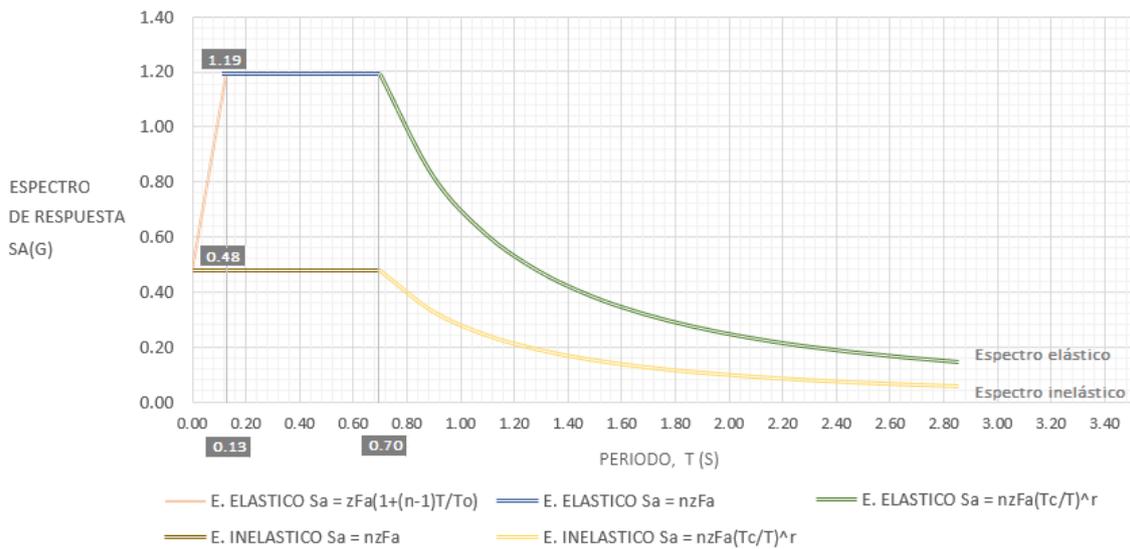


Ilustración 27 Gráfica de espectro elástico e inelástico

7.3. Diseño general

Tabla 35 Cálculos de diseño

Diseño a flexión para viguetas		
Las deformaciones deben calcularse con la combinación más desfavorable de cargas, evitando exceder una deformación crítica de L/250, además se consideran como simplemente apoyadas, ya que, en madera, es difícil asumir una condición de borde de empotramiento.		
Δ = Deflexión admisible (mm)		$\Delta_{m\acute{a}x} = \frac{L}{250}$
L = Luz entre caras de apoyos (mm)		$\Delta_{calculado} < \Delta_{m\acute{a}x}$
Secciones propuestas		8cm x 10cm @ 40cm $L_{cr\acute{i}tica} = 2.95 \text{ m}$
Condición:	L/h > 14	Deformaciones de corte pueden despreciarse. G = E/25 G = 22 000 ton/m ²
Distribución de esfuerzos normales producidos por flexión:	$Z = \frac{b \cdot h^2}{6}$ $f_m = \frac{M}{Z}$	Z = 0.0001333 m ³ f _m = 1121.688 ton/m ² M adm máx = 0.14956 ton.m
Momento calculado	$M_{calc} = \frac{w \cdot L^2}{8}$	M _{calc} = 0.1131 T.m
Condición 1:	M _{calc} < M adm máx	OK
Deformaciones	$\Delta_{calc} = \frac{5}{384} \cdot w \cdot \frac{L^4}{EI}$	$\Delta_{calc} = 0.0170926 \text{ m}$ $\Delta_{m\acute{a}x} = 0.017341 \text{ m}$
Condición 2:	$\Delta_{calc} < \Delta_{m\acute{a}x}$	OK
Cumple		

Diseño a flexión para vigas

Δ = Deflexión admisible (mm)		$\Delta_{m\acute{a}x} = \frac{L}{250}$
L = Luz entre caras de apoyos (mm)		$\Delta_{calculado} < \Delta_{m\acute{a}x}$
Secciones propuestas		15cm x 20cm $L_{cr\acute{i}tica} = 3.20 \text{ m}$

Condición:	$L/h > 14$	Deformaciones de corte pueden despreciarse. $G = E/25$ $G = 22\,000 \text{ ton/m}^2$
Distribución de esfuerzos normales producidos por flexión:	$Z = \frac{b \cdot h^2}{6}$ $f_m = \frac{M}{Z}$	$Z = 0.001 \text{ m}^3$ $f_m = 1121.688 \text{ ton/m}^2$ $M_{\text{adm máx}} = 1.12169 \text{ ton.m}$
Momento	$M_{\text{calc}} = \frac{w \cdot L^2}{8}$	$M_{\text{calc}} = 0.3328 \text{ T.m}$
Condición 1:	$M_{\text{calc}} < M_{\text{adm máx}}$	Método ASD
Deformaciones	$\Delta_{\text{calc}} = \frac{5}{384} \cdot w \cdot \frac{L^4}{EI}$	$\Delta_{\text{calc}} = 0.012187 \text{ m}$ $\Delta_{\text{máx}} = 0.0128 \text{ m}$
Condición 2:	$\Delta_{\text{calc}} < \Delta_{\text{máx}}$	OK
Cumple		

Diseño a flexo compresión para Columnas

le _f = Longitud efectiva.		$\lambda = \frac{l_{ef}}{d}$
d = Dimensión de la sección transversal en la dirección considerada.		$l_{ef} = L$
		20cm x 20cm
		L = 2.40 m
Secciones típicas de columna:		$\lambda = 12$
		Columna crít. = B3
C _k , calculado	$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E}{f_c}}$	C _k = 18.42
Relación de esbeltez límite	f _c = Esfuerzo admisible a compresión paralela.	f _c = 800 ton/m ² Maderas grupo "C"
λ, Relación de esbeltez	Según la clasificación tenemos columna intermedia	Columnas cortas $\lambda < 10 < C_k$ Columnas intermedias $10 < \lambda < C_k$ Columnas Largas $C_k < \lambda < 50$

Las columnas podrían fallar por una combinación de aplastamiento e inestabilidad lateral (pandeo)

Carga axial máxima admisible	$N_{Adm} = f_c \cdot A \cdot \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$	$N_{Adm} = 30.078 \text{ ton}$
------------------------------	---	--------------------------------

$$N_{cr} = \frac{EI\pi^2}{Lef^2}$$

$N_{cr} = 20.5616$ ton
Carga crítica de Euler para pandeo

$$k_m = \frac{1}{1 - \frac{1.5N}{N_{cr}}}$$

$k_m = 1.047$
Factor de magnificación de momentos

Condición de diseño flexo tracción:

$$\frac{N}{N_{Adm}} + \frac{K_m * |M|}{Z * f_m} < 1$$

No cumple, se debe rigidizar la estructura o aumentar sus secciones.

7.4. Modelación en SAP 2000

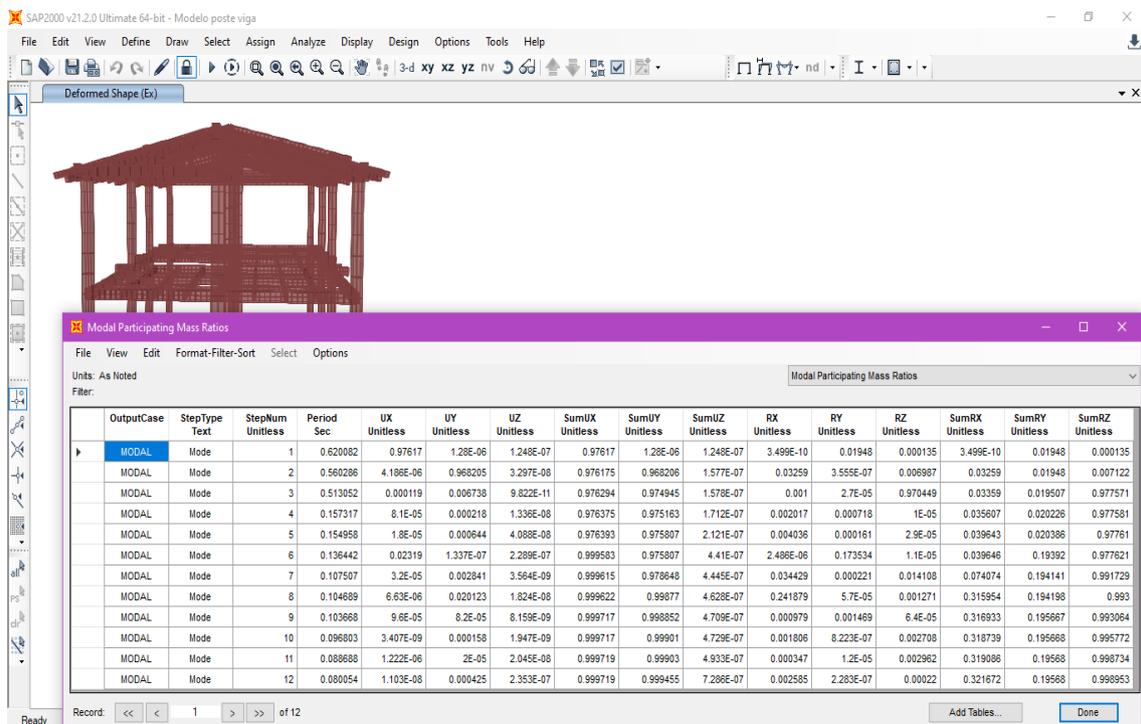


Ilustración 28 Modelación SAP del modelo propuesto

Tabla 36 Modos de vibración de la estructura, parte 1

Modos de vibración (Tabla parte 1 de 2)								
Step Type Text	Step Num.	Period Sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Mode	1	0.620082	0.97617	0.00000128	1.248E-07	0.97617	0.00000128	1.248E-07
Mode	2	0.560286	0.000004186	0.968205	3.297E-08	0.976175	0.968206	1.577E-07
Mode	3	0.513052	0.000119	0.006738	9.822E-11	0.976294	0.974945	1.578E-07

Mode	4	0.157317	0.000081	0.000218	1.336E-08	0.976375	0.975163	1.712E-07
Mode	5	0.154958	0.000018	0.000644	4.088E-08	0.976393	0.975807	2.121E-07
Mode	6	0.136442	0.02319	1.337E-07	2.289E-07	0.999583	0.975807	0.000000441
Mode	7	0.107507	0.000032	0.002841	3.564E-09	0.999615	0.978648	4.445E-07
Mode	8	0.104689	0.00000663	0.020123	1.824E-08	0.999622	0.99877	4.628E-07
Mode	9	0.103668	0.000096	0.000082	8.159E-09	0.999717	0.998852	4.709E-07
Mode	10	0.096803	3.407E-09	0.000158	1.947E-09	0.999717	0.99901	4.729E-07
Mode	11	0.088688	0.000001222	0.00002	2.045E-08	0.999719	0.99903	4.933E-07
Mode	12	0.080054	1.103E-08	0.000425	2.353E-07	0.999719	0.999455	7.286E-07

Tabla 37 Modos de vibración de la estructura, parte 2

Modos de vibración (Tabla parte 2 de 2)							
StepType	StepNum	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text							
Mode	1	3.499E-10	0.01948	0.000135	3.499E-10	0.01948	0.000135
Mode	2	0.03259	3.555E-07	0.006987	0.03259	0.01948	0.007122
Mode	3	0.001	0.000027	0.970449	0.03359	0.019507	0.977571
Mode	4	0.002017	0.000718	0.00001	0.035607	0.020226	0.977581
Mode	5	0.004036	0.000161	0.000029	0.039643	0.020386	0.97761
Mode	6	0.000002486	0.173534	0.000011	0.039646	0.19392	0.977621
Mode	7	0.034429	0.000221	0.014108	0.074074	0.194141	0.991729
Mode	8	0.241879	0.000057	0.001271	0.315954	0.194198	0.993
Mode	9	0.000979	0.001469	0.000064	0.316933	0.195667	0.993064
Mode	10	0.001806	8.223E-07	0.002708	0.318739	0.195668	0.995772
Mode	11	0.000347	0.000012	0.002962	0.319086	0.19568	0.998734
Mode	12	0.002585	2.283E-07	0.00022	0.321672	0.19568	0.998953