

**DISEÑO DE UN MODELO DE VIVIENDA VISR SOSTENIBLE EN LA VEREDA
AGROPARQUE LOS SOCHES AL SUR ORIENTE DE BOGOTÁ**



DIEGO OSWALDO FONSECA DUARTE
JASSON STEVEN RODRÍGUEZ LEÓN

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.

2022

**DISEÑO DE UN MODELO DE VIVIENDA VISR SOSTENIBLE EN LA VEREDA
AGROPARQUE LOS SOCHES AL SUR ORIENTE DE USME BOGOTÁ.**

DIEGO OSWALDO FONSECA DUARTE
JASSON STEVEN RODRÍGUEZ LEÓN

Trabajo de grado presentado
para optar al título profesional de Ingeniería Civil

Director
Ing.Esp JORGE FRANCO CARBONELL
Especialista en gestión ambiental local con énfasis en guadua.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.

2022

Dedicatoria

Damos Gracias a Dios, nuestra familia y a todos los que intervinieron en este logro, por el apoyo incondicional durante el proceso de aprendizaje . También especial agradecimiento a los docentes por el conocimiento compartido a lo largo del periodo académico.

Diego Oswaldo Fonseca Duarte & Jasson Steven Rodríguez León

Este logro va dedicado a todos y cada uno a lo largo de estos años, a quienes a partir de sus esfuerzos hicieron de mi una mejor persona, el cuerpo docente y compañeros de la Universidad quienes me enseñaron el conocimiento y la capacidad de ser una persona íntegra y sociable. En especial a mis padres ya que con su confianza y apoyo día a día me impulsaron a cumplir con mi proyecto de vida y me enseñaron el valor de luchar por mis sueños.

Diego Oswaldo Fonseca Duarte

Dedico este proyecto de grado a toda mi familia en especial a mis padres, ya que sin ellos no habría logrado cumplir esta meta, por su gran apoyo a lo largo de mi desarrollo como profesional y como persona, también a los profesores por su compromiso con la formación de profesionales de alta calidad.

Jasson Steven Rodríguez León

Tabla de Contenido

	Pág.
Dedicatoria	3
Lista de cuadros	6
Lista de figuras	7
Lista de ecuaciones	8
Resumen	9
Abstract	12
Introducción	15
Planteamiento del problema	18
Objetivos	19
Objetivo general	19
Objetivos específicos	19
Justificación	20
Variable costo	22
Variable tiempo	32
Estado del Arte	37
Vivienda sostenible	37
Materiales renovables	37
Guadua Ak	37
Medio ambiente	38
Aprovechamiento de los recursos	38
Energía renovable	40
Marco Teórico	41
Calidad de los materiales	41
Características físico-mecánicas de la guadua y cuidados	41
Preservación por inmersión según NTC 5301	44
Secado de la guadua Ak según NTC 5301	45
Vivienda de interés social (VIS)	46
Sistema constructivo	48
Sistema estructural.	48

Sistema hidrosanitario	49
Sistema energético	49
Metodología	50
Desarrollo	55
Adaptación a tipología (VIS)	55
Usos de la vivienda	55
Orientación solar	56
Tipo de vivienda VISR	56
Memorias de cálculo	56
Diseño estructural	56
Descripción del proyecto	60
Arquitectura definida	61
Diseño de la estructura en guadua.	64
Estructuración de los cimientos según N. Andina cap 8.1.1.	64
Muros según norma Andina 9.2	66
Clasificación de muros según N. Andina 9.1.	68
Diafragmas según cap 11. N. ANDINA.	71
Instalaciones hidrosanitarias	72
Uniones según cap 13.2 N. ANDINA	73
Tipos de uniones según la función cap 13.2 N. ANDINA.	74
Cubierta según cap 12 N. Andina	77
Contrapiso según NSR 10 E.2.2.5	79
Diseño hidrosanitario	81
Suministro	81
Demanda de la vivienda	81
Selección del equipo de bombeo auxiliar	82
Cálculo de la TDH (Total Dynamic Head)	84
Diseño de atrapaniebla de captación horizontal	86
Sistema de desagües sanitarios	87
Tubería de ventilación	89
Bajantes de aguas lluvias	89
Diseño de tanque séptico	91
Diseño eléctrico	92
Generalidades	92
Estimación de consumos de energía	93
Materiales	94

Acometida eléctrica	94
Campos electromagnéticos y factor de potencia	96
Medidor	96
Tablero eléctrico	96
Sistema de puesta a tierra	98
Cables y alambres	99
Tubería conduit PVC norma NTC-979	99
Diseño de sistema fotovoltaico	101
Inclinación y orientación	101
Cálculo de demanda de energía	102
Selección string paneles fotovoltaicos	105
Selección de baterías para consumo autónomo	108
Selección del regulador de carga	111
Selección del inversor string	112
Selección de los dispositivos de protección	114
Conclusiones	115
Recomendaciones	117
References	118
Anexos	124
Anexo 1 Informe diagnóstico de la vereda los Soches en Usme	124
Anexo 2 Memorias de cálculo	124
Anexo 3 Planimetría los Soches	124
Anexo 4 Presupuesto y procedimientos constructivos (Excel)	124

Lista de Cuadros

Cuadro 1. Resumen del presupuesto de vivienda en Bahareque por López & Muzziotti.....	24
Cuadro 2. Resumen del presupuesto de vivienda en Mampostería por López & Muzziotti.....	27
Cuadro 3. Costos directos en SMMLV en Colombia para mampostería confinada.....	30
Cuadro 4. Costos directos del proyecto según anexo 5 “presupuesto los soches”	31
Cuadro 5. Comparación de rendimientos constructivos frente a mampostería confinada.....	32
Cuadro 6. Duraciones de vivienda los soches.....	33
Cuadro 7. Comparación de mano de obra por López y Muzziotti.....	34
Cuadro 8. Porcentaje de conicidad aceptable en una guadua.....	43
Cuadro 9. Normativa nacional aplicable en viviendas VISR.....	47
Cuadro 10. Normativa aplicable para construcción sismoresistente de vivienda 1 y 2 pisos.....	48
Cuadro 11. Normativa aplicable para el sector de agua potable y saneamiento.....	49

Cuadro 12. Normativa aplicable para instalaciones eléctricas.....	50
Cuadro 13. Componentes de la estructura de cimientos.....	64
Cuadro 14. Especificaciones de muros.....	68
Cuadro 15. Especificaciones de uniones.....	74
Cuadro 16. Especificaciones de contrapiso.....	79
Cuadro 17. Total de aparatos hidrosanitarios para la vivienda.....	81
Cuadro 18. Resultados de diseño de red sanitaria.....	88
Cuadro 19. Comparación pozo convencional vs geometría cilíndrica.....	91
Cuadro 20. Características de la instalación de red eléctrica.....	93
Cuadro 21. Acometida eléctrica	95
Cuadro 22. Demanda de energía diaria	103
Cuadro 23. Diámetros conductores aislados para exterior.....	111

Lista de Figuras

Figura 1. Delimitación vereda los Soches, zonas de reserva.....	11
Figura 2. Zona urbana y rural de Usme.....	17
Figura 3. Modelo de vivienda VISR desarrollada en zona rural de Colombia.....	21
Figura 4. Planta de vivienda diseñada por López & Muzziotti.....	23
Figura 5. Fachada de vivienda diseñada por López & Muzziotti.....	24
Figura 6. Modelo 3D por López & Muzziotti.....	34
Figura 7. Vereda los Soches.....	40
Figura 8. Guadua curvada o torcida.....	42
Figura 9. Etapas de la metodología para el diseño VISR.....	52
Figura 10. Características vereda los Soches.....	53
Figura 11. Registro de servicios de saneamiento los Soches.....	54
Figura 12. Fachada norte de vivienda propuesta.....	57
Figura 13. Fachada este de vivienda propuesta.....	58
Figura 14. Viviendas existentes.....	58
Figura 15. Excavación manual de zanja a 1.50 m.....	59
Figura 16. Isométrico proyecto los Soches.....	60
Figura 17. Planta de arquitectura proyecto Los Soches.....	62
Figura 18. Arquitectura proyecto los Soches-fachada oeste.....	63
Figura 19. Arquitectura proyecto los Soches-fachada sur.....	63
Figura 20. Arquitectura proyecto los Soches-fachada norte.....	67
Figura 21. Arquitectura proyecto los Soches-fachada este.....	67
Figura 22. Disposición general de muros en bahareque.....	71
Figura 23. Ilustración de tirantes a nivel de viga solera superior.....	72
Figura 24. Disposición de instalaciones hidrosanitarias.....	73
Figura 25. Pendiente de la cubierta y longitud de puntal central.....	78
Figura 26. Losa de contrapiso.....	80
Figura 27. Curva del sistema.....	85
Figura 28. Curva de la bomba seleccionada.....	85
Figura 29. Esquema del sistema de atrapanieblas propuesto.....	87

Figura 30. Tuberías de ventilación.....	89
Figura 31. Zonas informales de lavado comunitario.....	90
Figura 32. Perfil de instalación eléctrica.....	94
Figura 33. Interruptor termomagnético.....	97
Figura 34. Fusibles monofásicos.....	98
Figura 35. Demanda de energía diaria.....	102
Figura 36. Datos suministrados de hora solar pico.....	104
Figura 37. Arreglo de paneles solares en paralelo.....	106
Figura 38. Arreglo string de paneles fotovoltaicos.....	106
Figura 39. Garantía de funcionamiento de paneles.....	107
Figura 40. Características mecánicas de los paneles solares.....	108
Figura 41. Especificaciones de los paneles solares.....	108
Figura 42. Gráfica número de ciclos vs profundidad de descarga.....	110
Figura 43. Regulador con especificaciones.....	111
Figura 44. Inversor seleccionado.....	112
Figura 45. Especificaciones del inversor.....	113
Figura 46. Combiner box.....	115

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1. Verificación de la conicidad.....	43
Ecuación 2. Ecuación de Hazen Williams.....	83
Ecuación 3. Potencia de la bomba	84
Ecuación 4. Energía diaria suministrada por arreglo de paneles.....	105
Ecuación 5. Corriente suministrada por un panel solar.....	108
Ecuación 6. Capacidad diaria requerida para las baterías.....	109
Ecuación 7. Corriente necesaria para la carga de las baterías.....	109
Ecuación 8. Cantidad de baterías en paralelo requeridas.....	109
Ecuación 9. Capacidad estacional diaria.....	109
Ecuación 10. Vida útil de la batería en función de la profundidad de descarga.....	110
Ecuación 11. Corriente para la selección de los fusibles.....	114
Ecuación 12. Corriente para la selección de interruptor principal.....	114

Resumen

Palabras Clave: Vivienda de Interés Social, Construcción Sostenible, Guadua, Recursos Renovables, Desarrollo Rural, Unidad de Planeamiento Zonal.

En el desarrollo de este trabajo se realizó el diseño de una vivienda sostenible ó VISR Sostenible, a partir de aquí VIS, como una alternativa de vivienda para los habitantes cuya ocupación del suelo pertenezca al sector rural o declarado de expansión urbano rural según lo establecido por el POT 2022, sin embargo cabe resaltar que su implementación puede ser ejercida a nivel nacional en donde las condiciones del sitio y la viabilidad sean justificadas. Para este caso en particular se desarrolló el diseño de una VIS con enfoque sostenible adaptable a climas templados y fríos como el predominante en la vereda Los Soches, que junto con otras quince veredas componen la (UPZ) La Flora, una de las siete Unidades de Planteamiento zonal de Usme que según el Decreto 400 de 2006 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.; Se definió como sitio de estudio por su gran extensión rural que está referenciada como beneficiaria para mejoramiento o vivienda nueva, debido a que presenta deficiencias de infraestructura, problemas de saneamiento, y espacio público que requiere de intervenciones.

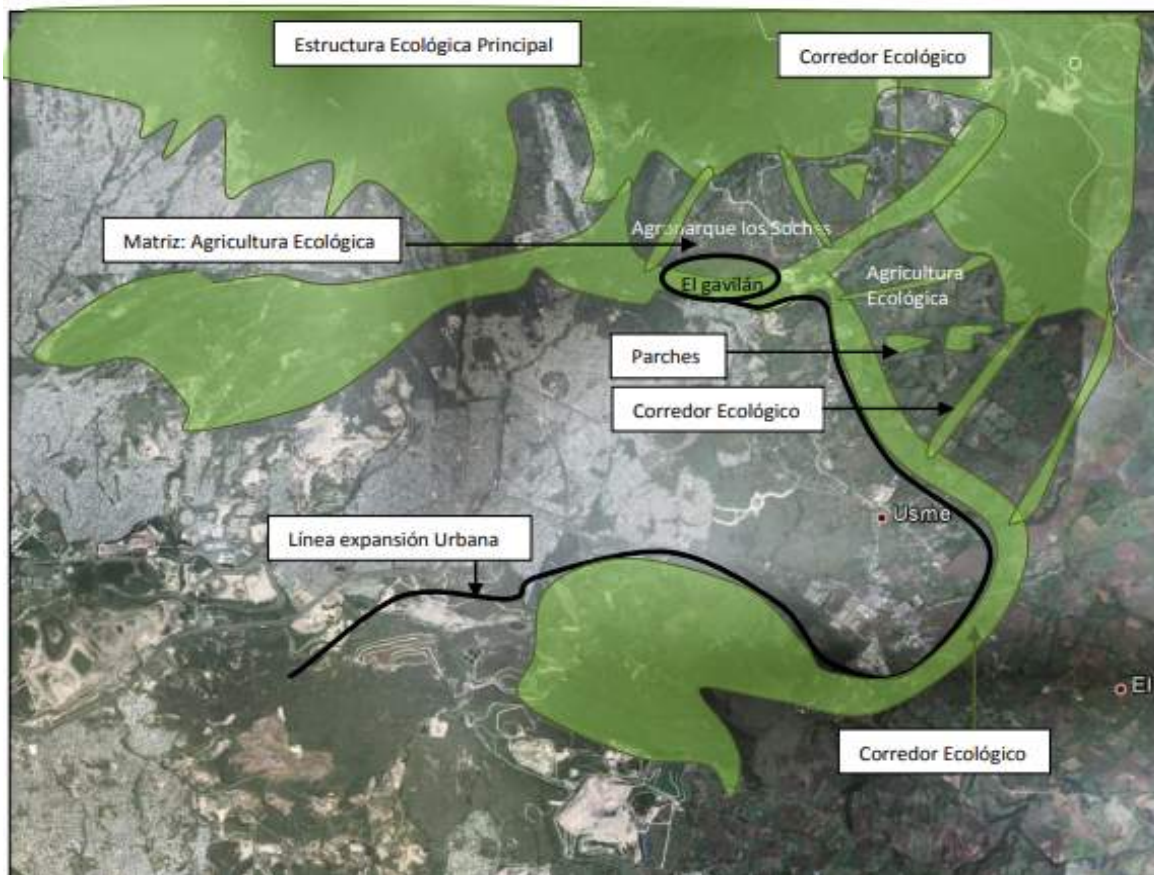
(Bautista et al., 2013) en su diagnóstico denominado *la vereda los Soches como una alternativa de consolidación de suelo de expansión regulada y de carácter rural*, señala la existencia de zonas de reserva forestal y zonas denominadas de alto riesgo, por presencia de minería ilegal o la presencia de cuerpos de agua, recomendando tomar como eje limitante el borde sur oriental, y así proponer una estrategia de integración del agroparque los Soches con la zona de expansión urbano rural, la estructura ecológica principal y teniendo en cuenta los

aspectos sociales, económicos, ecológicos, culturales, y políticos para lograr una reducción en los asentamientos informales mediante programas de vivienda rural y mejorar la calidad de vida de los campesinos del sector.

Se elaboró el respectivo diseño estructural de las instalaciones de servicios básicos y se propuso una vivienda que proporciona distintas fuentes autónomas de energía y la implementación de recursos renovables de los que dispone los Soches y a partir de un diagnóstico preliminar. Mediante la energía solar, los sistemas de captación de lluvia horizontal y las estructuras de saneamiento básico no convencionales, se propuso mejorar las condiciones de vida de la población actual, realizando el diseño para ser aplicado en unidades dispersas, mediante parcelaciones existentes en el terreno y analizando tanto su construcción como su viabilidad tanto técnica como económica comparándose con sistemas convencionales como la mampostería confinada.

Figura 1

Delimitación de la vereda Los Soches y zonas de reserva



Nota: Imagen satelital de Usme identificando el posible planteamiento de un corredor ecológico que limita los sitios de reserva y limita los potenciales sitios de estudio pertenecientes a la zona de uso rural (Bautista et al, 2013).

En los últimos años la adquisición de VIS ha tenido un mayor desarrollo, siendo 2020 el año con mayor venta de vivienda VIS en Colombia, sin embargo, en relación al sector urbano, el sector rural no se ha desarrollado de la misma manera en cuanto a proyectos de vivienda nueva para sectores de escasos recursos en la localidad de Usme.

Abstract

Key Words: Social Interest Housing, Sustainable Construction, Guadua, Renewable Resources, Rural Development, Zonal Planning Unit.

In the development of this work, the design of a sustainable rural social interest housing or Sustainable VISR was carried out as a housing alternative for the inhabitants whose land occupation belongs to the rural sector or declared of rural urban expansion as established by the POT 2022, however, it should be noted that its implementation can be exercised at the national level where site conditions and viability are justified. For this particular case, the design of a social housing with a sustainable approach adaptable to temperate and cold climates was developed, such as the predominant one in the Los Soches village, which together with fifteen other villages make up the Zonal Planning Unit (UPZ) La Flora, one of the seven Zonal Approach Units of Usme that, according to Decree 400 of 2006, Mayor's Office of Bogotá, DC; It was defined as a study site due to its large rural extension that is referenced as a priority for intervention of the Comprehensive Improvement Subprogram or new housing, due to infrastructure deficiencies, sanitation problems, and public space that requires interventions.

Therefore, in compliance with articles 295 and 296 of District Decree 190 of 2004, the required complementation, ordering or adaptation actions will be oriented, both in the rural space and in the housing units, which is also part of the Strategic Operation Nuevo Usme - Los Llanos Integration Hub and has as general guidelines: to program the development of urban uses and consolidate the system of protected areas and rural areas of residential occupation (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2018).

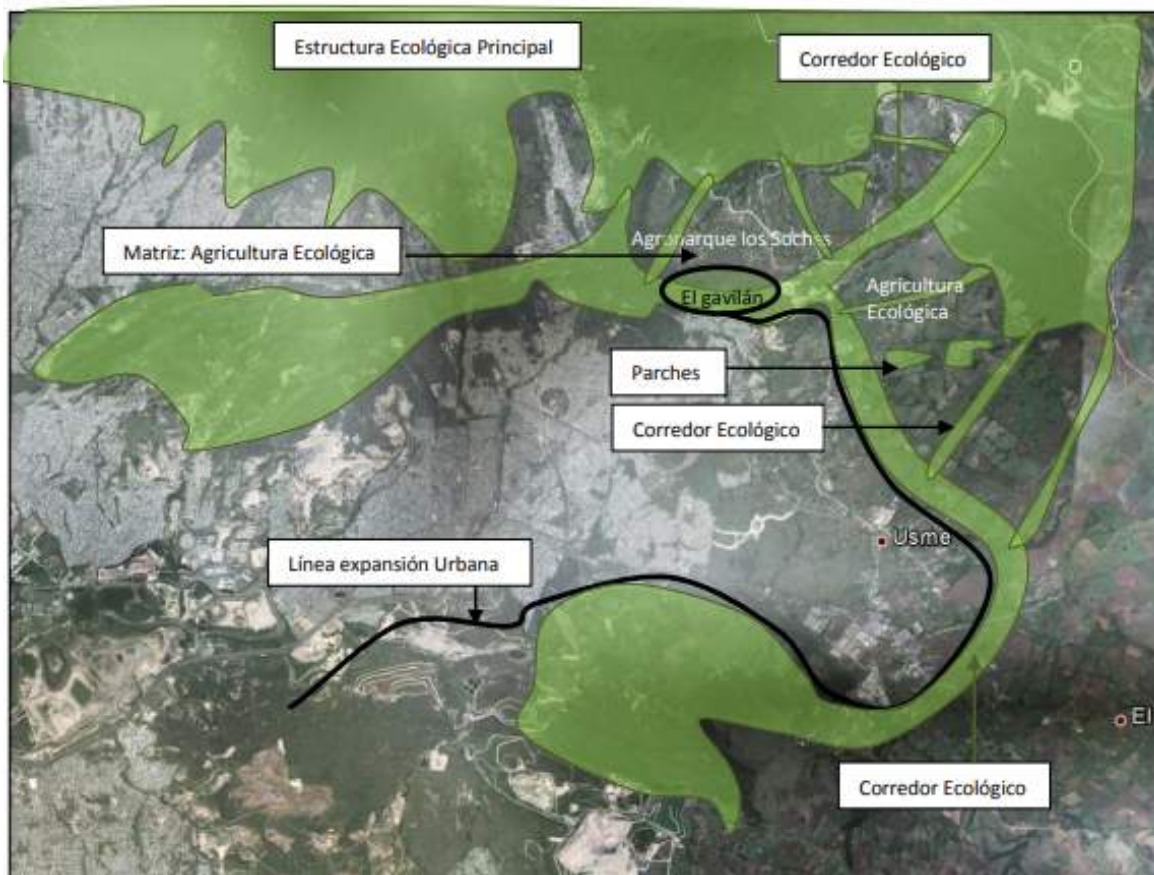
The diagnosis made in the POT (2020) stated that in Usme, there are 3,767 households that register a qualitative deficit, since the houses they inhabit have housing deficiencies, in terms of structure - walls, cohabitation and non-mitigable overcrowding; On the other hand, the number of households with a quantitative deficit increased by 1,908 households in 2017 (p. 91).

(Bautista et al., 2013) in his diagnosis called "the village of Soches as an alternative for land consolidation of regulated expansion and of a rural nature", points out the existence of forest reserve areas and areas called high risk, due to the presence of illegal mining or the presence of bodies of water, recommending taking the southeastern edge as the limiting axis, and thus proposing a strategy for integrating the Los Soches Agropark with the rural urban expansion zone, the Main Ecological structure and taking into account social aspects , economic, ecological, cultural, and political to achieve a reduction in informal settlements through rural housing programs and improve the quality of life of the peasants in the sector.

The respective structural, Hydrosanitary, electrical design was elaborated and it is intended to arrive at a house that also provides the possible autonomous sources of the resources available to the Soches based on a preliminary diagnosis. Through solar energy, horizontal rainwater harvesting systems and sanitation structures, it was proposed to improve the living conditions of the current population, carrying out the design to be applied in dispersed or joint units of a maximum of 15 dwellings, through subdivisions and analyzing both their construction as its economic viability for a period equal to the useful life of the compatible systems used.

Figure 1

Delimitación de la vereda Los Soches y zonas de reserva



Note: Satellite image of Usme identifying the possible approach of an ecological corridor that limits the reserve sites and limits the potential study sites belonging to the rural area. (Bautista et al., 2013).

An architecture adaptable to cold weather of 59 m² VISR was taken as a base, implemented in the city of Bogotá by the Ministry of Housing and also complying with the provisions of Decree 2083 of June 2004, which establishes the technical regulations of compliance for the urbanization and construction of low-income housing in Colombia and from this, begin the design of a home that meets the quality standards necessary for the population of

the site, with a sustainable approach to the project to the extent that its viability is anticipated . All this leads to compliance with the Sustainable Development Goals (SDG) as a roadmap to establish sustainability priorities; responding to the housing deficit that has occurred in the area.

In recent years, social interest and priority housing projects have had greater development, with 2020 being the year with the highest VIS housing sales in Colombia, however, in relation to the urban sector, the rural sector has not developed in the same way. in terms of new housing projects for low-income sectors in the town of Usme.

Introducción

El surgimiento de las viviendas de interés social rural (VISR) con el objetivo de garantizar el derecho de vivienda digna a familias de bajos recursos en el sector rural, asegurando cubrir las necesidades básicas de los beneficiarios y brindando mejores condiciones de vida a determinada población en una zona rural.

Según el Fondo para el financiamiento del sector Agropecuario - Finagro (2017), en el marco de la Resolución 0410 puso en marcha el Plan nacional de construcción de vivienda, beneficiando a parte de las comunidades vulnerables en ese momento. Este proceso se realizó con el ánimo de hacer uso de recursos subsidiados provenientes del Fondo Nacional de Vivienda y de la Caja de compensación familiar entre un 2% y un 8% del total de la vivienda, recursos que se destinaron para desarrollos urbanísticos de alta calidad y sostenibilidad que aplican para vivienda VISR nueva en la ciudad de Bogotá cuyo tope de compra puede llegar a los 135 smmlv, lo equivalente a \$135'000.000 de pesos (2021).

Usme, siendo una de las localidades con índices considerables de déficit de vivienda y de condiciones insuficientes de habitabilidad, conlleva al planteamiento de un modelo de vivienda teniendo en cuenta las necesidades básicas rurales de cada hogar identificado como potencial beneficiario en el sitio de estudio, sin embargo este modelo de vivienda podrá replicarse en zonas que presenten características climáticas, orográficas y económicas similares pues se ha adoptado una arquitectura obtenida del Departamento Nacional de Planeación adaptable para condiciones de clima frío. Mediante esta alternativa, también se pretende brindar a la comunidad una vivienda socialmente inclusiva que satisfaga las necesidades comunes de los habitantes.

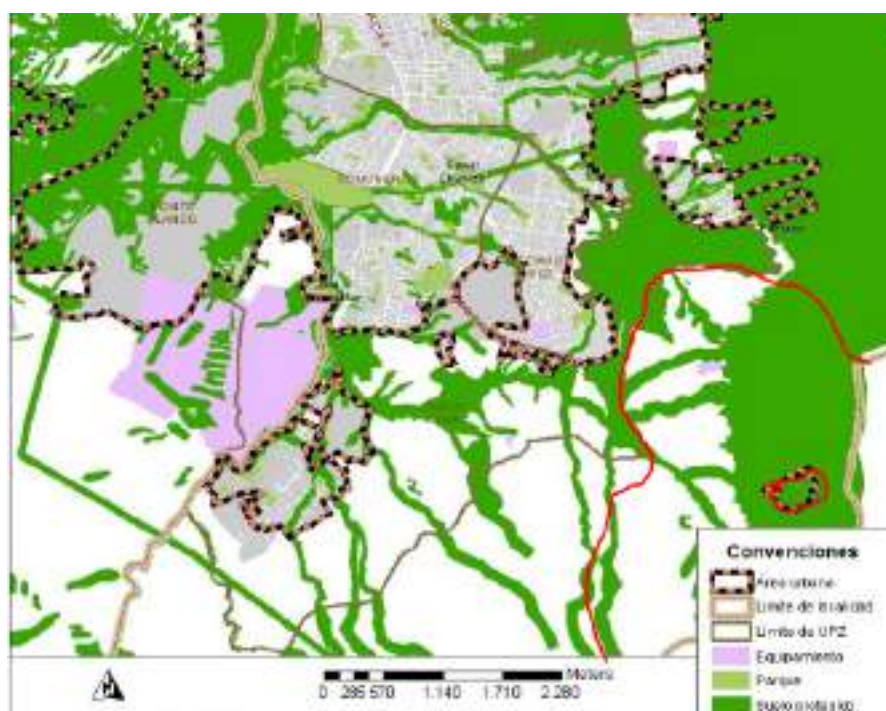
Haciendo uso del Censo nacional 2018, de ahora en adelante “CNPV 2018” y el uso de metadatos georreferenciados donde se procesaron los datos censales de la zona de estudio y de acuerdo a ellos se proyectó un modelo de vivienda que brinda las condiciones de habitabilidad adecuadas para los habitantes de los Soches. La vivienda consta de una extensión de 59 m² construidos de único nivel y que consta de los siguientes espacios:

- 3 Habitaciones ($7.93 \text{ m}^2 + 7.84 \text{ m}^2 + 9.70 \text{ m}^2$) = 25.47 m²
- Baño = 3.39 m²
- Hall = 1.64 m²
- Cocina - Comedor = 11.15 m²
- Depósito con dos compartimientos = ($2.51 \text{ m}^2 + 2.46 \text{ m}^2$) = 4.97 m²
- Zona de lavadero = 4.64 m²
 - Área total de uso = 51.26 m²
 - Área de cubierta = 84 m²

Los diseños del sistema estructural, hidrosanitario y eléctrico además de los sistemas de saneamiento propuestos, contienen una contemplación de viabilidad técnica y económica, de la misma manera con los sistemas que generan beneficios energéticos como los sistemas fotovoltaicos, captación de lluvia horizontal, un pozo séptico no convencional y el aprovechamiento de aguas lluvias. Esto con el objetivo de suplir las deficiencias en los servicios públicos existentes, teniendo como referencia las normativas estipuladas en los lineamientos para la construcción de viviendas VISR, RAS 2000, RETIE. La documentación como planimetría y cantidades de obra se obtendrá a partir de Revit 2021, un Software desarrollado por Autodesk que incluye múltiples herramientas aplicadas en la metodología BIM, como prefactibilidades de los posibles movimientos de tierra.

Figura 2

Zona urbana y rural de Usme



Nota: Delimitación en color rojo, para la vereda los Soches, fuente Catastro de Bogotá.

Planteamiento del problema

En la última década la localidad de Usme, donde la población en su mayoría es de escasos recursos, ya que según cifras oficiales expuestas por el Dane en el censo elaborado en 2018, junto con la información adscrita en el diagnóstico ambiental local de la localidad de Usme, el 60% de los habitantes de la localidad Usme se encuentran clasificados dentro del estrato bajo (I), cerca del 30% en el estrato bajo (II). Y la población restante se encuentra en estrato medio bajo (III) (Alcaldía local de Usme, 2020, p. 71).

Usme es una de las localidades de la ciudad de Bogotá que actualmente enfrenta diversas problemáticas a causa del déficit de vivienda, entre ellas resalta la formación de asentamientos no percibidos por las entidades regulatorias en planeación, afectando a la población tanto a nivel urbano como rural, pues no permite el desarrollo adecuado de la población, refiriéndose a la nula o incorrecta gestión urbanística y el aumento de la oferta de servicios no justificada. En base a la escasez de vivienda en las limitaciones de Usme y de acuerdo con unas cifras de encuesta multipropósito 2017, Usme está compuesto por aproximadamente 99.286 hogares, de los cuales el 7,3 % presenta algún daño (estructural o de saneamiento) en la vivienda y el 3,5 % de los hogares de la localidad requieren una nueva vivienda.

Otros fenómenos que surgen junto con la escasez de vivienda son los bajos estándares de calidad en la construcción, la formación de asentamientos con ausencia de sistemas de alcantarillado, generando la indebida disposición de los vertimientos de aguas servidas a los cuerpos de agua, entre otros conflictos ambientales, han generado una amenaza contra los recursos naturales físicos de los que disponen las veredas de la localidad de Usme, incluyendo los Soches y a la salud de sus habitantes, los cuales en su gran mayoría se sustentan de

actividades agrícolas como la producción de lácteos, cultivos de alimentos, cultivos de flores entre otras actividades agrícolas, para las cuales se requiere de una buena participación de las empresas prestadoras de servicios públicos en cuanto a la calidad y cantidad de los servicios, la cual ha mejorado con respecto al año 2017, sin embargo hay sitios en donde no hay una cobertura de servicios de alcantarillado y las aguas servidas no presentan una disposición de residuos ni un tratamiento adecuado ya sea por su difícil acceso o por la falta de desarrollo urbanístico del asentamiento.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un modelo de VIS sostenible rural, estudiando las condiciones de la vereda Los Soches e implementando estrategias para el aprovechamiento de los recursos disponibles para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Objetivos específicos

Analizar la tipología de VISR y definir tanto los criterios de sostenibilidad como de habitabilidad para las viviendas pertenecientes al sitio de estudio especificando características propias y necesidades básicas.

Emplear el diseño de los sistemas de construcción sostenibles mediante la adopción de materiales y fuentes de energía renovables dentro de la vivienda VISR, de manera que cumplan

con los criterios y requisitos técnicos y generar indicadores que produzcan resultados medibles dentro del proyecto.

Generar un modelado de la vivienda diseñada, para así poder ser replicada en zonas de condiciones geográficas y medioambientales similares al sitio de estudio, mediante el uso del software Revit como acercamiento a la metodología BIM en el desarrollo de un proyecto de construcción.

Justificación

El desarrollo de un modelo de vivienda de interés social “VIS Rural Sostenible” como alternativa de vivienda para los habitantes de la vereda los Soches, responde al déficit habitacional que se ha presentado en la zona destinada a la expansión urbana en la localidad de Usme y a una iniciativa de mejorar las condiciones de vida utilizando el destino del suelo en la vereda los Soches, sin embargo el sitio de estudio se detalla en el Anexo I; así mismo, puede ser replicado en futuros asentamientos rurales a nivel nacional haciendo frente al déficit de vivienda.

En la última década la actividad de vivienda social ha tenido un mayor desarrollo y acogimiento siendo 2020 el año con mayor venta de vivienda VIS en Colombia vendiendo cerca de 125.000 viviendas VIS, sin embargo, en relación con el sector urbano, el sector rural ocupa un porcentaje inferior de programas ejecutados, aunque cabe resaltar que el valor de una vivienda VISR ofrecidas en este año, son viviendas que en su gran mayoría se ha desarrollado de la misma manera en cuanto a proyectos de vivienda nueva en sectores de escasos recursos para la localidad de Usme, sin embargo en Colombia según el ministerio de vivienda, se emplearán planes de vivienda en los sectores rurales para mediados de esta década financiados por el Banco Agrario (Banco Agrario de Colombia, 2018).

Figura 3

Modelo de vivienda VISR desarrollada en zona rural de Colombia



Nota: Modelo de Vivienda VISR perteneciente al Programa de vivienda rural elaborado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2020)

Los materiales utilizados en la construcción de la vivienda como el bahareque encementado, generan múltiples beneficios tanto económicos como ambientales, pues se tienen comparaciones con respecto a procesos constructivos como la mampostería confinada de hasta un 35% de ahorro en costos directos, (Pérez Sánchez et al., 2018) en su trabajo afirmó y resaltó la versatilidad y beneficios de la guadua en la implementación de vivienda social, “construcciones con el material guadua angustifolia es viable porque cuenta con soporte técnico e investigativo que se sustenta mediante la norma sismo resistente NSR-10 a nivel nacional. Igualmente el material muestra facilidades constructivas más sencillas de realizar que los detalles de la construcción tradicional que en algunos casos son requisitos obligatorios por la NSR-10” (p. 52). La NSR-10, en su título G establecen los siguientes requisitos mínimos de la guadua cómo material estructural:

- La construcción de la edificación debe realizarse por personal debidamente entrenado para tal fin y bajo la dirección de un profesional según lo prescrito por la Ley 400 de 1997, la Ley 1229 de 2008 y sus decretos reglamentarios.
- El análisis y diseño de estructuras en guadua debe basarse y realizarse por el método de esfuerzos admisibles de acuerdo a las propiedades de la guadua

Con el fin de ofrecer un confort térmico, el Ingeniero Gustavo Teneche en su artículo *Detalles al trabajar con Guadua* (2021), propone materiales como la paja, que además de su fácil acceso, proporciona un alto nivel de protección térmico como acústico.

López y Muzziotti (2018) en su trabajo de grado *Análisis comparativo entre la construcción en mampostería y Bahareque*, resaltan las bondades de la construcción con Bahareque con respecto a la mampostería, pues a partir de un análisis de partidas y la elaboración del presupuesto concluyeron que a grandes rasgos el Bahareque puede ser una gran alternativa de solución ante problemas como el déficit de vivienda, rehabilitación a nivel Rural, pues la viabilidad de la construcción a gran escala.

Variable costo

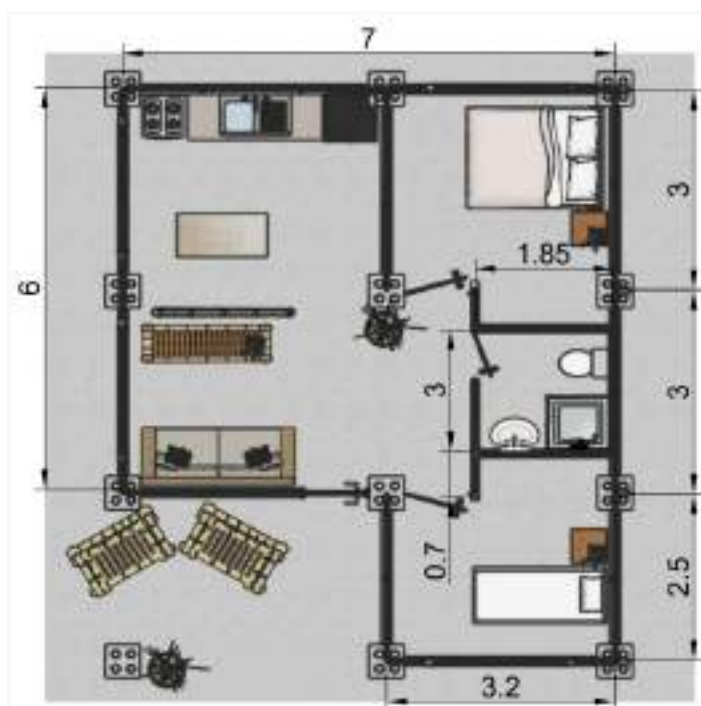
La variable costo se contempla como una de las mayores fortalezas de este sistema constructivo, así como su versatilidad para lograr una estructura con un nivel estético adecuado y acorde a las condiciones de habitabilidad adecuadas para la comunidad beneficiaria.

A continuación se presenta una comparación entre los costos realizada por López y Muzziotti, ingenieros civiles de la universidad Católica de Caracas, para un tipo de vivienda rural en bahareque y en mampostería confinada. Describen detalladamente los beneficios

obtenidos al desarrollar proyectos en bahareque encementado y se consignan las comparaciones entre los costos directos entre la propuesta de la vivienda elaborada por los autores los cuales dan lugar a la idea de proponer una solución a partir de un modelo de vivienda funcional y que aporte a la construcción un enfoque lo más sostenible posible sin perder de vista la adaptabilidad y costumbres de sus beneficiarios.

Figura 4

Planta de Vivienda diseñada por López y Muzziotti.



Nota: Modelo Arquitectónico en Revit de vivienda. Información tomada del anexo 1 de (López & Muzziotti, 2018)

Figura 5

Fachada de Vivienda diseñada por López & Muzziotti



Nota: Modelo arquitectónico en Revit de vivienda. Información tomada del anexo 1 de (López & Muzziotti, 2018).

Los costos corresponden al año 2018 y el proyecto se ubica en la ciudad de Caracas - Venezuela. Fue propuesto con el fin de evaluar la viabilidad de la construcción en bahareque frente a construcciones como la mampostería confinada en una vivienda de 50 m².

Cuadro 1

Resumen del presupuesto de vivienda en bahareque por López y Muzziotti

# Partida	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$Cop)	Costo total (\$Cop)	Costo 2021 (\$Cop)
Fundaciones						Segùn IPC
1	Excavación manual para fundaciones y zanjas h=1.50 m	m3	16.10	32.496	523.186	597.530
2	Carga manual de material residuos de excavación.	m3	20.93	11.706	245.007	279.822

3	Construcción de viga de concreto ciclópeo	m3	3.72	231.743	862.084	984.586
4	Transporte urbano de residuos de material en camión entre 15 y 20 km	m3*km	20.93	98.000	2'051.140	2.338.299
5	Suministro y colocación del acero N3 con fleje N2	kg	394.6	8.553	3'375.014	3'854.603
6	Elaboración del concreto 21 Mpa para fundaciones, tirantes.	m3	9	480.580	4'325.220	4'939.833
SUBTOTAL					\$ 11'737.477	13'405.372
Sobrecimientos						
10	Construcción de sobrecimiento.	m2	16.85	240.805	4'057.565	4'634.144
8	Encofrado de columnas de bambú.	m2	12	24.227	290.724	332.035
6	Suministro y colocación anclajes N4 para columnas L=0.85 m	Pieza	65	8.110	527.150	602.058
9	Concreto para pedestal en columnas.	m3	1.50	553.580	830.370	948.365
SUBTOTAL					5'705.809	6'516.602
Losa de piso						
11	Excavación manual para asiento de losa hasta 1,50 m	m3	12	28.915	346.980	396.285
12	Carga manual de material obtenido en excavación	m3	9.30	9.414	87.551	100.000
13	Transporte de material proveniente de la excavación	M3 x km	9.30	98.000	911.400	1'040.909
14	Construcción de base piedra picada para alistado de losa incluye 50 km de transporte	m3	2.40	231.743	556.183	556.197
15	Suministro, transporte, preparación y colocación de malla electrosoldada	Kg	98.39	3985.34	392.117	447.836

16	Concreto de 21 mpa para losa contrapiso	m3	7.10	563.580	4'001.418	4'570.019
SUBTOTAL					6'295.649	7'190.260
Estructura						
17	Colocación de columnas ancladas a sobrecimiento	ml	185.35	4.590	850.757	971.649
18	Conexión apernada simple Columna a sobrecimiento	unidad	65	1.029	66.864	76.365
19	Colocación de rigidizadores	ml	39.69	4691.33	186.200	212.659
20	Conexión apernada simple de 90 grados	unidad	38	1041.34	39.571	45.194
21	Colocación de vigas en bambú	ml	75.61	5003.4	378.303	432.059
22	Conexión apernada simple viga - columna	unidad	17	2.890	49.119	56.098
23	Conexión de 90 grados zunchada entre elementos simple	unidad	31	3.052	94.612	108.056
24	Conexión de guadua con refuerzos de pernos 10mm	unidad	10	1.514	15.140	17.291
25	Construcción de muros de guadua y mortero	m2	80.94	75.247	6'090.493	6.955.952
SUBTOTAL					7'771.059	8'875.326
Cubierta						
26	Suministro y colocación de correas en guadua para cubierta	ml	70	3.937	275.590	314.752
27	Conexión apernada para cerchas en bambú	unidad	40	4.486	179.440	204.939
28	Conexión apernada simple entre Columna y cercha	unidad	24	9.256	222.144	253.710
29	Suministro y colocación de estructuras de guadua en correas.	ml	260	570	148.200	169.259

30	Conexión apernada simple de correa- viga	unidad	92	1028.7	94640.4	108.089
31	Suministro y colocación de esterilla para cubierta	m2	130	30.945	4'022.850	4'594.496
32	Colocación de capa de mortero (1:4) sobre esterilla	m2	130	45.750	5'947.500	6'792.639
33	Impermeabilización en techo con membrana asfáltica	m2	130	23.224	3'019.120	3'448.136
SUBTOTAL					13'909.484	15'886.022
Valor total del presupuesto de estructura de Bahareque					45'419.842	

Nota: Presupuesto de la estructura de la vivienda en bahareque con un total de pesos colombianos, teniendo en cuenta la inflación (14.21%) presentada en el periodo 2018-2021 . Información tomada de (López & Muzziotti, 2018, p. 140).

El presupuesto elaborado por López y Muzziotti para la construcción de la vivienda en mampostería confinada a continuación, con el fin de compararlos y estimar las bondades económicas de la construcción en bahareque encementado.

Cuadro 2

Resumen Presupuesto de vivienda en mampostería confinada por López y Muzziotti

# Partida	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (COP \$)	Costo Total (COP \$)	Costo 2021 (\$Cop)
Fundaciones						
1	Excavación manual para fundaciones y zanjas h=1.50 m	m3	16.10	32.496	523.286	597.530
2	Carga manual de material residuos de excavación	m3	20.93	11.706	245.007	279.822
3	Construcción de viga de concreto	m3	3.72	231.743	862.084	984.586

	ciclópeo					
4	Transporte urbano de residuos de material en camion entre 15 y 20 km	m3*km	20.93	98.000	2'051.140	2.338.299
5	Suministro y colocación del acero N3 con fleje de N 2	kg	116.43	8.553	995.826	1'137.332
6	Suministro y colocación del acero N4 con fleje N 3	Kg	429.40	9.450	4'057.830	4'634.447
7	Elaboración y colocación concreto de 21 Mpa para vigas y fundaciones, tirantes.	m3	9	480.580	4'325.220	4'939.833
SUBTOTAL					12'272.514	14'911.849
Sobrecimientos						
10	Construcción de sobrecimiento.	m2	16.85	240.805	4'057.565	4'634.144
8	Encofrado de columnas de concreto	m2	12	24.227	290.724	332.035
9	Concreto para pedestal en columnas	m3	1.50	553.580	830.370	948.365
SUBTOTAL					5'178.659	5'914.546
Contrapiso						
11	Excavación manual para asiento de losa hasta 1,50 m	m3	12	28.915	346.980	396.285
12	Carga manual de material obtenido en excavación	m3	9.30	9.414	87.551	100.000
13	Transporte de material proveniente de la excavación	M3 x km	9.30	98.000	911.400	1'040.909
14	Construcción de base piedra picada para alistado de losa incluye 50 km de transporte	m3	2.40	231.743	556.183	556.197
15	Suministro, transporte, preparación y colocación de malla electrosoldada	Kg	98.39	3985.34	392.117	447.836
16	Concreto de 21 Mpa para losa	m3	7.10	563.580	4'001.418	4'570.019

	contrapiso					
SUBTOTAL					6'295.649	7'190.260
Estructura						
17	Construcción de paredes en bloque hueco de Arcilla inc acabado simple.	m ²	80.90	89.343	7'227.849	8'255.287
18	Suministro, preparación y colocación del acero fleje N4.	Kg	439	7.934	3'483.026	3'977.963
19	Construcción de columnas de confinamiento Fc' 21 Mpa	ml	185.35	4.590	850.757	971.649
20	Suministro, preparación y colocación del acero fleje N3	Kg	285.70	8.382	2'394.738	2'734.339
21	Encofrado de madera	m ²	50.65	36.708	1'894.133	2'163.289
22	Elaboración y colocación de concreto de 21 Mpa para dinteles, vigas corona y arriostramientos.	m ³	4	563.580	2'254.320	2'574.659
SUBTOTAL					18'104.823	20'677.519
Cubierta						
23	Cerchas metálicas de sección cte incluye transporte 50 km.	ml	25.20	396.258	9'985.701	11'404.670
24	Suministro y colocación de estructuras metálicas de correas simples.	ml	260	119.385	31'040.100	35'450.898
25	Conexión apernada para correas.	unidad	92	3.210	295.320	337.285
26	Suministro, confección y colocación de láminas cinduteja	m2	130	70.031	9'104.030	10'397.713
SUBTOTAL					46'648.358	57'590.566
Valor total del presupuesto de estructura de Mampostería					86'258.319	

Nota: Presupuesto de la estructura de la vivienda en Mampostería teniendo en cuenta la inflación (14.21%) presentada en el periodo 2018-2021. COP \$. Información tomada de (López & Muzziotti, 2018, Pag. 144).

Se puede concluir de esta comparación del presupuesto, que las estructuras en bahareque son hasta un 40% más económicas respecto a las estructuras tradicionales, pues su ejecución requiere de menos personal capacitado por lo que cada actividad se ve afectada en beneficio para las construcciones con bahareque, evidenciando su alta competitividad económica en proyectos sobretodo a gran escala. Ahora bien, actualmente y frente al desarrollo del presente proyecto, se realiza una comparación de los costos en SMMLV en VIS de acuerdo a Construdata para mampostería confinada y son los siguientes:

Cuadro 3

Costos directos en SMMLV 2021 en Colombia para mampostería confinada

MAMPOSTERÍA CONFINADA	
ACTIVIDAD	COSTO DIRECTO EN SMMLV 2021
Preliminares	3.78
Cimentación	16.42
Estructura	31.80
Entrepiso	7.30
Pisos	16.10
Cubierta	7.10
Instalación eléctrica	2.70
Instalación hidrosanitaria	36.30
Instalación de gas	4.20
Carpintería Metálica	8.60

Acabados	0.44
TOTAL	135 SMMLV

Nota: Información tomada y adaptada de revista Construdata, Vol 172 “Vivienda social”

Cuadro 4

Costos directos del proyecto de acuerdo a “Anexo 4 presupuesto los Soches”

CUADRO DE COSTOS DIRECTOS VIVIENDA LOS SOCHES		
ACTIVIDAD	COSTO DIRECTO PROYECTO LOS SOCHES (\$COP)	COSTO DIRECTO PROYECTO LOS SOCHES (SMMLV)
Preliminares	\$ 6.575.863	6.5
Movimiento de tierras	\$ 2.899.355	2.8
Instalaciones subterráneas	\$ 2.573.891	2.5
Estructura en concreto	\$ 20.039.210	20
Muros y columnas	\$ 15.498.046	15.5
Cubierta y cielo raso	\$ 11.743.151	11.7
Instalaciones hidrosanitarias y aparatos	\$ 5.274.747	5.3
Red eléctrica Inc sistema fotovoltaico	\$ 16.018.817	16
Acabados en pisos y muros	\$ 5.961.048	5.9
Carpintería metálica	\$ 1.364.187	1.3
Carpintería de madera	\$ 1.775.111	1.7
Pavimento articulado	\$ 3.446.470	3.4
Aseo	\$ 293.344	0.29
TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 93.463.240	93.4
VALOR SUBSIDIO DE VIVIENDA VIS 2022	20 - 70 SMLMV	-

Nota: Los costos directos son resultado del análisis de cada una de las partidas, ajustando los valores al equivalente en SMMLV 2022, su cálculo a detalle se contempla en el documento Anexo 4 “Presupuesto de obra vivienda los Soches”.

Variable tiempo

La otra variable que analizó fue los rendimientos de obra presentados en los APU del presente proyecto, teniendo en cuenta “equipos, maquinaria, mano de obra, materiales y desperdicio” pues además de no requerir de un personal especializado, se pueden realizar trabajos previos de carpintería e implementar sistemas pre-armados.

Cuadro 5

Comparativo de rendimientos constructivos frente a la mampostería confinada

TIEMPO EN DÍAS DE CONSTRUCCIÓN (8h)			
Actividad	Construcción en mampostería	Construcción en bahareque	Diferencia (días)
Fundación	5.41	5.41	0
contrapiso	4	4	0
Estructuras	8	4.2	3.8
Cubierta	18	10	8
Valor total (días)	35.41	23.61	11.8
Diferencia porcentual	100%	30,7% más rapido	12 días menos

Nota: López & Muzziotti concluyeron que tanto el personal como los rendimientos en las actividades disminuyen hasta un 30%,

La duración de obra de la vivienda los Soches se efectúa sobre los 90 días aproximadamente y la duración y los rendimientos se encuentran en el anexo 4. Con los resultados previamente analizados se genera una perspectiva mucho más lógica de llegar a ejecutar una solución como estas en Colombia en proyectos de vivienda, sobre todo en sitios geográficos en donde se adapte el cultivo de la guadua, material base de la vivienda y las condiciones para su correcto aprovechamiento .

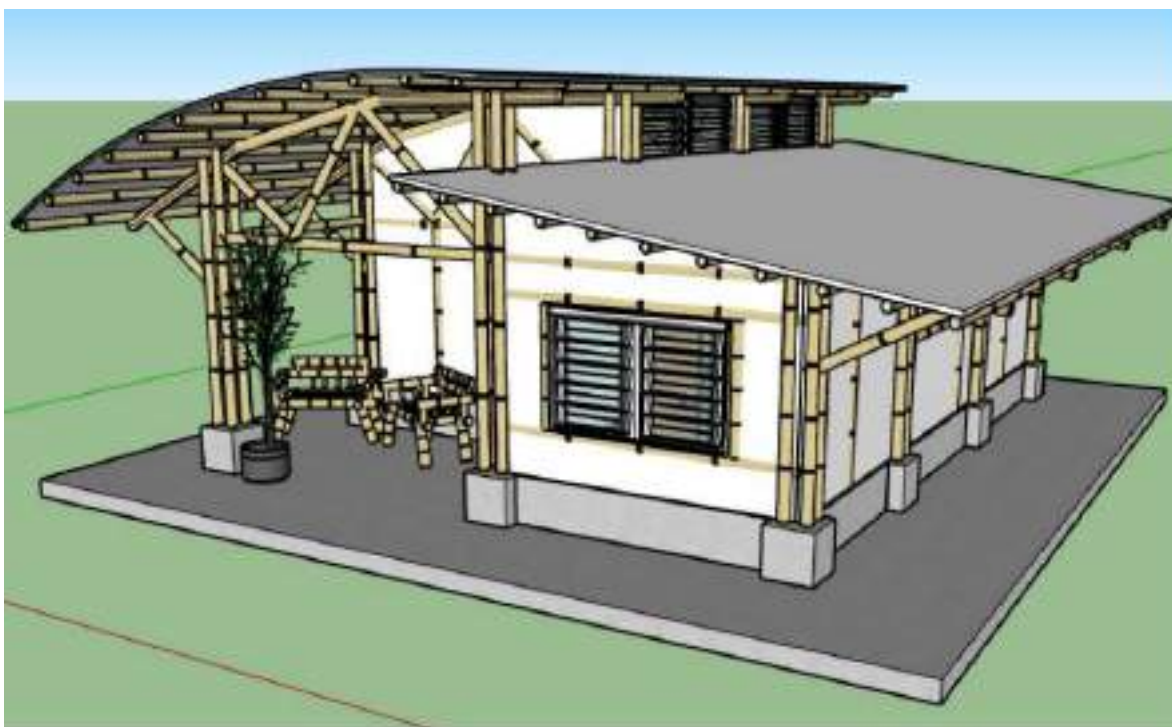
Cuadro 6

Duraciones de vivienda los Soches

CUADRO DE DURACIONES VIVIENDA LOS SOCHES	
ACTIVIDAD	DURACIÓN 8h(D)
Preliminares	5.54
Movimiento de tierras	5.50
Instalaciones subterráneas	3.98
Estructura en concreto	17.01
Muros y columnas	20.85
Cubierta y cielo raso	7.76
Instalaciones hidrosanitarias y aparatos	4.18
Red eléctrica Inc sistema fotovoltaico	9.48
Acabados en pisos y muros	7.14
Carpintería metálica	1.83
Carpintería de madera	1.44
Pavimento articulado	7.05
Aseo	0.5
TOTAL DURACIÓN DÍAS (d)	92.2

Figura 6

Modelo 3D por López & Muzziotti



Nota: La vivienda modelada por estos autores es desarrollada para vivienda rural.

Cuadro 7

Comparación de mano de obra por López y Muzziotti

COMPARATIVO MANO DE OBRA	
CONSTRUCCIONES EN BAMBÚ	CONSTRUCCIONES EN MAMPOSTERÍA
No requiere de personal especializado	Requiere de un supervisor de obra
1 Maestro de obra	1 Maestro de obra
2 Oficial de obra	3 oficial de obra
1 Maestro carpintero & ayudante	1 Mampostero & ayudante
2 Ayudantes	4 Ayudantes

1 Impermeabilizador	1 Impermeabilizador
Choferes de camión	Choferes de camión
Operadores de máquinas	Operadores de máquinas
	Soldador
	Montador

Nota: Personal mínimo. Información tomada de (López Orozco & Muzziotti Goncalves, 2018).

Además de ser un material bondadoso en lo referente a sus propiedades físico mecánicas la guadua tiene una ventaja considerable en cuanto a su puesta en obra, es un material liviano y versátil tanto para su transporte como para su instalación, los rendimientos de obra se pueden ver reducidos al proponer una vivienda que pueda ser construida de manera modular y poder realizar trabajos de carpintería como los cortes y las perforaciones en las guaduas.

Para el proyecto se definió una tipología de vivienda de acuerdo al número de habitantes y sus necesidades, haciendo uso de guías para proyectos VISR y brindar a la población una vivienda rural, ubicada estratégicamente; que aporte a la productividad de manera sostenible haciendo uso de metodologías con sistemas innovadores y viables que beneficien al usuario; teniendo en cuenta que se modificó su área mínima pasando de 38 m² a 55 m² (Gerencia de vivienda, 2018).

En el diagnóstico elaborado como anexo 1, se plantearon las diferentes estrategias de sostenibilidad de acuerdo al potencial de la zona de estudio y el surgimiento de resoluciones que

favorecen el desarrollo sostenible en Colombia, teniendo en cuenta características ambientales, fuentes de abastecimiento de energía renovable y viabilidad económica de su ejecución, buscando implementar sistemas que generen el mayor beneficio a los habitantes, manteniendo un equilibrio en el impacto ambiental y limitándose al presupuesto disponible para vivienda VISR.

Todo esto resulta en una alternativa concreta para implementar energías renovables como los sistemas de generación, dentro de los cuales encontramos que para los sistemas de energía eléctrica fotovoltaica remunerada mediante la distribución de energía en el sistema interconectado nacional, regulada por la resolución CREG 195 del 2020, pues según la ubicación geográfica del proyecto permite obtener los niveles de radiación solar necesarios para suplir la energía eléctrica a ciertas horas del día teniendo valores de hasta 6 horas pico de generación de energía para los países cercanos al Ecuador; por otra parte y de acuerdo a la evaluación de características como temperatura, precipitación y elevación presentadas en el anexo 1 y el lugar permite la implementación de un atrapanieblas como ayuda para cubrir la demanda de consumo o descargas de aparatos sanitarios.

Se realiza un acercamiento a la metodología BIM, utilizando sus herramientas al realizar un modelo de información de la vivienda en el software Revit como herramienta tecnológica, aplicándose dentro del diseño estructural y de sistemas e instalaciones, analizando sus ventajas como el acceder de manera oportuna a todo tipo de información relacionada a los componentes del proyecto, permitiendo así gestionar cambios y obtener los documentos necesarios para concebir los diseños como lo son planimetrías y tablas de cantidades de manera automatizada, coordinada y de buena calidad.

Estado del arte

Vivienda sostenible

Desde los años noventa con la creación del ministerio de medio ambiente y el sistema nacional ambiental “SINA”, se adoptaron políticas en las empresas con más regularidad, pues con la promulgación de la Ley 99 de 1993, que está relacionada a la visión y el enfoque sostenible, tomó mayor importancia el componente ambiental y social dentro de los factores de desempeño de los proyectos.

Esta norma entiende por el concepto de “desarrollo sostenible, aquellas acciones que conduzcan al desarrollo de la economía, una mejora continua de calidad de vida, evitando el uso de recursos naturales no renovables, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las próximas generaciones a utilizarlo para la satisfacción de sus necesidades” (República de Colombia, 1993).

Materiales renovables

Se pretenden emplear materiales y sistemas que aporten un valor sostenible a la vivienda; por ejemplo adaptando la guadua, única especie entre las subfamilias del bambú con las propiedades físico mecánicas para emplearse en construcción, plantas dadas en el bosque andino y a unas condiciones ambientales especiales; es un material que aporta ventajas económicas y ambientales siendo su implementación mediante un sistema constructivo casi en seco, que genera un impacto positivo durante las etapas de construcción por su manejabilidad, desde su caracterización hasta su conservación según indica la ISO 22157 e ISO 22156, los criterios sismorresistentes estipulados en la norma Andina para su implementación en edificaciones.

Guadua Ak

Una estructura de guadua diseñada de acuerdo con los requisitos de este reglamento NSR-10, atendiendo a los requisitos mínimos que deroga el título G, tendrá un nivel de seguridad equivalente al de estructuras diseñadas con otros materiales y estará limitado a dos pisos. Para este caso en particular el diseño se complementará con la norma Andina para diseño y construcción de casas de uno y dos pisos en bahareque encementado.

Medio ambiente

Las condiciones ambientales del sector los Soches que se evaluaron en el anexo 1, como por ejemplo, las condiciones de humedad, radiación solar, temperatura, precipitación por lluvia y por neblina, nubosidad como principales fuentes de información, se obtuvieron utilizando la interpolación de datos existentes en cada una de las siguientes estaciones climatológicas (EL SOCHE, CISACA, CHIPAQUE, STA MARIA DE SAN JOSÉ, JUAN REY Y PALO BLANCO); como método para completar datos en los periodos que no se haya registrado la toma de datos.

Aprovechamiento de los recursos

De acuerdo al plan ambiental local de Usme se estima que un 73% de su extensión corresponde a suelo rural y se presentan múltiples carencias en la calidad de los servicios públicos; ya sea por la ausencia de redes, o por las condiciones sociales como es el caso de los Soches, donde algunos de los habitantes utilizan el agua de la quebrada Yomasa para su consumo y es agua que presenta altos niveles de contaminación por presencia de actividades agrícolas y ganaderas aguas arriba (Alcaldía local de Usme, 2020).

Los sistemas y métodos de captación de niebla, representan una gran alternativa para el estudio de la probabilidad de obtener de agua por medio de la condensación de la niebla, lluvia horizontal, o niebla, en los bosques tipificados como bosque de niebla con un alto potencial hídrico y recolección de agua (Mendoza-Palacios & Castañeda-Álvarez, 2014); se vuelven una opción viable teniendo en cuenta que las características de humedad y temperatura son óptimas debido a su ubicación estratégica. En el caso de otros países como Guatemala, Perú, Ecuador y otros, en donde se presentan condiciones similares, ya se han implementado sistemas y dispositivos de recolección de aguas lluvias como los atrapanieblas (Ochoa-Ochoa et al., 2017), los cuales se encargan de capturar agua presente en la neblina a través de una geomalla o polisombra y una serie de canaletas que transportan a un tanque de almacenamiento que han sido una solución para mantener las actividades agrícolas y comunidades apartadas.

El porcentaje de agua obtenida está en función del recubrimiento de la malla utilizada y su tamaño. La siguiente imagen satelital elaborada por los autores de éste trabajo haciendo uso de la herramienta Infracore, se presenta un mapa con la variación de las alturas o curvas de nivel y clasificando el territorio de los Soches según su altura, observando que la altitud de la vereda oscila entre los 2.971 m.s.n.m y los 3.300 m.s.n.m; altura a la que se encuentran los denominados bosques de niebla, lugares donde la recarga hídrica se obtiene de distintas fuentes (escorrentía superficial y subterránea, niebla, lluvias), además se presentan niveles de radiación mayores debido a su altitud (Carvalho et al., 2019).

Figura 7*Vereda los Soches*

Nota: Modelo de elevación del sitio de estudio obtenido a través del software Infracore.

Métodos como la captación de lluvia horizontal en lugares donde la altitud se encuentra entre los 2000 y 3000 msnm, y donde las partículas de agua son tan diminutas que no es posible su precipitación natural, es por eso que con el uso de una malla se facilita el proceso de precipitación acelerada de la niebla para su posterior aprovechamiento (Mendoza-Palacios & Castañeda-Álvarez, 2014). De esta manera aprovechar la oferta hídrica que ofrezca mayor calidad de agua y se pueda cubrir la demanda del recurso para una vivienda.

Energía renovable

La generación de energía residencial a nivel mundial a partir de fuentes alternativas, se ha intensificado, con el fin de favorecer los recursos naturales y suplir una necesidad colectiva que beneficie a una población.

Actualmente, Colombia representa una gran oferta en cuanto al aprovechamiento de diversas fuentes de energía alternativa, aprovechando las corrientes de viento en las costas

marítimas, radiación solar por su ubicación en el trópico, calor interno de la tierra, a través de la implementación de tecnologías para desarrollar y generar energía (Giraldo et al., 2018).

La energía solar fotovoltaica se genera a través de una sección de material de silicio con diferentes niveles de pureza. Los paneles monocristalinos son aquellos que presentan una mayor eficiencia debido a que la materia prima no es manipulada previamente ni expuesta a condiciones que puedan impactar de manera negativa su rendimiento.

En los últimos años, la eficiencia de los paneles de silicio ha venido aumentando a medida que se desarrollan nuevas tecnologías en el campo de las energías alternativas, especialmente la fotovoltaica, actualmente se pueden encontrar celdas y materiales con un porcentaje de eficiencia de alrededor de 60%, mejorando sus registros en años anteriores ya que dicha eficiencia apenas llegaba al 30% (Ecoinventos, 2021).

Marco teórico

Calidad de los materiales

Características físico-mecánicas de la guadua y cuidados

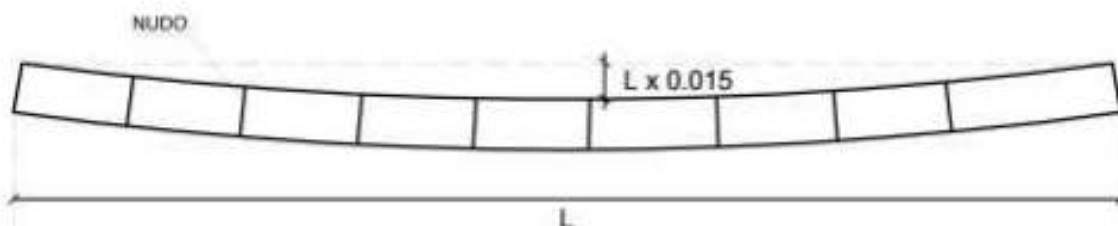
Los requisitos de la guadua como material estructural tal y como lo define E.7.4.1, la guadua debe presentar una madurez de entre 3 y 6 años para obtener la resistencia requerida en los elementos que deben cumplir los requisitos dados por la NTC 5525 de caracterización físico-mecánica de la guadua, su contenido de humedad debe estar entre el 10 y 20%. La especie guadua Angustifolia es la utilizada para construcciones civiles, ya que se caracteriza por tener un espesor de pared ancho y entrenudos cortos. Los culmos de guadua también deben ser inmunizados de ataques de insectos xilófagos utilizando pentaborato al 6% de concentración, tampoco puede ser expuesta directamente al sol para evitar el fisuramiento. También es

fundamental asegurarse que la guadua utilizada con fines estructurales debe permanecer entre 15 a 20 días en sitio para que se adapte a las condiciones del ambiente el cual debe ser el adecuado para ser ejecutado el proyecto.

La curvatura se verifica revisando que el elemento no presente ninguna deformación inicial mayor al 1.5% de su longitud total respecto a su eje principal. Como los culmos se adquieren en longitudes de 3 m, por ningún motivo los culmos deberán presentar una curvatura mayor o igual a 4.5 cm.

Figura 8

Guadua curvada o torcida



Nota. La imagen describe la excentricidad máxima que debe presentar una guadua para un metro lineal para poder ser utilizada como material de construcción de tipo estructural.

La conicidad es verificable a lo largo del elemento, pues al ser natural su diámetro va disminuyendo y esto es normal, sin embargo se han establecido unos límites para la construcción referentes a la diferencia de diámetros de los extremos de cada elemento, dicha diferencia expresada en porcentaje que no debe sobrepasar lo estipulado en el cuadro 8.

Ecuación 1

Verificación de la conicidad

$$\% con = \frac{(DM-Dm)}{L} * 100$$

En donde DM es el diámetro del elemento en su parte inferior la cual es de mayor diámetro, Dm es el diámetro superior del elemento y L su longitud total, tomando como valores aceptables los valores de la siguiente tabla en función de la parte a la que pertenezca el culmo.

La cepa siendo la parte inferior y de mayor diámetro será un elemento que no podrá presentar una variación en su diámetro mayor a 5 mm. Por otra parte, los elementos pertenecientes a la basa, podrán presentar una variación no mayor a 1 cm, y para los elementos de sobrebasa no se podrá exceder una variación de 1.5 cm en sus diámetros superior e inferior, teniendo en cuenta que son elementos de 3 metros de longitud.

$$\% con = \frac{(0.12-0.11)}{3} * 100 = 0.33\%$$

Cuadro 8

Porcentaje de conicidad aceptable en una guadua

Parte de la guadua	% Conicidad
Cepa	0.17%
Basa	0.33%
Sobrebasa	0.50%

Nota. Imagen tomada de la norma Andina

Las fisuras no deben superar un 20% de la longitud total del cañuto, es decir que en un cañuto de 25 cm de longitud, en caso de fisurarse y pasar el nudo esta longitud que sobrepasa no puede ser mayor a 5 cm. De no cumplirse esta condición se puede corregir mediante uniones zunchadas “amarradas”, rellenarse con un mortero 1:4 o sustituyendo elemento.

Preservación por Inmersión Según NTC 5301

Según (ICONTEC, 2018), la preservación por inmersión es uno de los métodos más utilizados y se realiza mediante las siguientes actividades:

- 1) Perforación longitudinal de los diafragmas interiores de los culmos, mediante una varilla de acero de 12 mm (1/2”) a 16 mm de diámetro (5/8”).
- 2) Lavado exterior del culmo para no contaminar el líquido preservante; se usarán materiales o líquidos poco abrasivos, que no rayen o deterioren la epidermis del culmo.
- 3) Se introducen los culmos en el tanque de preservación, donde previamente se ha colocado el líquido preservante en la dosis formulada (por cada 96 litros de agua se recomienda 2 Kg de cada uno de los químicos: bórax y ácido bórico). La disolución de las sustancias será óptima si los polvos químicos mencionados son diluidos en forma parcial en recipientes de 5 galones de agua a temperatura entre 50°C y 80°C.
- 4) La introducción de los culmos debe ser realizada de manera tal, que el extremo superior del culmo quede a flor de agua para que el aire contenido se desplace hacia la superficie formando burbujas.
- 5) Luego del tiempo indicado para su inmersión, mínimo 5 días en condiciones de temperatura ambiente o 6 horas aplicando temperatura de entre 60°C y 80°C, para la guadua rolliza, los culmos son extraídos y escurridos para su secado final.

6) Posterior a la extracción de los culmos, estos son colocados en forma inclinada con la parte basal o de mayor diámetro hacia arriba, para permitir que escurra el exceso de líquido preservante antes de llevarlos hacia el sitio de secado.

7) Para que los culmos tengan la capacidad de absorción del preservante, el contenido de humedad de la guadua deberá ser como mínimo del 30% medido con el higrómetro digital.

8) El contenido de humedad de los culmos se debe medir con un higrómetro, mismo que debe tener una calibración baja para maderas duras tipo a.

Secado de la guadua Ak según NTC 5301

La guadua presenta una durabilidad natural alta; sin embargo, ésta se puede ver alterada, ya que la resistencia natural de este material comparada con la de la madera es más baja debido al alto contenido de almidón y azúcares que contiene, así mismo es vulnerable a factores bióticos como el ataque de insectos xilófagos y factores abióticos como las condiciones ambientales – atmosféricas, la presencia de grietas, rajaduras y daños por mal secado y la vulnerabilidad al fuego. También se evidencia que la parte inferior de los tallos o culmos se deteriora más rápidamente que el resto del tallo, y que la parte interior del culmo es menos resistente que la parte exterior (ICONTEC, 2018).

El secado permitirá mejorar la durabilidad y resistencia ante agentes bióticos que atacan los elementos de guadua. Los elementos deben ser secados de forma vertical en sitios frescos. Durante el proceso se debe evitar el deterioro del material por el clima, agentes biológicos u otras causas, por lo cual se debe realizar lo siguiente: Se colocarán los culmos apoyados e

intercalados a los dos lados de un caballete. Los extremos basales deben estar asentados sobre una caña picada o similar, para evitar el contacto de los culmos con el suelo. La altura del caballete para almacenar la guadua debe ser de 2/3 de la longitud en los elementos a adoptar. Una vez que los culmos alcancen un contenido de humedad inferior a la humedad de equilibrio del sitio podrán ser almacenados bajo cubierta o ser dispuestos para su utilización en la construcción.

Vivienda de Interés Social (VIS)

De acuerdo a Secretaría de planeación (2020) con el objetivo de prever un adecuado uso, manejo del ambiente y de los recursos naturales, como también promover la protección e integración de las áreas de conservación y protección ambiental; de acuerdo con lo que defina el respectivo Plan de Ordenamiento Territorial. Para el caso de Bogotá, el POT es formulado con el ánimo de que una ciudad como Bogotá sea cada vez más sostenible, equitativa, competitiva y democrática, se encuentra en proceso de estructuración “el renacer de Bogotá 2022-2035”. Según el banco Agrario de Colombia (2018), la guía para la estructuración y presentación de proyectos de vivienda de interés social rural - Vigencias 2016 y 2017 se debe tener en cuenta lo siguiente:

- 1- La entidad operadora tendrá un plazo de máximo tres (3) meses contados a partir del acta de inicio del contrato para realizar las actividades de diagnóstico y estructuración.
- 2- Los resguardos indígenas, comunidades afrocolombianas, raizales, comunidades negras y comunidades vulnerables, podrán acreditar la propiedad colectiva conforme las condiciones determinadas en el marco legal que los regula. Se deberá presentar ante el banco Agrario una certificación del predio del hogar postulante SV-FT-265 Anexo

certificación del predio del hogar postulante”. Certificación por cada hogar, expedida por el Alcalde o autoridad competente, en la que conste cómo legítimo dueño del predio.

3- Las soluciones de vivienda se realizarán en suelo rural, conforme a la clasificación del suelo, prevista en el Plan de Ordenamiento Territorial POT, plan básico de ordenamiento territorial - PBOT o esquema de ordenamiento territorial – EOT.

Las soluciones de vivienda no se realizarán en zona de alto riesgo o con amenazas de desastres naturales (inundación, deslizamiento, etc.) (Banco Agrario de Colombia, 2018).

El diagnóstico realizado en la vereda los Soches se encuentra como el documento correspondiente al anexo 1.

Cuadro 9

Normativa nacional aplicable en viviendas VISR

Norma	Descripción
Ley 3 de 1991	Creación del sistema nacional de viviendas de interés social. Y en uso de sus facultades se establece el subsidio familiar de vivienda.
Ley 114 de 2006	Manejo de los subsidios de vivienda a nivel nacional para VIS rural y urbana.
Decreto 583 y 1077 de 2015	Control y regulación de las características de la vivienda de interés social y prioritario en tratamiento de renovación urbana junto con los requisitos de solicitud y trámite de las licencias urbanísticas
Decreto nacional No. 1071 del 26 de mayo de 2015.	Expedición del decreto único reglamentario del sector administrativo agropecuario, pesquero y de desarrollo rural.
SV-OT-001 reglamento operativo	Complementa, integra, implementa la actuación funcional del Banco Agrario de Colombia, encargado de la administración y otorgamiento del Subsidio Familiar de Vivienda de Interés Social Rural.

Resolución 1740 de 2016	Por la cual se establecen lineamientos generales para el manejo, aprovechamiento y establecimiento de guaduales y bambusales.
Guia para la estructuración y presentación de proyectos de vivienda de interés social rural 2016 - 2017	Proporcionar a las entidades operadoras, el procedimiento para desarrollar e implementar proyectos de VIS Rural.

Nota. Esta tabla muestra algunas de las normas que se aplican en proyectos destinados para construcción de VIS.

Sistema Constructivo

Sistema Estructural.

Cuadro 10

Normativa aplicable para construcción sismoresistente de vivienda 1 y 2 pisos

NORMA	DESCRIPCIÓN
NSR-10 Título E	CASAS DE UNO Y DOS PISOS. Define las especificaciones técnicas para el diseño de estructuras en bahareque encementado
Norma técnica colombiana NTC 5525 del 2007	Dispone métodos de ensayo para definir propiedades físico-mecánicas, también consideraciones de transporte y almacenamiento, entre otras características de la guadua.
Norma andina para construcción de casa de uno y dos pisos en bahareque encementado.	Norma desarrollada por el INBAR (Red Internacional de Bambú y Ratán).

Nota. Esta tabla muestra la normativa y entidades encargadas de regular y controlar los proyectos relacionados con la construcción de vivienda.

Sistema Hidrosanitario.

Cuadro 11

Normativa aplicable para el sector de agua potable y saneamiento

RESOLUCIÓN 0844 DEL 2018	Señala los requisitos en proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales de acuerdo a especificaciones técnicas descritas en el mismo.
CÓDIGO COLOMBIANO DE FONTANERÍA 2004	Establece parámetros para el diseño de suministro de una vivienda, de acuerdo a criterios especificados en la misma
RESOLUCIÓN 0330 DEL 2017	Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS

Nota. Esta tabla muestra la normativa y entidades encargadas de regular y controlar los proyectos relacionados con el sector de agua potable y saneamiento básico.

Sistema Energético.

La zona de estudio se encuentra según el Sistema Interconectado Nacional, en un lugar con acceso a energía eléctrica, sin embargo, para darle un enfoque sostenible y de energía renovable se realizará un dimensionamiento para un sistema fotovoltaico de la vivienda como alternativa.

La energía solar Fotovoltaica se obtiene por una transformación de la radiación solar, en energía eléctrica, esto producido por la fuerza electromotriz que ejerce un material semiconductor en este caso las celdas fotoeléctricas compuestas con silicio, este material absorbe la radiación emitida por el sol y los fotones se transfieren a los electrones semiconductores (ENEL, 2019). Este tipo de energía es utilizada para alimentar innumerables aparatos electrónicos, como también para abastecer refugios o casas aisladas y para producir electricidad a

gran escala para redes de distribución. Debido a la creciente demanda de energía renovable, la fabricación e instalación de plantas solares ha avanzado considerablemente en los últimos años (2020, cómo se citó en Moyano Palacio & Rowlands Liévano, 2020)

Cuadro 12

Normativa aplicable para Instalaciones Eléctricas

Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE 2018	Señala los requisitos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos operativos que se utilicen en la presentación de los servicios públicos domiciliarios de electricidad (Ministerio de Minas y Energía, 2013).
---	--

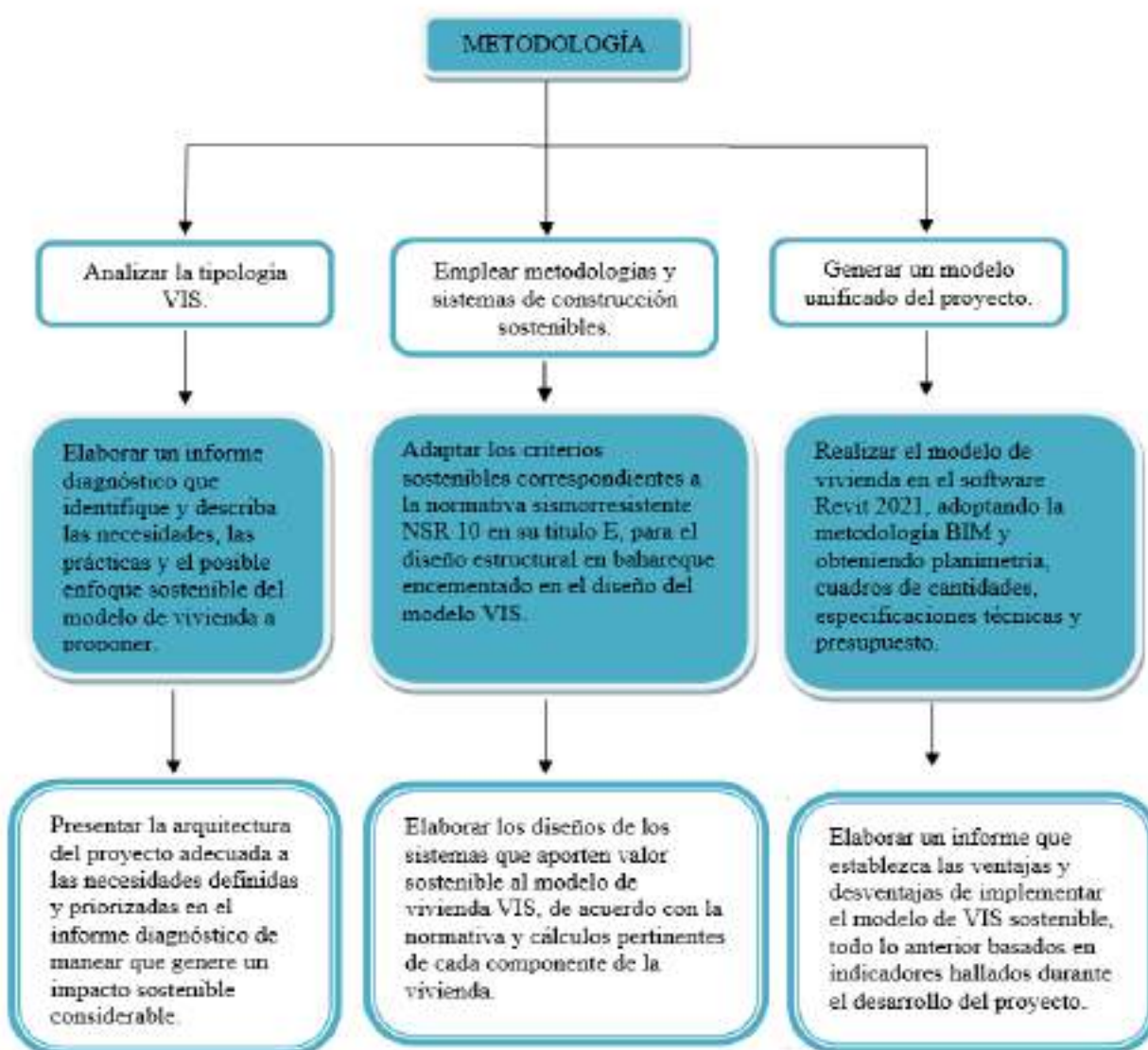
Nota. Esta tabla muestra la normativa y entidades encargadas de regular y controlar los proyectos relacionados con el sector de instalaciones de energía eléctrica.

Metodología

Para el desarrollo del proyecto se tendrá en cuenta un enfoque mixto, ya que se orientará en datos descriptivos y observables; así como datos de mediciones y estadísticas buscando el entendimiento de una relación entre las personas y el medio que los rodea, para contribuir desde el urbanismo y la construcción al desarrollo sostenible en condiciones de equidad a nivel rural. Para dar cumplimiento con los objetivos y etapas de la metodología propuestos en el presente documento, se consultará una serie de datos proporcionados por Entidades públicas cómo: IDEAM, DANE, EAAB; y el uso de mapas temáticos cómo, por ejemplo, niveles de radiación, zonas inundables, entre otros, cómo medio para buscar alternativas en el aprovechamiento de los recursos y generar estrategias teniendo en cuenta la importancia geográfica que califica este sitio cómo bosque altoandino; ahora bien, procederemos a realizar las siguientes actividades, descritas en las siguientes etapas:

Generar Sistemas sostenibles para una vivienda a partir de la obtención de datos climatológicos de una estación meteorológica principal, para su posterior análisis y evaluación de su potencial de producción de energía eléctrica o agua, contemplados en el Anexo 1, posteriormente se realizará el análisis e implementación de un atrapanieblas como sistema de captación de agua, dadas las condiciones y acceso a los materiales. Con ayuda del CNPV 2018, se analizaron datos de calidad de vida como tipo de vivienda, estrato, habitantes, empleabilidad; contenidos en microdatos suministrados por el DANE, que fueron georreferenciados y representados en un SIG (sistema de información geográfica), de esta manera identificar las necesidades y características de la población para brindar soluciones desde la perspectiva del desarrollo sostenible la cual se desarrolla en el (Anexo 1). A continuación, se evidencian los datos obtenidos por el DANE acerca de la zona delimitada como vereda Los Soches (ver figura 4 y figura 5).

Figura 9

Etapas de la Metodología para el Diseño VISR

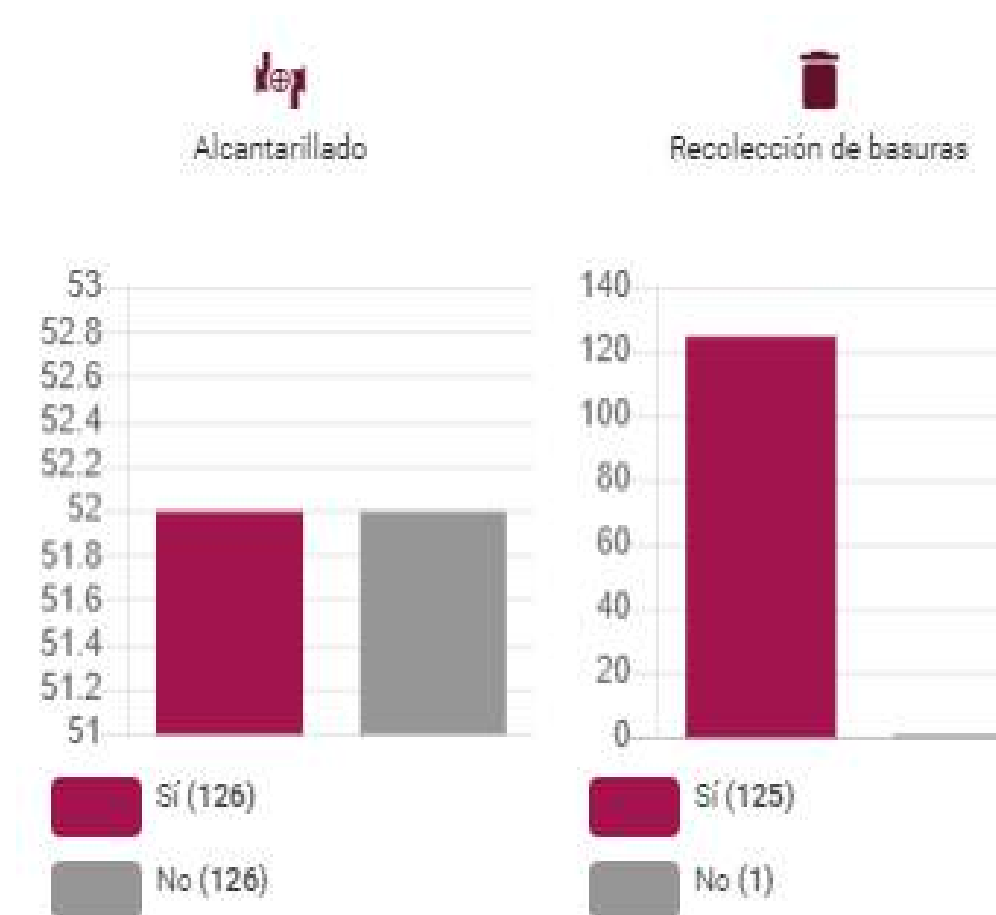
Nota. El diagrama representa las etapas como se va a desarrollar el proyecto de grado.
Elaboración propia

Figura 10*Características Vereda Los Soches.***Nota:** Información obtenida del Geoportal DANE

Se adoptará una arquitectura VISR que cumpla con los lineamientos dados por el decreto 2083 de junio del 2004, la cual establece normas para urbanización y construcción de VIS en Colombia, ya que a partir de esta se dará inicio al diseño de una vivienda que cumpla con los estándares de calidad, dándole un enfoque sostenible al proyecto en la medida que se ajuste económicamente a la tipología de vivienda desarrollada.

Figura 11

Registro de servicios de saneamiento Los Soches



Nota: Información obtenida del Geoportal DANE

Desarrollo

Para empezar se realizó el Diagnóstico ambiental de la vereda Agroparque los Soches como información preliminar para iniciar un diseño de las viviendas teniendo en cuenta las condiciones socioeconómicas y ambientales en la zona de estudio.

Adaptación a Tipología (VIS)

Usos de la vivienda

El destino de su habitabilidad consiste en la estandarización de calidad tanto en el diseño urbanístico como el arquitectónico y de construcción cuyo valor tope es el que se establece en las normativas que regulan la materia para VIS rurales aisladas, para la vivienda de una familia de ocupación 5 habitantes sin afectar ambientalmente el área de ocupación de sus habitantes ni sus tradiciones.

Orientación solar

La correcta ubicación de las viviendas que brinden un ahorro sustancial de energía, es importante la ubicación espacial dentro de su entorno, es decir, que tanto en la mañana cómo en la tarde la luz solar provea visibilidad dentro de la vivienda sin necesidad de utilizar iluminación eléctrica, para la iluminación solar se obtiene por el planteamiento de las ventanas de la vivienda procurando obtener la mayor cantidad de luz solar durante el día.

El emplazamiento de la vivienda se diseñó teniendo las características de clima frío y húmedo, tal y cómo se definió en el estudio diagnóstico del presente documento; toda vez que no genere una sensación térmica de frío, es por ello que la disposición de la vivienda se debe construir de manera que la vivienda quede con una iluminación natural, además de controlar que los paneles solares trabajen de manera eficiente. Conocemos que para Usme los rayos del sol

fluyen de Este a Oeste a partir de las 8 de la mañana, comienza a desplazarse inclinándose levemente hacia el Sur-oeste, debido a esto se plantear claraboyas de techo lo más inclinadas posibles hacia el sur Oeste y Sur Este.

La vivienda va a obtener luz desde el Este de 8 a 11 de la mañana y luego de 12 a 3 de la tarde el sol estará brindando mayor cantidad de energía desde el Sur-Oeste, por ello se decidió ubicar la vivienda de manera que la entrada principal de la vivienda quede orientada hacia el norte, pues es la zona que menor luz obtendrá que corresponderá a sitios como el baño y la zona del depósito, para ver el detalle de la estimación de radiación solar ver el Anexo 2 en el cálculo del sistema fotovoltaico.

Tipo de vivienda VISR

El tipo de vivienda que se ajusta a las condiciones de habitabilidad es el diseño de viviendas rurales aisladas, teniendo en cuenta que las extensiones del lote que las limita no pueden exceder los 3000 m² ; los cuales son distribuidos en las 15 viviendas para el caso en el que se compone de viviendas que comparten muros medianeros.

Memorias de cálculo

Diseño Estructural

El diseño de la estructura de la vivienda sostenible se realizó según lo establecido en el Capítulo E.7 de la NSR-10 correspondiente a casas de uno y dos pisos y a la Norma Andina para Construcciones en Bambú desarrollada por el INBAR (Organización Internacional del Bambú y el Ratán)., documentos que contienen los requisitos mínimos de diseño con un grado de resistencia sísmica adecuado, que minimice los efectos adversos producidos durante un sismo en

las viviendas y así sufran el menor daño posible correspondiendo a lo establecido en el Título VI de la ley 400 de 1997.

Para su elaboración se siguieron los siguientes lineamientos dados por la norma técnica.

- a. Se verificó el estado de casas similares en las zonas adyacentes verificando que no se presenten asentamientos diferenciales, agrietamientos o fisuramientos en los elementos a la vista, pérdida de verticalidad, compresibilidad excesiva, expansibilidad de intermedia a alta, muestras de colapsabilidad, confinamiento del terreno aunque es plano, no había laderas etc., se concluyó que las viviendas no han sufrido un deterioro por comportamientos inadecuados estructuralmente.
- b. Se comprobó que el terreno presenta ausencia en procesos de remoción en masa, presencia de áreas de minería suspendida, erosión, fuentes de agua cercanas u otros que pueden influir en la estabilidad y funcionalidad de la casa y la integridad de sus habitantes.

Figura 12

Fachada Norte de vivienda propuesta

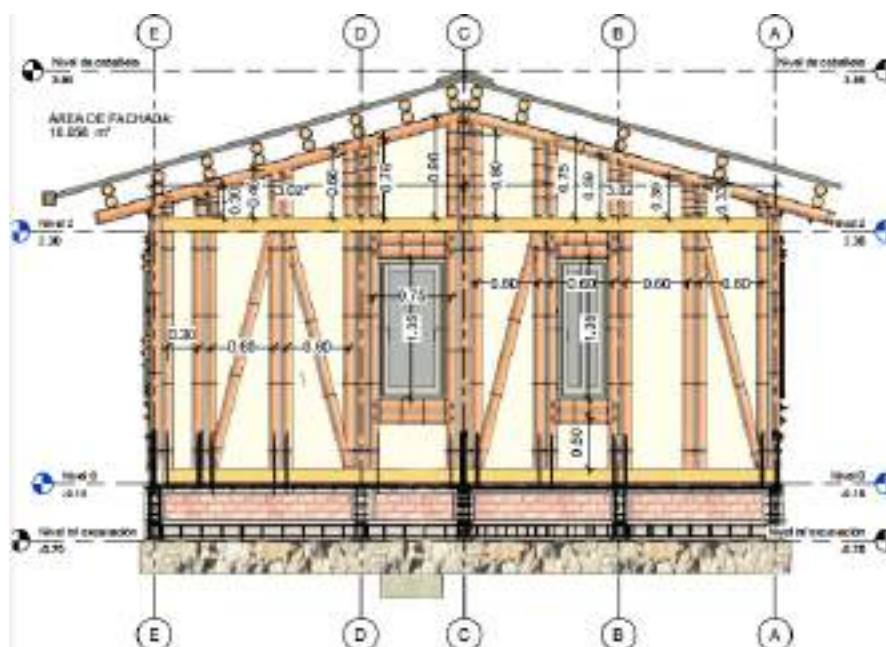


Figura 13

Fachada este de vivienda propuesta



Figura 14

Viviendas existentes.



Nota: Imagen tomada por los autores en la primera visita a campo

c. Se realizó un apique, a una profundidad de 1.50 metros y la calidad del suelo de cimentación se trata de una capa de materia orgánica de 30 cm de espesor, seguido de un lente de material arcilloso de aproximadamente 40 cm y un estrato resistente compuesto por un suelo donde predomina un material compuesto por arena y gravas de tamaño intermedio a fino que supera los 80 cm de espesor.

MATERIA ORGÁNICA	h= 0.30 m
ARCILLA COLOR GRIS OSCURO	h= 0.40 m
ARENA CON ALTO CONTENIDO FINO	h= 0.80 m

Figura 15

Excavación manual de zanja a 1.50 m



Nota: Imagen tomada por los autores en su visita al sector de una excavación en las inmediaciones del sitio de estudio en un apique cercano a las viviendas

Descripción del proyecto

La vivienda VISR los soches es una vivienda de una única planta, construida a base de *Guadua Angustifolia Kunth* y tiene un área total interior de 51.26 m², distribuido en uso residencial y una losa exterior de 18. 87 m² y un área de cubierta de 84 m², la cual es destinada para familias de 5 habitantes.

Figura 16

Isométrico proyecto los Soches



Nota: Modelo Arquitectónico elaborado en Revit 2021

El diseño se compone de una vivienda de un único nivel con un planteamiento estructural en bahareque encementado, que están compuestos por un entramado o esqueleto de muro

construido con guadua AK, la cual es revocada mediante mortero de cemento que se aplica sobre una malla de alambre instalada una vez se deje clavada en la esterilla de guadua y de esta manera formar un elemento de mayor rigidez cómo lo es el muro.

También se compone del diseño de sus instalaciones domiciliarias tanto de suministro de agua potable, desagües sanitarios, ventilación, red eléctrica y estructuras de saneamiento incluyendo alternativas sostenibles de generación de energía a partir de fuentes renovables, la obtención de agua a partir de la neblina y los avances en la construcción de pozos sépticos, para generar un impacto representativo tanto a nivel ambiental como en las condiciones de habitabilidad de sus habitantes.

Arquitectura definida

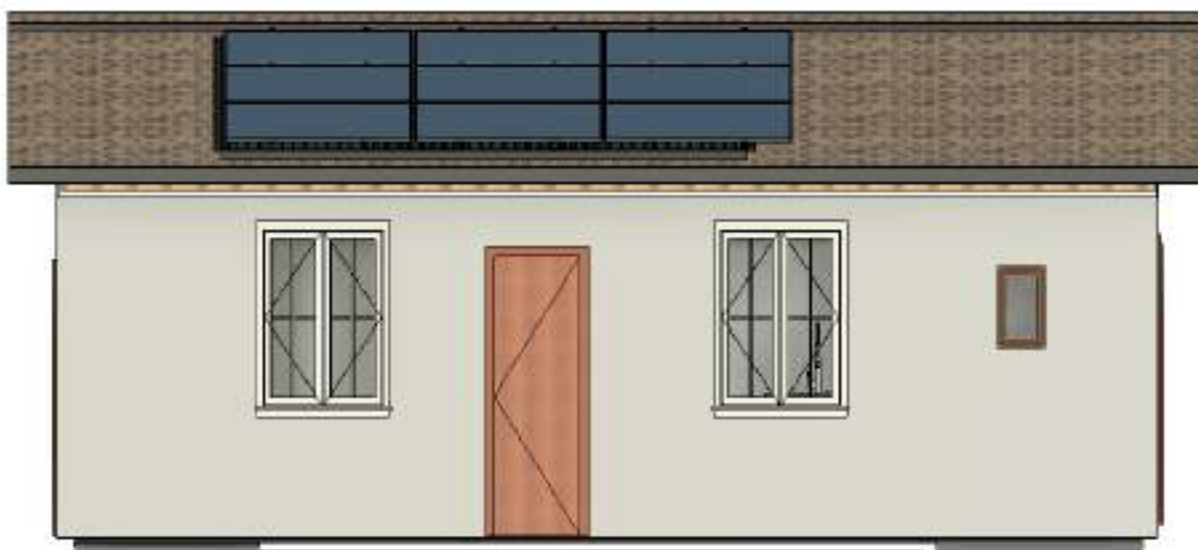
La arquitectura de la viviendas se adecuó para satisfacer las necesidades básicas actuales que presenta una vivienda rural en condiciones de clima frío y consta de los espacios observados a continuación.

Figura 17*Planta de Arquitectura proyecto los Soches***Nota:** Modelo Arquitectónico elaborado en Revit 2021

Se adaptó este modelo Arquitectónico ya que cumple los requisitos para una vivienda en clima templado y frío para construcción con madera. La arquitectura cumple con la finalidad de adaptarse a las condiciones de habitabilidad y costumbres de los habitantes. Los acabados de la vivienda y los detalles constructivos se detallan en el Anexo 3 que corresponde a la planimetría general de la vivienda y en el Anexo 4, correspondiente a los procedimientos constructivos y el presupuesto de obra.

Figura 18

Arquitectura proyecto los Soches - fachada Oeste



Nota: Modelo Arquitectónico elaborado en Revit 2021

Figura 19

Arquitectura proyecto los Soches - fachada Sur



Nota: Modelo Arquitectónico elaborado en Revit 2021

Diseño de la estructura en guadua.

Estructuración de los cimientos según N. Andina Cap 8.1.1.

Cuadro 13

Componentes de la Estructura de Cimientos

ESTRUCTURACIÓN DE LOS CIMIENTOS		
ELEMENTO	DIMENSIÓN (cm)	ESPECIFICACIÓN
CONCRETO CICLOPEO	30 X 30	Está compuesta por un concreto ciclópeo (60% concreto de 21 Mpa y 40% de piedra rajón de tamaño máximo 15 cm o de máximo la mitad del ancho de la sección del relleno) de sección cuadrada de 30 cm x 30 cm.
VIGA DE CIMENTACIÓN	20 X 20	Sección cuadrada en concreto de 3000 psi y con refuerzo longitudinal tanto superior como inferior que corresponde a 4 varillas N 3 de resistencia F_y 420 MPa con un recubrimiento de 3 cm y flejes N 2 de sección 14 cm x 14 cm, con gancho de 6 cm correspondiente a 6 veces el diámetro nominal de la barra lisa o corrugada, ubicados cada 20 cm y deben cumplir con la resistencia a la fluencia de F_y 240 Mpa según ASTM A371.
SOBRECIMIENTO	12 x 65 cm	Consta de hiladas en ladrillo tolete recocido de 12 x 6 x 24, con mortero de cemento con relación 1:4 de un espesor de 1.75 cm para completar, por arriba remata con una viga de confinamiento de 12 x 17 cm de altura y con un refuerzo de 2 varillas N 4 de 420 Mpa, ya que se emplea losa maciza y se permite así como refuerzos transversales en C de 5 cm y ganchos de 2 cm en varilla N 3 de 240 Mpa. Las columnas de confinamiento tienen una sección de 20 x 20 cm y junto con las vigas cumplen con las secciones mínimas especificadas de 200 cm ² ; las columnas se refuerzan con 4 varilla N

		3 de 420 Mpa y para el refuerzo transversal estribos N2. Los elementos de confinamiento se elaboran en un concreto de 21 Mpa, configurando una altura total de sobrecimientos de 65 cm y un ancho de 12 cm para permitir la unión constructiva Viga - Columna. El sobrecimiento debe cumplir la función de mantener una distancia de protección contra la humedad y brindar una altura adecuada para evitar el escurrimiento de agua, por ello sobresalen 10 cm sobre el nivel del terreno compactado, esto con el fin de mantener una distancia entre el entramado de guadua el suelo y así garantizar la integridad de los elementos. Entre la viga de cimentación y el sobrecimiento colocar una lámina de neopreno o polietileno, igualmente en las conexiones entre el sobrecimiento y los elementos de guadua deben tener un aislamiento mediante una lámina metálica como recomendación opcional.
Recomendaciones:		El nivel mínimo de las vigas de cimentación que se ubican a una distancia de 55 cm, por debajo del nivel de acabado del primer piso por recomendación de la norma y el sobrecimiento que debe anclarse debidamente a la cimentación, y mediante barras de refuerzo N 4 de 420 Mpa que amarran la cinta de confinamiento del sobrecimiento a los culmos de guadua de muros estructurales formando una unión mediante un gancho a 180° anclada sobre los refuerzos pernaados ubicados en los cañutos de las columnas.

	Para los casos en que la vivienda se ubique en un lote con pendientes entre 15 y 20 % se debe estabilizar la cimentación empleando pilares en concreto de sección circular de 30 cm, enterrados en el suelo natural a una profundidad de 1.50 m a partir del suelo resistente, el cual deberá verificarse en sitio su profundidad a partir de un apique, estos elementos se disponen a una equidistancia de 2.35 m según lo estructurado y en la esquina inferior de ladera. Estos elementos se refuerzan formando una canastilla o refuerzo transversal conformado por estribos de 15 x 15 cm N 2 de 240 Mpa separados cada 20 cm y un refuerzo longitudinal corrugado de 4 varilla N 3 de 420 Mpa, la cual se amarra directamente a las vigas de cimentación mediante ganchos de 20 cm a 90°, en caso de presentarse un suelo de baja capacidad portante, se recomienda ejecutar los pilares en todas las intersecciones de vigas a una profundidad mínimo de 1.20 m. también varían las alturas de sobrecimientos que para condiciones de pendiente mayor a 20% se prolongan las alturas de la mampostería y del concreto ciclópeo, de manera que la vivienda no quede enterrada y se apoye correctamente en el suelo, que deberá ser debidamente compactado.
--	---

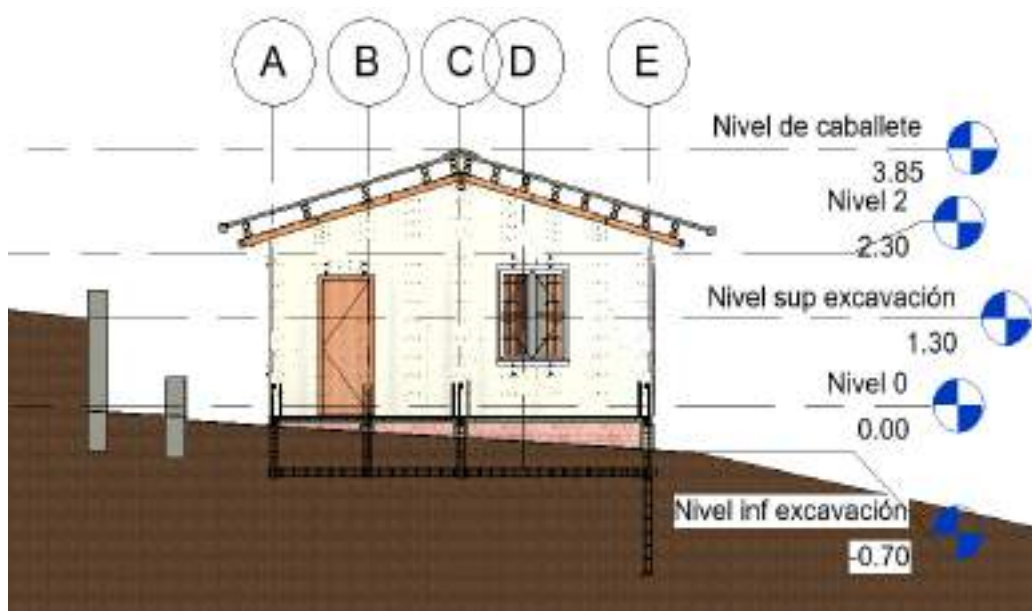
Nota: Tabla de especificaciones técnicas de los cimientos según la Norma Andina para construcción con Guadua

Muros según Norma Andina 9.2

Los muros se estipulan tal y cómo se dicta en el anexo 2, toda vez que se dimensiona teniendo en cuenta la normativa adoptada y siguiendo los criterios de acuerdo a la normativa vigente en cuanto a construcción en bambú según el estudio de caso, es decir, un terreno de las características propias de ladera, con una pendiente pronunciada:

Figura 20

Fachada norte de la vivienda para terreno inclinado



Nota: Vista de fachada Norte modelo estructural elaborado en Revit 2021

Figura 21

Fachada Este de la vivienda para terreno inclinado



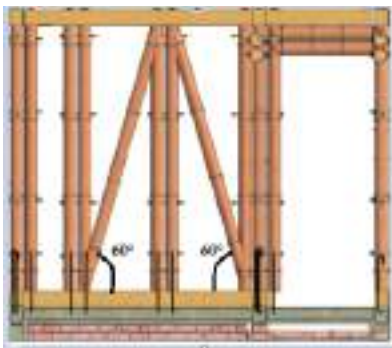
Nota: Vista de fachada Este modelo estructural elaborado en Revit 2021.

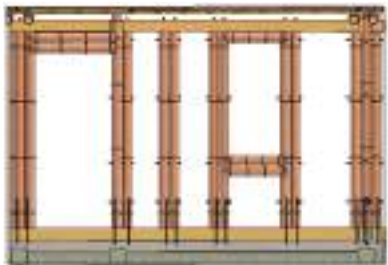
Clasificación de muros según N. Andina 9.1.

Las guaduas no deben tener un diámetro inferior a 8 cm. El espaciamiento horizontal entre pie-derechos no debe ser superior a 80 cm según la norma andina. El recubrimiento de estos debe aplicarse sobre una malla de alambre delgado (de diámetro no superior a 1.25 mm que a su vez se clava sobre esterilla de guadua). Para verificar el planteamiento según la Norma Andina ver Anexo 2, en el que también se establecen los criterios de selección de los materiales estructurales a emplear en la vivienda y las verificaciones necesarias tanto para cargas gravitacionales como cargas horizontales para garantizar las condiciones adecuadas de sismo resistencia. Los muros de la casa del proyecto, se clasifican a continuación:

Cuadro 14

Especificaciones de muros

Clasificación de muros		
Tipo	Especificaciones	Figura
Muros estructurales con diagonales	Está compuesto por una viga de madera inferior y otra superior (o carrera) en madera aserrada, ambas con un ancho de 0.10 m y una altura de 0.12 m. Los elementos de guadua conocidos como pie-derechos con un diámetro exterior de 10 cm y un espesor de 1.5 cm, para muros estructurales en las esquinas se ubican elementos de guadua inclinados a un ángulo no menor a 60°, estas diagonales conocidas como pie de amigos. Éstos muros son revocados con recubrimiento de	

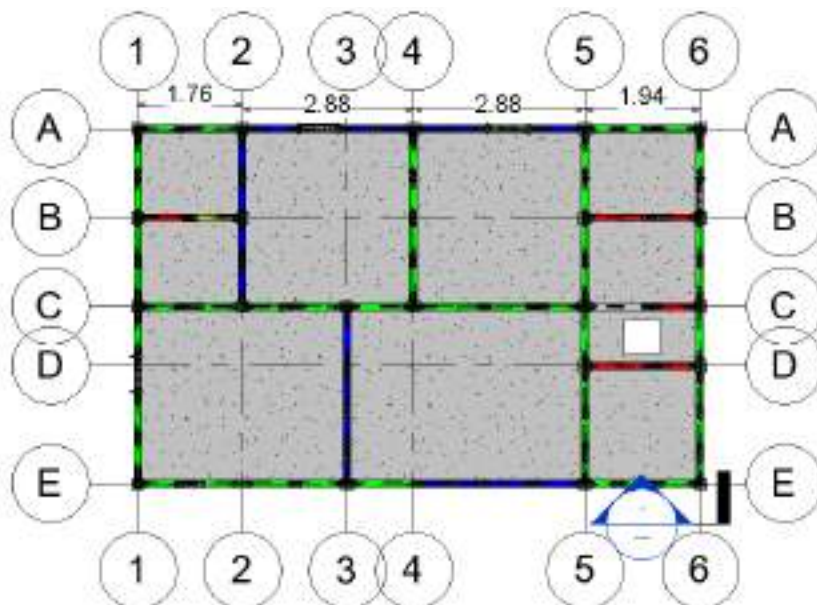
	mortero de cemento en relación 1:4 el cual se aplica sobre una malla de refuerzo de revoque de alambre (Calibre 18) de abertura hexagonal no mayor a 2.54 cm. Los muros estructurales con diagonales deben colocarse de acuerdo a la rigidez que se quiera lograr en dicho muro.	
Muros estructurales sin diagonales	Son muros estructurales, compuestos por viga inferior, viga superior (o carrera), pie-derechos y recubrimiento con base en mortero de cemento, colocado sobre malla de alambre, clavada sobre la esterilla de guadua la cual se obtiene picando los culmos de guadua en su sentido longitudinal o un entablado en madera, atornillado sobre la guadua. Deben utilizarse únicamente para resistir cargas verticales, deben evitarse en las esquinas de la vivienda.	
Muros no estructurales o divisorios	Su función aparte de soportar su propio peso es separar espacios dentro de la vivienda. Los muros no estructurales interiores deben conectarse con el diafragma superior que impida la transmisión de cortante o carga vertical entre la cubierta o el entrepiso y el muro no estructural. Sin embargo, estos requieren una cimentación según las especificaciones para viviendas	

	de 1 piso para el caso en que fueran dos pisos, por lo que se minimizaran las dimensiones de los cimientos, sin embargo este no es el caso.	
Recomendaciones	Los muros deben estar debidamente revocados, verificando que no se presenten fisuramientos perjudiciales en las uniones de los elementos estructurales y teniendo en cuenta que los elementos de madera y guadua deben permanecer aislados de humedad y el brillo solar para brindar las condiciones de durabilidad adecuadas.	
	Para obtener una superficie cálida se opta por el uso de materiales como la paja, los costales cafeteros y un esterillado obtenido de la guadua, la cual se puede fijar mediante puntillas de ½ “ a las guaduas y así obtener un acabado uniforme, pañetándose con mortero en relación de volumen 1:4 sobre el cual se aplica la pintura.	

Nota: Cuadro de especificaciones de muros en la vivienda.

Figura 22

Disposición general de muros en Bahareque



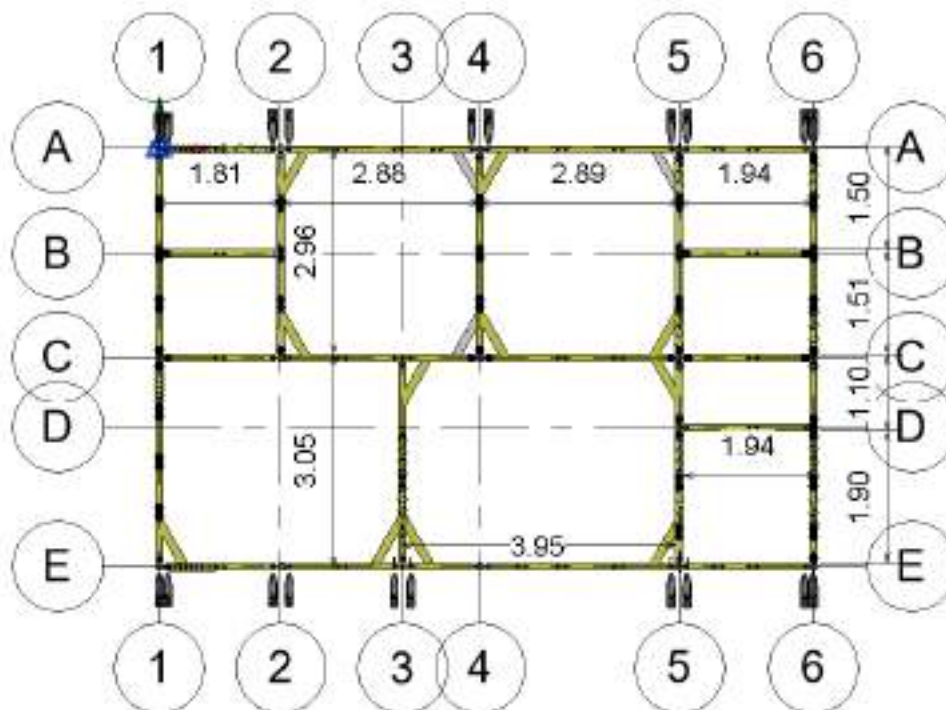
Nota: La figura ilustra la disposición de muros en la vivienda, donde los muros estructurales con diagonales se representan en verde, los muros estructurales sin diagonales en azul y los muros no estructurales o divisorios en color rojo

Diafragmas Según Cap 11. N. ANDINA.

Se dispusieron los cuadrantes en las esquinas y los tirantes en el nivel de solera superior e inferior de cada piso, con una sección de 12 x 12 cm, para garantizar el efecto de diafragma, además para los espacios entre muros que superan relaciones de 1,5 : 1, relacionando el lado mayor y lado menor, se disponen tirantes intermedios. Estos elementos rigidizadores son en madera clasificada y especificada en el Anexo 2 de acuerdo a las maderas estipuladas por el manual de maderas del grupo andino, la cual fue seleccionada para la construcción del proyecto por sus características físico mecánicas.

Figura 23

Ilustración de tirantes a nivel de viga solera superior



Nota: La figura ilustra la disposición de los tirantes que generan rigidez en el efecto de diafragma en las esquinas de las vigas superiores de la vivienda.

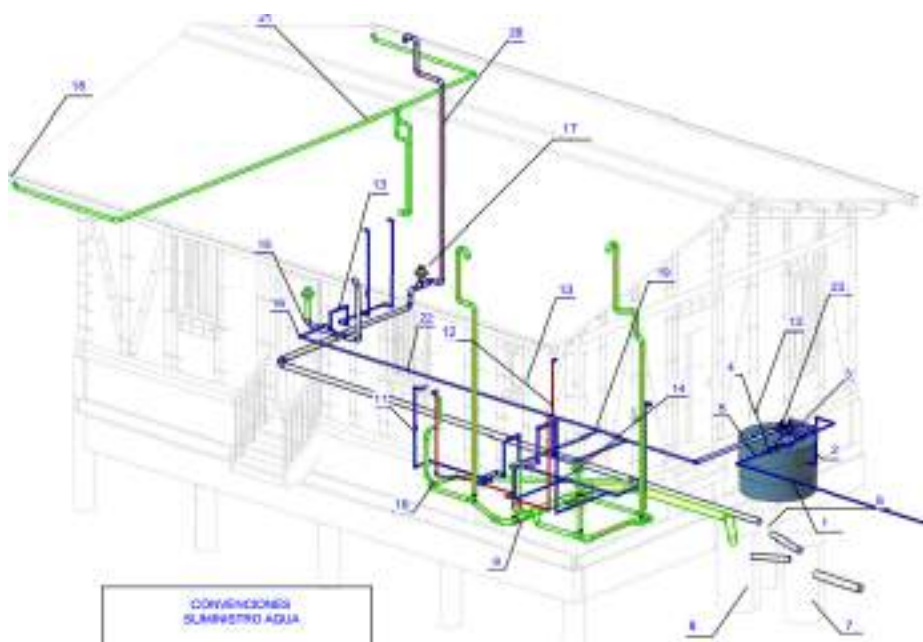
Instalaciones hidrosanitarias

Las instalaciones se ubican en un nivel de 18 cm por debajo del nivel inferior del refuerzo de la placa de contrapiso, las zanjas deben tener un buen terminado y retirar el material suelto y sus intersecciones con la malla de refuerzo deben rellenarse de concreto para asegurar su durabilidad. Las instalaciones se trazaron por medio de la mampostería de los sobrecimientos por donde llegan a cada uno de los espacios deseados. Ninguna de las instalaciones se empotran en las vigas de cimentación ni las columnas de confinamiento ni en ningún elemento reforzado de manera que se eviten sobrecostos en los mantenimientos ni alterar la resistencia de los

elementos. Las instalaciones como circuitos de iluminación y conexiones de los paneles solares son las únicas que van por cielo raso.

Figura 24

Disposición de instalaciones hidrosanitarias



Nota: La figura ilustra la disposición de las instalaciones hidrosanitarias considerando las distancias mínimas recomendadas por el Manual de fontanería y las recomendaciones dadas por el reglamento en E.2.3

Uniones según Cap 13.2 N. ANDINA

Las estructuras de una construcción realizada con guadua, requiere distintos tipos de uniones, herramientas eficientes como pernos, varillas roscadas, tuercas, pletinas y otros que mejoran su realización. No se permite el uso de clavos o elementos que produzcan rajaduras a los elementos estructurales. Los requisitos generales para la realización de las uniones son:

- La guadua y otras especies de bambú al ser usadas como uniones deben cumplir todas las verificaciones de calidad, preservación, maduración, factor de conicidad y secado.

- Las uniones van a prever las cargas a las cuales van a estar sometidas. Se debe tomar en cuenta de forma especial a aquellas uniones que sean sometidas a esfuerzos de tensión o fuerza perpendicular a las fibras y corte paralelo y así evaluar la presencia y magnitud de fisuramientos en su puesta en obra.
- Las uniones clavadas o los elementos que provoquen rajaduras a lo largo del culmo no son recomendables para su utilización.

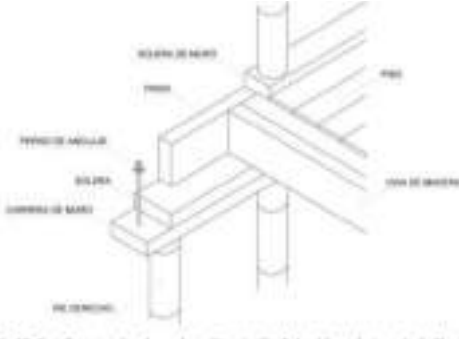
Todos los miembros estructurales deben estar debidamente anclados y arriostrados, para garantizar la resistencia y rigidez necesarias para resistir las cargas para luego, transmitir las con seguridad a la cimentación.

Tipos de uniones según la función *Cap 13.2 N. ANDINA.*

Las uniones de muros de bahareque con algunos elementos estructurales, se clasifican en:

Cuadro 15

Especificaciones de Uniones

Clasificación de tipos de uniones		
Tipo	Especificaciones	Figura
<i>Unión cimiento - muro según 13.2</i>	Los muros deben estar conectados con la cimentación mediante una barra roscada de refuerzo N 4 de una resistencia a fluencia de $f_y = 420$ Mpa, barra que inicia amarrada en los refuerzos de la viga de confinamiento, hasta penetrar los pie derechos, estas conexiones deben realizarse en los culmos extremos de los muros, en los culmos de los muros de las esquinas y en las columnas que	

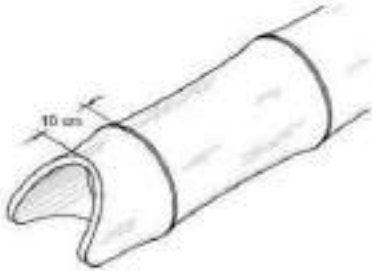
	hacen parte de muros considerados como estructurales, la guadua por ningún motivo debe estar en contacto con el suelo. El entrenudo atravesado y cualquier cañuto por debajo de éste que sean sometidos a unión, deben rellenarse con mortero en relación 1:3. El cañuto sobre su extremo inferior tendrá una conexión pernada con arandelas circulares de 1/2" de diámetro y se debe unir al anclaje de varilla N4 que proviene de los cimientos. Los pernos y barras de sujeción deberán ser de un diámetro mínimo de 10 mm según la norma andina, deben tener un espaciamiento no mayor a 25 cm y tener un entrenudo de por medio, y deben ser de un material de acero.	
<i>Unión entre muros según 13.3</i>	Para los muros que están dentro del plano paralelo se deben unir entre sí con pernos, arandelas y tuercas. Deben disponerse al menos dos conexiones por unión, colocadas a cada tercio de la altura total del muro. Si los pie-derechos son en guadua los entrenudos atravesados deben ser rellenados con mortero y para conexiones entre muros en planos perpendiculares, pueden unirse mediante tuercas, pernos y arandelas en una única dirección, o por medio de un elemento auxiliar sobre la intersección de los muros, utilizando pernos, tuercas y arandelas, en las dos direcciones y también colocadas al tercio de la altura del muro.	 El diagrama muestra una estructura de guadua con muros perpendiculares. Se ven tres muros verticales y uno horizontal que los conecta. Los muros están unidos por pernos y arandelas, como se describe en el texto. La estructura está representada en un color naranja sobre un fondo blanco.

***Unión
Columna-
Cubierta según
13.2***

Todas las columnas se conectan a las soleras superiores del entrepiso para hacer efectivo el efecto de diafragma, las conexiones con madera aserrada garantizan el contacto confiable entre el elemento horizontal y la sección recta de todos los elementos que componen las columnas. Para la unión de las correas de la cubierta con muros deben hacerse por medio de los pie derechos. Esto se hace con un perno embebido dentro del último entrenudo del extremo superior del pie-derecho, que debe unirse a la solera y las correas mediante zunchos y pernos. Tanto el entrenudo completo debe rellenarse con mortero de cemento y confinar con un zuncho para que se evite la fisuración a lo largo de las guaduas debido a las tensiones por carga horizontal. Si la viga carrera o la correa es de guadua, deben de rellenarse sus entrenudos previamente atravesados con el perno de conexión.

Para el alero de la entrada principal que cuenta con más de 50 cm se construyó un apoyo formando un ángulo o llamado pie de amigo, ubicado en el extremo exterior del alero hasta la columna de guadua que se necesite proteger de efectos de la intemperie, inclinados a 60° con la horizontal. El lado inferior del elemento se apoya en una guadua diferente a las que conforman la columna, pero que se encuentra zunchada a estas y que comparte con ellas la cimentación. Las columnas se distribuyeron con luces no mayores a 2.90 m en el sentido vertical.



<i>Corte en boca de pez</i>	Corte transversal cóncavo sobre el eje de la guadua, utilizado para efectuar el acople de dos elementos de guadua, estos se pueden realizar con un ángulo de inclinación en los casos donde el encuentro de las dos guaduas no es 90°, la longitud entre el nudo y la parte inferior de la boca de pez no puede ser superior a 100 mm.	
<i>Corte uniforme</i>	Corte recto perpendicular al eje del bambú, que puede ser con algún ángulo de inclinación si se requiere.	
<i>Corte en flauta</i>	Este corte se utiliza para unir guaduas que llegan en diferentes ángulos a 0° y 90°, se puede hacer como la boca de pez inclinada o los dos cortes planos, es usado cuando se construyen diagonales o arriostramientos con guadua en muros de bambú.	

Nota: La tabla anterior expone los tipos de uniones utilizados en la estructura en guadua de la vivienda.

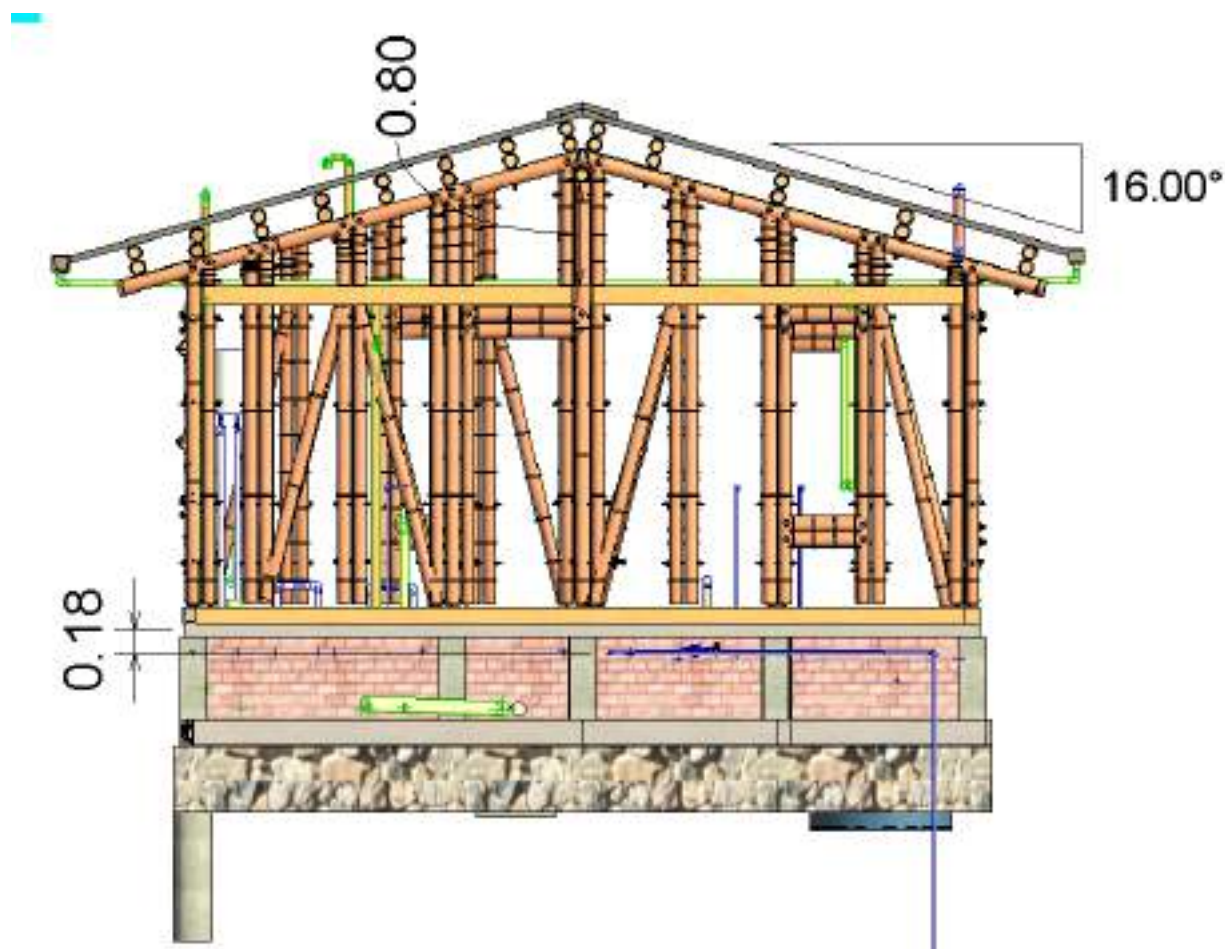
Cubierta según Cap 12 N. Andina

Los elementos de la cubierta como las correas son elementos conformados por dos guaduas unidas formando una cubierta a dos aguas con una pendiente del 28% o 16°, que inicia

apoyada en las vigas soleras superiores de muro de madera de sección 0.10 x 0.14 m, la pendiente se logra teniendo en cuenta la longitud horizontal desde el caballete a cada viga de apoyo perimetral multiplicada por el valor de la pendiente en valor decimal. Se tiene una longitud del eje A al eje C de 3 m, ubicación de los apoyos fijos de las correas, por lo que para una pendiente del 27%, la cumbrera sobre el eje C debe sobresalir 81 cm del nivel de las vigas.

Figura 25

Pendiente de la cubierta y longitud de puntal central



Nota: La figura muestra la posición de la cubierta liviana compuesta por la teja madrileña Ajover, el caballete superior para generar esa unión de las tejas, una capa de esterilla, con una capa de impermeabilizante por medio de una carpeta asfáltica SIKA autoadherente.

Contrapiso según NSR 10 E.2.2.5

La placa se diseñó de acuerdo a un sistema colaborante Acero-Deck con las siguientes especificaciones.

Cuadro 16

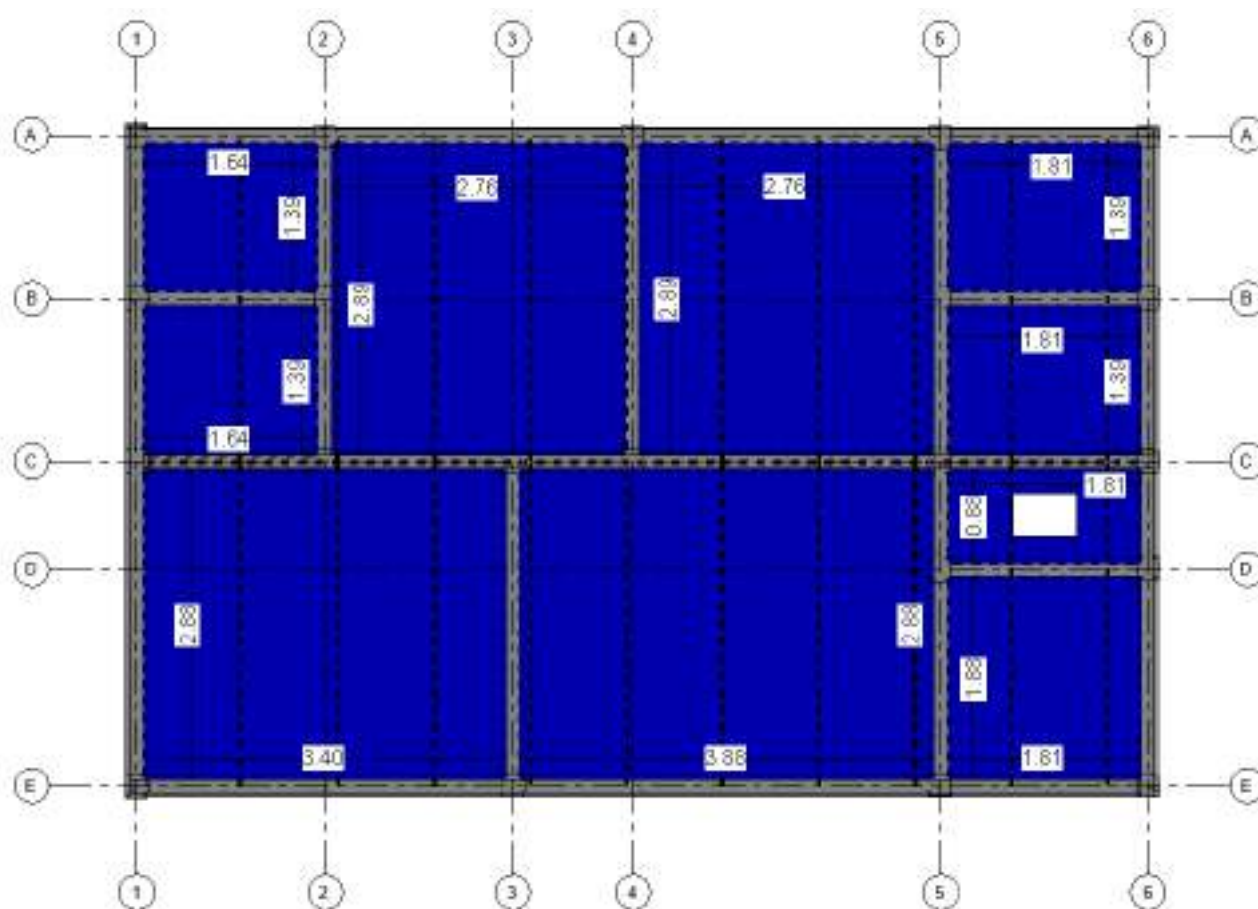
Especificaciones de contrapiso

Elemento	Espesor (cm)	Especificaciones
Lamina corrugada Deck Steel	ASTM A-653 Grado 40, Calibre 20	Este material puede ser compuesto por piedras de hasta 10 cm o los escombros de la excavación en caso de ser grava. Debe estar compactado por un equipo que asegure una buena densidad, como un apisonador
Losa de concreto	12 cm	Se realiza un vertimiento de concreto mezclado en obra que brinda una resistencia mínima de 21 Mpa.
Malla electrosoldada 4mm	En toda el área de losa.	Con la intención de evitar fisuras debido a retracción por fraguado u otras causales de fisuras, se instala una malla electrosoldada en el momento que se esté fundiendo la losa, con una resistencia $F_y = 420$ Mpa.

El diseño se encuentra el detalle en la Memoria de Cálculo del presente, ésta estructura reemplaza la formaleta o encofrado durante la fundida de la losa y hace las veces de acero de refuerzo positivo durante la etapa de servicio. Fabricada con equipos de última tecnología que garantizan sus dimensiones, exclusivo diseño del empalme entre láminas que mejora y facilita la instalación.

Figura 26

Losa de contrapiso



Nota: La planta mostrada presenta la disposición de láminas Metal Deck, en el sentido de colocación, por lo que se optó por un diseño de estándar de losa para una luz de 3 m .

Diseño Hidrosanitario

Suministro

Para el diseño de la red de suministro se limitó a las recomendaciones dadas por la NTC 1500 o código Colombiano de Fontanería del 2004 con el fin de cumplir con lo establecido en la normativa colombiana vigente.

Demanda de la vivienda.

En el único nivel de la vivienda se ubican espacios de demanda hidrosanitaria en los siguientes espacios con sus respectivos aparatos sanitarios.

Cuadro 17

Total de aparatos hidrosanitarios para la vivienda

Ambiente	Aparatos
Zona de lavado	Lavadero, Lavadora.
Baño	Lavamanos, Ducha, Sanitario.
Cocina	Lavaplatos, red agua caliente

Nota: Fuente propia.

Para conocer el consumo que se va a mantener en cada vivienda se inicia por conocer el número y tipo de aparato, y así determinar el caudal mínimo total y por cada aparato de la red, se tiene en cuenta un suministro de agua caliente para lo que corresponde a ducha y lavaplatos. Los cálculos de cada componente que corresponde a las instalaciones hidrosanitarias se encuentran al

detalle en el anexo 2, en base a los requerimientos mínimos contemplados en la Resolución 0330 de 2017 y NTC 1500 y el código Colombiano de Fontanería.

Selección del equipo de Bombeo auxiliar.

Para proponer un sistema de bombeo en el sistema de distribución de agua, se deben tener calculada la cabeza dinámica total, así se conoce que la altura de impulsión requerida es de 4 m, también es necesaria la instalación de un tanque para tener una fuente alterna a la red, para la vivienda se optó por un tanque de 250 L enterrado, de manera que se necesita un sistema de succión del agua del tanque para distribuir a los diferentes aparatos en caso de corte del servicio, pues se considera que la presión de la red es suficiente y va a requerir del uso de la bomba en casos de que esta presión descienda o el servicio sea suspendido como una fuente de reserva.

La bomba que se seleccionó fue una bomba AQUA STRONG de 0.8 HP, la bomba requiere de instalación tanto de entrada como salida de 1" y va a alimentar en caso de ausencia del servicio. Esta bomba centrífuga fue seleccionada a partir de los cálculos realizados en el Anexo 3 Memorias de cálculo, en el apartado de suministro donde se obtuvo la cabeza dinámica total del sistema y el NPSH Disponible del sistema para evitar la cavitación en la bomba. Como principales factores de selección de la bomba encontramos la cabeza dinámica que fue obtenida mediante la expresión de Bernoulli para conocer la energía total en el sistema y encontrar la curva de la bomba, también se analizaron las pérdidas tanto primarias como secundarias en los tramos de alimentación al aparato crítico y en el tramo de succión.

Diámetro de tubería de succión = 1"

Longitud de succión = 1.50 m

Caudal de bombeo = 0,00091 m³/s

Cabeza dinámica en la impulsión=4.00 m

Cálculo de pérdidas en la succión:

Para las pérdidas se utilizará la ecuación de Hazen & Williams CHZ=130 para pvc.

Accesorios en la instalación	Longitud equivalente según Lopez cualla pag. 161
1 codo 90°	0,80 m
1 Válvula de pie con coladera	7,30 m
Ampliación de 1" a 1-1/2 "	1,50 m
Válvula de compuerta	0,2 m
Longitud recta del tramo	1,50 m
Salida	0,7 m
Longitud total equivalente	12 m

Ecuación 2

$$Q = 0,2785 C D^{2,63} J^{0,54}$$

Ecuación de Hazen Williams

Utilizando entonces la ecuación de Hazen y Williams calculamos la pérdida unitaria en la tubería de succión:

$$Q = 0,2785 C D^{2,63} J^{0,54}$$

$$0,00091 \text{ m}^3/\text{s} = 0,2785 (130) 0,0254^{2,63} J^{0,54}$$

$$J = 0,1782 \quad \text{m/m}$$

Con la pérdida unitaria calculamos las pérdidas totales en la succión.

$$J h_{ts} = 0,1782 * 12 \text{ m} = 2,14 \text{ m}$$

Cálculo de la TDH (Total Dynamic Head).

Para el cálculo de la altura dinámica total corresponde a la altura estática desde la bomba hasta la ducha que tiene un valor de 7.58 m y la sumatoria de pérdidas en éste recorrido y el recorrido que debe realizar la tubería de succión.

$$\text{Pérdidas totales} = \text{Pérdida total en impulsión} + \text{pérdida total succión}$$

$$\text{Pérdidas totales} = 0,1203 \text{ m} + 2,14 \text{ m} = 2,26 \text{ m}$$

$$\text{TDH} = \text{H estática total} + \text{Hfa}$$

$$\text{TDH} = (\text{H estática impulsión} + \text{H estática succión}) + \text{Hfa totales}$$

$$\text{TDH} = (3,82 \text{ m} + 1,5 \text{ m}) + 2,26 \text{ m} = 7,58 \text{ m}$$

$$\text{V succión} = 0,00091 \text{ m}^3/\text{s} / 0,00050671 \text{ m}^2$$

$$\text{TDH} = 7,58 \text{ m}$$

$$Q = 0,00091 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{V succión} = 1,79 \text{ m/s}$$

Ecuación 3

Potencia de la Bomba

$$P.NETA = HB * \gamma * Q$$

$$P.NETA = 4,00 \text{ m} * 1000 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3} * 0,00091 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 3,65 \frac{\text{Kgf m}}{\text{s}}$$

Para una
eficiencia de
bomba de
85%

$$P.BRUTA = \frac{HB * \gamma * Q}{0,85} = 5,615 \frac{\text{Kgf m}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ HP}}{75 \frac{\text{Kgf m}}{\text{s}}} = \frac{0,0748 \text{ HP}}{0,134 \text{ KW}} = 0,558 \text{ KW}$$

Para la selección del sistema de bombeo se realiza la gráfica de la curva del sistema y se compara con la curva de las bombas de manera que se seleccione la mayor más cercana a la potencia requerida, para éste caso se requiere de una potencia de 0.5 HP.

Figura 27

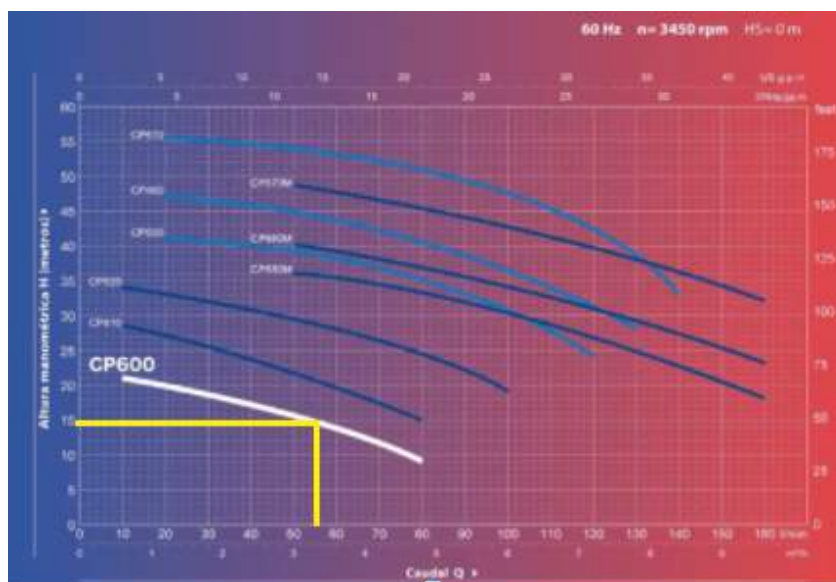
Curva del sistema.



Nota: La gráfica representa la curva del sistema, que resulta de organizar la ecuación de energía y calcular la carga de la bomba teniendo en cuenta las pérdidas totales en la succión y en el tramo de alimentación al aparato crítico, tienen un valor de 7.60 m. con la variación de los caudales se obtiene la curva.

Figura 28

Curva de la bomba seleccionada CP600.



Nota: La gráfica representa la curva de la bomba, que ha sido seleccionada debido a que para el caudal de trabajo en L/min la bomba trabaja con una cabeza de 15 m

Diseño de atrapaniebla de captación horizontal.

Como fuente alternativa para la captación de agua se plantea el diseño de un atrapaniebla, una estructura encargada de captar, condensar y conducir el agua recolectada de la niebla; para ello se analizaron datos de humedad (%), presión (psi), temperatura (°C), punto de rocío (°C). Su objetivo es el chequeo de que el tiempo atmosférico es bueno de acuerdo a los parámetros, esto quiere decir un buen porcentaje de humedad, la presencia de bajas temperaturas, baja temperatura del punto de rocío e intensidad media de vientos para lograr la captación ideal para evaluar el potencial hídrico de la zona (Baquero Palacios et al., 2018, p. 4).

Según (Baquero Palacios et al., 2018) afirma que la niebla es considerada como un recurso potable y naturalmente disponible que puede ser aprovechado en sitios desérticos, cadenas montañosas y costas (p. 3).

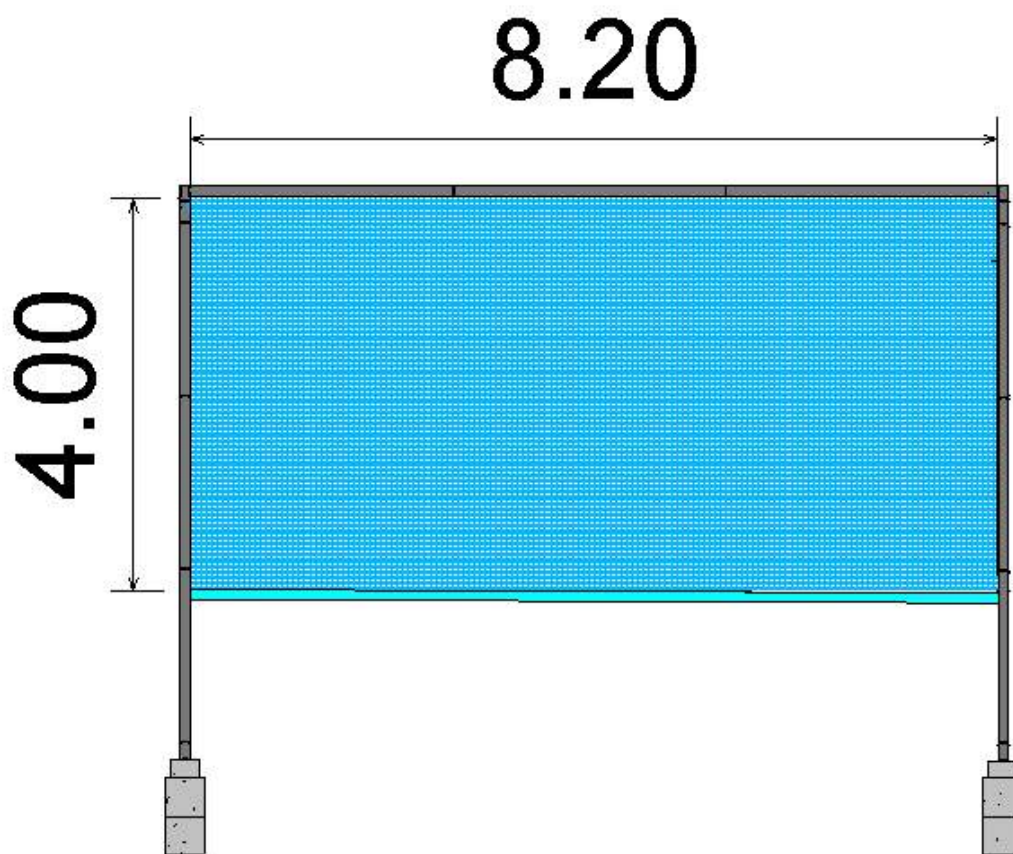
Se identificarán los elementos más usados en las tecnologías de este tipo, y componentes producto de la revisión bibliográfica, de manera que se establezcan determinantes para la operación, materiales a utilizar y de qué forma funcionarán; con el fin de buscar una alternativa al desarrollo rural por medio de la obtención de recursos naturales de manera sostenible y relativamente fácil. Para obtener una mayor eficiencia se debe asegurar un área de la malla considerable ya que esto es directamente proporcional a la captación hídrica (Mendoza Palacios & Castañeda Álvarez, 2014), pero al mismo tiempo este resista la incidencia del viento en la zona es decir, no es recomendable usar mallas muy densas.

Para el presente proyecto se llegó a la decisión de proponer el siguiente sistema de captación de acuerdo a parámetros mencionados en el anexo 2 junto con características

orográficas y ambientales propias de la zona de estudios, las cuales fueron evaluadas en el diagnóstico “Anexo 1”, dando como resultado las siguientes dimensiones.

Figura 29

Esquema del sistema de atrapanieblas propuesto



Nota: Dimensiones del atrapanieblas plano para el abastecimiento de la vivienda rural elaborado en Revit 2021.

Sistema de desagües sanitarios.

Para la continuación de diseño de las instalaciones de la vivienda, se diseñaron en el apartado del anexo 2, las redes de desagüe con su respectiva ventilación, instalación que se

conecta a cada punto de desagüe sanitario con el fin de regular las presiones en la red, realizando los correspondientes chequeos y evitar fenómenos como el sifonamiento.

Inicialmente, se propone un trazado de acuerdo a criterios de cada diseñador, bien sea por facilidad al momento de la instalación de la tubería o algún otro criterio relevante; se asignan unos diámetros comerciales y por medio de las ecuaciones descritas anteriormente hallamos las propiedades de la red, de tal manera que se cuide el criterio de los valores de entre 0.50 y 0.85 como recomendable para la relación tirante - diámetro como ideal para instalaciones domiciliarias. Tanto la memoria de cálculo, como las cantidades y dimensiones de la red están descritas al detalle en la memoria hidrosanitaria (Documento Anexo 2).

Cuadro 18

Resultados del Diseño de red sanitaria

DISEÑO DE RED SANITARIA												
Tramo	Puntos	Q maximo probable (m ³ /s)	Longitud (m)	Diámetro comercial (m)	pendiente (m/m)	Y_n/ϕ $0.50 \leq \phi \leq 0.85$	Y_n (m)	V real (m/s) $0.60 \leq \phi \leq 5.0$	N/m ² $r_{min} 3$	Régimen de flujo	Cota clave eje superior (m)	Cota clave eje inferior (m)
A	1-4	0.001425	1.63	2,000	0.070	0.81	0.04	0.77	8.7	Supercrítico	0.10	-0.01
B	2-4	0.000475	0.40	2,000	0.045	0.47	0.02	0.63	5.6	Supercrítico	0.10	0.08
C	3-4	0.000950	0.20	2,000	0.045	0.71	0.04	0.62	5.6	Supercrítico	0.06	0.05
D	4-5	0.002015	1.20	3,000	0.030	0.65	0.05	0.64	5.6	Supercrítico	0.10	0.06
E	5-7	0.002850	5.22	3,000	0.050	0.70	0.05	0.85	9.3	Supercrítico	0.03	-0.23
F	6-7	0.001425	2.20	2,000	0.100	0.72	0.04	0.93	12.4	Supercrítico	-0.04	-0.26
G	7-15	0.004275	1.44	4,000	0.040	0.59	0.06	0.85	10.0	Supercrítico	0.10	0.04
H	8-10	0.002375	0.25	4,000	0.030	0.46	0.05	0.64	7.5	Subcrítico	0.08	0.07
I	9-10	0.000950	1.10	2,000	0.045	0.71	0.04	0.62	5.6	Supercrítico	0.02	-0.03
J	10-12	0.003325	0.57	4,000	0.030	0.55	0.06	0.71	7.5	Supercrítico	-0.18	-0.20
K	11-12	0.000475	0.15	2,000	0.300	0.29	0.01	0.97	37.3	Supercrítico	-0.18	-0.23
L	12-14	0.002687	0.40	4,000	0.025	0.52	0.05	0.62	6.2	Subcrítico	-0.18	-0.19
M	13-14	0.000475	1.20	2,000	0.080	0.40	0.02	0.60	10.0	Supercrítico	-0.18	-0.28
N	14-15	0.002468	0.45	4,000	0.030	0.47	0.05	0.70	7.5	Supercrítico	-0.18	-0.19
O	15-16	0.008350	2.35	4,000	0.070	0.78	0.08	1.27	17.4	Supercrítico	-0.25	-0.41

Nota: Elaboración propia. El cálculo de la red sanitaria y de ventilación se encuentra descrito en el anexo 3. Memorias de cálculo correspondiente adjunto al presente informe final

Tubería de ventilación.

Con el fin de evitar que los gases y malos olores producidos por la descomposición de las materias orgánicas procedentes de la misma vivienda y sus habitantes, salgan indebidamente por donde se usan los muebles sanitarios o por las coladeras en general, se propone una red de ventilación para evacuar dichos gases. Ver anexo 2.

Figura 30

Tuberías de ventilación



Nota: Elaboración propia, software Revit 2021

Bajantes de aguas lluvias

Las bajantes de aguas lluvias de la vivienda bajan de los canales trapezoidales y se direccionan hacia el tanque del lavadero con el fin de brindar un uso a las aguas pluviales, bien sea para lavado de pisos o lavado de prendas; actualmente en la zona de estudio, lo habitantes hacen uso de los cuerpos de agua para dichas actividades, de tal manera que se evidencia una contaminación aguas abajo derivada de jabones y residuos.

Figura 31

Zonas informales de lavado comunitario.



Nota: Imagen tomada por los autores en la visita al sitio.

No obstante, debido a que se almacenarán aguas pluviales en un tanque, se debe realizar un tratamiento periodico para evitar la proliferación de microorganismos debido a estancamiento temporal de agua, a criterio y de acuerdo al estado de agua se debe introducir pastillas de cloro

con el objetivo de desinfectar el agua almacenada en caso que se mantenga por un periodo prolongado.

Diseño de Tanque Séptico.

Tomando todas las recomendaciones y tablas contenidas en el RAS 2000 “no varían con el 2017”. Los terrenos en sectores rurales, en su mayoría no cuentan con servicio de alcantarillado; la mejor solución es un pozo séptico incluyendo trampa de grasas se adoptará un sistema cómo lo indica el ítem 3 del Art 46 de la Resolución 0844 de 2018, sin embargo, se debe tener en cuenta la ubicación del pozo, que facilite su limpieza, bien sea por medio de un Vactor o de forma manual.

Para la vivienda los soches se construirá un pozo distinto a los que normalmente se encuentran en las casas, los beneficios, dimensiones y criterios de selección del sistema se describen en el “Anexo 2”.

Cuadro 19

Comparación pozo convencional vs geometría cilíndrica

Convencional	Cilíndrica
Ladrillo susceptible al deterioro por ácidos, humedad y residuos.	Material en concreto mucho más resistente y la forma cilíndrica brinda mayor estabilidad.
Menor acumulación de sólidos.	Mayor tiempo de cada mantenimiento
Todos los sólidos se depositan en solo tanque.	Distintos espacios para disposición de cada residuo permitiendo un mejor tratamiento de aguas residuales.

Diseño Eléctrico

El diseño eléctrico se realizó teniendo en cuenta las especificaciones que contemplan las normas técnicas que se deben cumplir según las siguientes normativas, tanto para la selección de los materiales a utilizar, como las técnicas generales a emplear y tipos de protecciones adecuadas para este tipo de complejidad de la construcción.

- Reglamento técnico de instalaciones eléctricas.(2013)
- Norma técnica colombiana-NTC 2050-1998.
- Normas técnicas del operador de red.

Generalidades:

El sistema diseñado de las redes de instalación eléctrica, obedecen al concepto de demanda de energía de la vivienda los Soches, en donde se calcula la energía total de la vivienda incluyendo su tiempo de uso.

La carga a tener en cuenta y la distribución de circuitos se elaboró en base a la arquitectura de la vivienda y un análisis de las demandas, para proveer un diseño económico y seguro. Se distribuyeron un total de 11 circuitos dentro de los cuales 6 son para tomacorrientes, 2 son para tomacorrientes de aparatos especiales, dos circuitos para alumbrado general y un circuito para la ducha eléctrica.

Se usa como factor de demanda o coeficiente de simultaneidad el tomar los primeros 3 kVA al 100% y los restantes al 35%, es decir que el factor de demanda indica que el consumo real para el cálculo de los componentes generales de la instalación no van a sobredimensionar ya que hay poca probabilidad de tener la totalidad de los aparatos en funcionamiento.

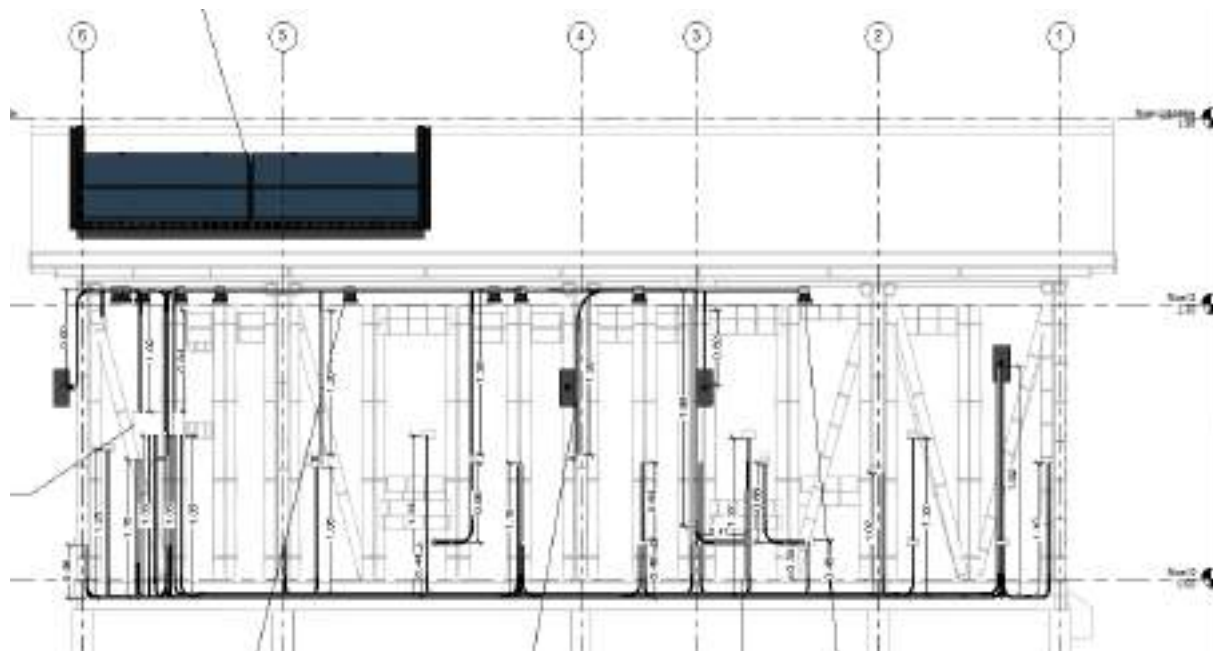
Estimación de consumos de energía

Para la estimación de consumos de energía, se realizó un avalúo del posible consumo de energía diario y así optar por un diseño que brinde a los habitantes un sistema seguro y eficiente. A continuación se estiman las generalidades de la instalación eléctrica para la vivienda los Soches, como los consumos estimados en la vivienda cuyos cálculos a detalle se encuentran en las memorias de excel, en donde se especifican las diferentes cargas. (Anexo 3)

Cuadro 20

Características de la instalación de red eléctrica

NOMBRE DEL PROYECTO:	CASA LOS SOCHES
ESTRATO:	1
TIPO DE USUARIO:	RESIDENCIAL
CAPACIDAD A INSTALAR:	13 kW
VOLTAJE MEDIA TENSIÓN:	N.A.
VOLTAJE BAJA TENSIÓN:	120 / 220 V
EMPRESA DE ENERGÍA:	ENEL CODENSA ESP

Figura 32*Perfil de instalación Eléctrica*

Nota: Elaboración propia.

Materiales

Acometida Eléctrica

El nivel de tensión de alimentación para la vivienda es clase 2, un sistema monofásico trifilar (2 fases, neutro y su respectiva puesta a tierra en una caja de inspección) 120 V fase a neutro y 240 V fase a fase y deberá cumplir con el los instructivos de conexión que tiene publicado la empresa ENEL CODENSA ESP la cual tomará las medidas de aprobación a proceder a realizar la conexión a un transformador a media tensión existente o evaluar la posibilidad de realizar una expansión de la red existente para el suministro de energía teniendo en cuenta las cargas de diseño estimadas, las pérdidas de energía por caída de tensión, y las

costumbres dadas para un número de beneficiarios. Los cables deberán mantenerse limpios durante la labor de instalación. Una vez sean instalados los conductores, se debe realizar la identificación y el conexionado teniendo en cuenta lo descrito en esta especificación y los requerimientos descritos en el RETIE.

Cuadro 21

Acometida Eléctrica.

ACOMETIDA	
I NOMINAL (A)	43
I NOMINAL CORREGIDA (A)	53.75
CONDUCTOR RECUBIERTO CON CABLE CON NEUTRO CONCÉNTRICO	2#6 + 1#6+ 1#8T Cu- THHN/THWN-2
PROTECCIONES	75 A

Se adopta una acometida en cable con neutro concéntrico 2#6 + 1#6+ 1#8T Cu-THHN. monofásico hasta la caja del medidor. Los planos ejecutados se elaboraron de acuerdo a la norma NTC 2050, las recomendaciones de la empresa ENEL - CODENSA S.A. E.S.P. y lo pertinente al RETIE vigente 2021.

Se debe tener presente que todos los materiales a suministrar deben ser totalmente nuevos, de marcas reconocidas para el uso especificado, contar con el nombre del fabricante y cumplir con las especificaciones mínimas necesarias y con las normas ICONTEC establecidas. En caso necesario se podrá exigir certificado de conformidad de una entidad autorizada por la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).

Todos los equipos y dispositivos deben ser instalados de acuerdo con las instrucciones del fabricante pues estos documentos serán considerados parte integral de estas especificaciones.

Tanto el tipo como la capacidad y la aplicación de cada equipo, dispositivo o material, deberá estar garantizado en su operación adecuada para la aplicación requerida en el sistema correspondiente. Los equipos eléctricos se deben fijar firmemente a la superficie sobre la que van montados.

Campos electromagnéticos y factor de potencia

De acuerdo a la resolución 40492 del 24 de abril de 2015 se corrige el artículo 14.4 del RETIE, donde se establece que el campo eléctrico se debe calcular en zonas de servidumbre de líneas de transmisión de tensión igual o mayor a 110 kV, y solo se debe medir como mecanismo de comprobación en lugares de fachadas de edificaciones a la altura de los conductores más cercanos a la fachada que se encuentre en la frontera de la servidumbre. El presente proyecto posee una tensión de servicio de 13.2kV rango inferior al establecido además aplicando el factor de potencia exigido por el Retie de 0.95 se determina que la potencia activa será de 12,59 KV y la energía reactiva va a ser energía residual que se acumula en los capacitores o sean liberadas.

Medidor

Se adopta un medidor bifásico trifilar, con tensiones de 110V, la corriente nominal básica por fase en la instalación es de 60A y la corriente máxima que soporta el medidor son 80 A y funciona para cargas de hasta 19.2 KW.

Tablero Eléctrico

El tablero eléctrico de distribución de baja tensión será un tablero aislado con una frecuencia de 60 Hz, bifásico, lo que concluye que está compuesto por dos fases, neutro más

barra de tierra. Los elementos constituyentes del tablero eléctrico, el voltaje nominal, la corriente nominal del barraje, la capacidad de corto circuito, así como las capacidades de cada uno de los circuitos serán los indicados en la tabla de cargas. Los gabinetes serán construidos con láminas de acero procesadas en frío de un calibre USG mínimo para la parte estructural de 14 y para tapas y separadores de compartimiento de calibre 16 según lo recomendado por la NTC 2050.

El totalizador o interruptor termomagnético general del proyecto para el tablero debe ser un interruptor del tipo industrial 2X75 A para proteger los conductores de las sobrecargas. El totalizador deberá instalarse justo después del medidor para proteger a los conductores y los aparatos eléctricos de sobretensiones. Los alimentadores son los conductores que conducen energía desde el medidor hasta el tablero eléctrico por la parte inferior y las salidas a la red por la parte superior del tablero.

El tablero se compone además por un barraje del cual se conectan las dos fases, el neutro y la instalación de puesta a tierra correctamente identificados.

Figura 33

Interruptor termomagnético.



Nota: totalizador de protección de los conductores por corriente de corto circuito, el cual va instalado entre el medidor y en tablero de distribución de 2 x 75 A

Para cada uno de los circuitos se utilizarán interruptores enchufables 1x20 amperios

Figura 34

Fusibles monofásicos.



Nota: Para la protección de los circuitos monofásicos se proponen interruptores del tipo enchufable como los de la figura, en el rango desde 1x20 hasta 1 x 50 amperios.

- Dispositivo DPS: Se recomienda la instalación de un dispositivo DPS para evitar las sobrecargas que pueden generarse por corto circuito o por el impacto de rayos que pueden generar daños irreparables en los aparatos al estar sometidos a tensiones que superan los 100 KV. Los dispositivos DPS generan esa protección que libera la energía por el sistema de puesta a tierra.

Sistema de puesta a tierra:

Varilla para puesta a tierra de 5/8" x 2,44 metros (según la especificación ET 490 hecha por Codensa).

- La protección esperada para los 13.2 kVA de energía generada es de 2x75 A; según la tabla 250-95 de la NTC 2050 que afirma que el cable de puesta a tierra mínimo utilizado es el AWG N° 8. El alambre de puesta a tierra se debe conectar entre la barra de neutro de la caja y el electrodo de tierra y los valores de resistencia la conexión a tierra, no puede ser mayor a 25 ohmios (Sección 250-84 Norma NTC 2050).

Cables y alambres:

Los alambres y los cables utilizados en las instalaciones de tomacorrientes, iluminación y acometidas, fueron seleccionadas debido a sus Ampacidades y preferiblemente de cobre rojo electrolítico de 99% de pureza, con temple suave y de aislamiento termoplástico para 600 voltios o THWN 90 °. Los cables usados No. 12 AWG/AL hasta el No. 2 AWG/AL son de 7 hilos.

Todos los empalmes y derivaciones de los cables deben de quedar por dentro de las cajas de salida o de paso y en ningún caso en los tubos. Entre caja y caja los cables deben ser tramos continuos. Para las conexiones de conductores cuyos calibres sean mayores o iguales al N° 8 en AWG/AL las uniones se harán con unos bornes especiales para este fin. En las cajas deben dejarse por lo menos 15 cm de margen con las esquinas para las conexiones de los aparatos correspondientes.

Las puntas de los cables que van en el tablero se deben dejar con suficiente longitud (perímetro de la caja) con el fin de que sea posible realizar una derivación correcta del mismo.

Tubería conduit de PVC según la norma NTC 979:

De características similares a la fabricada por PLASTIMEC para los circuitos, Sch 40 de buena resistencia (techos entre placa y Drywall) y/o MT (espacios abiertos), para todos los circuitos de tomacorrientes, iluminación, acometidas, teléfonos, etc. deben tener tuberías de los

diámetros especificados en el plano. Para un tramo de tuberías entre la salida y salida, o entre la salida y el accesorio, o entre el accesorio y el accesorio no debe tener más curvas que el equivalente a cuatro ángulos de 90°, para longitudes de hasta 15 m, un ángulo de 90 grados, para longitudes de hasta 45 m (para intermedias se calcula de manera proporcional). Las curvas podrán ser formadas en las obras siempre que el diámetro interno de la tubería no sea reducido. Las curvas que se realicen en obra son realizadas de tal manera que el radio mínimo de la curvatura corresponda como mínimo a 6 veces el diámetro nominal de la tubería que se está curvando.

De ninguna manera se deben realizar conexiones con el tablero eléctrico de manera perpendicular y será prolongada lo necesario como para instalar los elementos de fijación. La tubería de PVC se debe fijar a las cajas de los aparatos por medio de adaptadores terminales con contratuerca de tal manera que generen una buena fijación mecánica. Las tuberías que han de quedar incrustadas dentro de la placa se debe revisar antes de fundir y así garantizar la ubicación de las salidas y se tapan para evitar que accedan piedras o mortero en la tubería. La tubería que se ubica a la vista se debe ubicar de forma perpendicular o paralela a los ejes de la vivienda.

Todos los conductores de tierra que se han dejado en la tubería se deben trenzar en la llegada al tablero y se deben fijar por medio de un conector adecuado para el barraje de tierra. Las tuberías que se ubiquen descolgadas, será unida en forma adecuada por medio de unos pernos para fijación tipo Omark y grapas galvanizadas. Cuando vayan más de dos tuberías, se deben acomodar en estructuras de soporte adecuadas y con un distanciamiento igual al indicado a continuación.

1. Tubería tipo Conduit PVC a D.1" para cada 2 m
2. Tubería Conduit PVC desde D.1-1/4" a 1-1/2" para cada 2.5 m
3. Tubo Conduit PVC de D.1-1/2" y de acá en adelante cada 3 m

Todas las tuberías que son vacías y utilizadas para antena T.V se deben procurar dejar con un alambre que sirva como guía en acero galvanizado calibre 14 con excepción a los casos en los cuales no existen curvas entre los dos extremos de la tubería. Previo a la colocación de los conductores dentro de las tuberías, se deben retirar los tapones y limpiarse la tubería para retirar la humedad. Los ductos para la acometida subterránea de media tensión es un ducto de P.V.C. de Ø 4" - 6" y se deberá instalar según normas de construcción de la empresa de servicios.

Diseño de sistema fotovoltaico

La Resolución CREG 174 de 2021 regula la actividad y aspectos operativos de autogeneración a pequeña escala de hasta 5 MW.

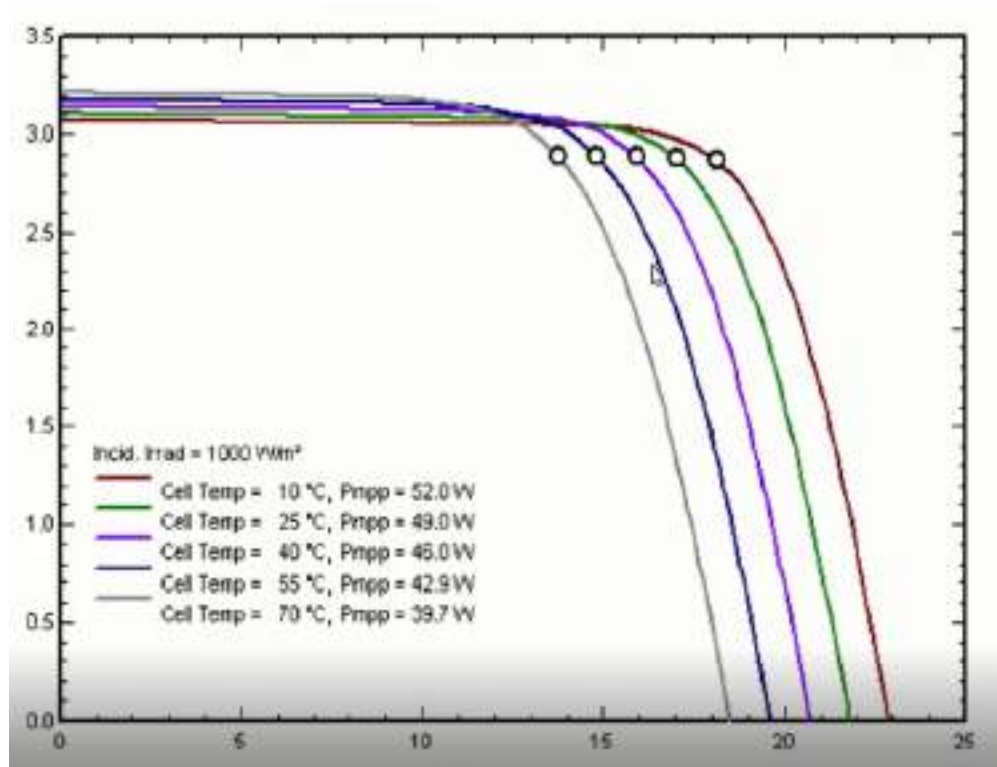
Inclinación y Orientación

La inclinación y orientación de los paneles son fundamentales para la eficiencia del sistema fotovoltaico, utilizando los datos de latitud y longitud del terreno, su radiación promedio y el hemisferio en que se encuentra se pueden hallar los datos de inclinación y orientación. Para la orientación, se debe tener en cuenta el hemisferio en que se encuentra la vivienda; en este caso la vivienda rural se encuentra ubicada en la vereda Los Soches aproximadamente a 4 grados de

latitud norte, por lo que el panel se debe orientar 4 grados hacia el sur para recibir de forma más paralela los rayos solares compensando su inclinación respecto a la línea del Ecuador.

Figura 35

Demanda de energía diaria



Fuente: Catálogo del fabricante JNKO de sistemas fotovoltaicos JKM465M-7RL3 , comparación de rendimientos en función de la temperatura.

Cálculo de demanda de energía

Como primer paso se evaluó la demanda de energía que se suministra a la vivienda; a partir de información del cuadro de cargas, consumo de energía por cada aparato eléctrico, se obtuvo la base de datos requerida para el dimensionamiento del sistema; se tuvieron en cuenta

datos de consumo eléctrico y horas de uso diario de cada uno de los electrodomésticos a suplir para la solicitud de conexión simplificada para nivel de tensión clase 2 (Entre 1 y 100 Kva).

Cuadro 22

Demanda de energía diaria

Cuadro de cargas sistema Fotovoltáico				
Aparato	Cantidad	Consumo (W)	Horas de uso (h)	Energía total (Wh)
Bala LED ojo buey	18	7	2	252
Bala LED inyectada	1	18	4	72
Aplique de pared	6	7	7	294
Iluminación				618
Tv	3	120	5	1.800
Computador	1	200	5	1.000
Nevera	1	60	24	1.440
Estufa	1	1200	1	1.200
Ducha eléctrica	1	1200	1.5	1.800
Bomba 0.5 Hp	1	300	2.5	750
Accesorios conectados al sistema				6190
Total energía de consumo diario aparatos alimentados Kwh				6808

Con base en la radiación del lugar y en la energía eléctrica requerida por la vivienda, se establece que la energía de los paneles no se distribuye en los aparatos que generan cargas reactivas como la bomba, ducha eléctrica y estufa, ya que son elementos de alto consumo y

necesitan de una capacidad que los paneles que no convienen económicamente. La energía diaria suministrada por un arreglo String de 4 paneles solares seleccionado de 445 W de potencia cada uno mediante el siguiente análisis en donde se toman las horas sol pico de generación y se selecciona el string de paneles condicionando que la energía generada por estos paneles sea mayor a la energía demandada.

Figura 36

Datos suministrados de hora solar pico



Nota: Análisis 2019-2020 obtenido de Nasa.gov.

La información sobre la radiación se obtuvo de los diagramas obtenidos de la página oficial de la NASA obteniendo datos de registro de hora solar pico directa y obteniendo un promedio de 4.5 horas pico es decir que el sistema fotovoltaico tendrá 4 horas en donde la generación de energía será de aproximadamente 1 KW/h en donde se observó que el valor de la irradiancia oscilaba entre tres rangos diferentes, en el año 2019 mostrando mayor regularidad y donde el promedio de hsp es de 4.75 donde predomina el rango entre marzo y noviembre de (4.5 - 5.0) kWh/m², el mes más desfavorable es el mes de abril, de resto se observó que la zona

entraba en algunos meses en los rangos de (4.0 – 4.5) kWh/m² y (3.5 – 4) kWh/m². En conclusión, 4.5 hsp es la cantidad de generación de radiación solar máxima para el caso de Los Soches.

Selección string paneles fotovoltaicos

Se seleccionó un sistema de string de 4 paneles en paralelo cada uno con una capacidad de 465 W mediante la siguiente expresión.

Ecuación 4

Energía diaria suministrada por arreglo de paneles solares paralelos

$$\# \text{ p  neles} = \frac{\text{Carga (Wh)}}{P.\text{Panel} * HSP \text{ cr  tico}} \times 1.15$$

$$\# \text{ p  neles} = \frac{6.808 \text{ Wh}}{465 \text{ W} * 4.5} \times 1.15$$

$$\# \text{ p  neles} = 3.74$$

$$\frac{\text{Energ  a Panel 465w}}{\text{d  a}} = 4 \text{ paneles} * 4.5 \text{ HSP} * 465 \text{ Wh} = 8370 \text{ W}$$

Figura 37

Arreglo de paneles solares en paralelo

**Figura 38**

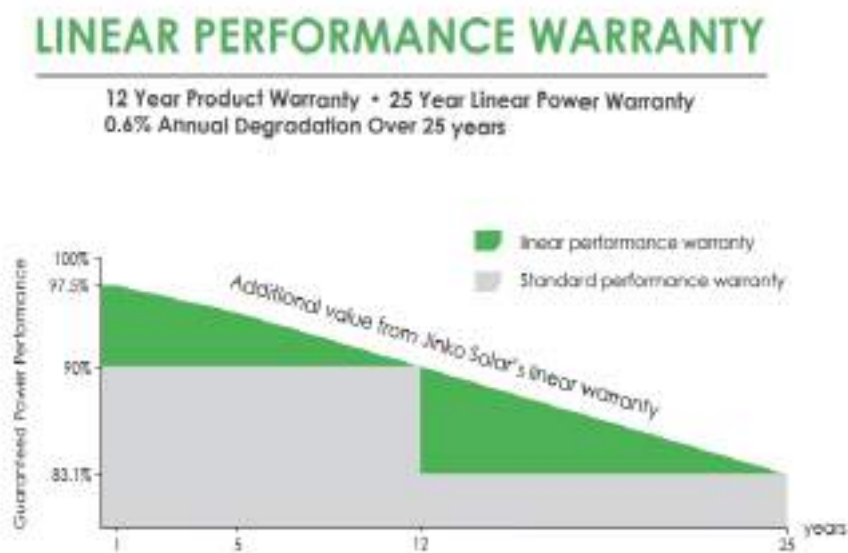
Arreglo String de paneles fotovoltaicos



Nota: Arreglo de paneles fotovoltaicos en paralelo a 220V.

Figura 39

Garantía de funcionamiento de los paneles solares



Nota: Años de garantía del funcionamiento de los paneles solares Jinko JKM465M-7RL3-V.

Figura 40

Características mecánicas de los paneles solares

Mechanical Characteristics	
Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2×78)
Dimensions	2182×1029×40mm (85.91×40.51×1.57 inch)
Weight	26.1 kg (57.54 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 290mm, (-): 145 mm or Customized Length

Nota: Características mecánicas de los paneles solares Jinko JKM465M- 7RL3-V.

Figura 41

Especificaciones de los paneles solares

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM450M-7RL3		JKM455M-7RL3		JKM460M-7RL3		JKM465M-7RL3	
	JKM450M-7RL3-V		JKM455M-7RL3-V		JKM460M-7RL3-V		JKM465M-7RL3-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	450Wp	335Wp	455Wp	339Wp	460Wp	342Wp	465Wp	346Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.86V	39.20V	42.97V	39.32V	43.08V	39.43V	43.18V	39.58V
Maximum Power Current (Imp)	10.50A	8.54A	10.59A	8.61A	10.68A	8.68A	10.77A	8.74A
Open-circuit Voltage (Voc)	51.50V	48.61V	51.60V	48.70V	51.70V	48.80V	51.92V	49.01V
Short-circuit Current (Isc)	11.32A	9.14A	11.41A	9.22A	11.50A	9.29A	11.59A	9.36A
Module Efficiency STC (%)	20.04%		20.26%		20.49%		20.71%	
Operating Temperature(°C)	-40°C--+85°C							
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)							
Maximum series fuse rating	20A							
Power tolerance	0--+3%							
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C							
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C							
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C							
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C							

Nota: Especificaciones de instalación de los paneles solares Jinko JKM465M- 7RL3-V.

Ecuación 5

Corriente suministrada por un panel solar

$$I_{Panel} = 465 \text{ Wh} / 48 \text{ V} = 9.68 \text{ A}$$

Selección de las Baterías para consumo autónomo

Para la selección de la batería se tomaron en cuenta factores como el tipo de batería, la cual se seleccionó de Litio dadas sus facilidades de manejo, ya que aunque no tienen acceso a un mantenimiento dadas sus características de fabricación, sin embargo son baterías que tienen un periodo mayor de vida útil, su funcionamiento no condiciona límites de descarga como las baterías de plomo ácido.

Ecuación 6

Capacidad diaria requerida para las baterías

$$C_{bat} (Ah) = \frac{Cd}{V_{op}} \times 1.1$$

$$C_{bat} (Ah) = \frac{7986 (Wh)}{48 (V)} \times 1.1 = 183.02 Ah$$

C_{bat} = Carga batería (A)
Cd = Carga diaria (Wh)
V_{op} = Voltaje operación baterías (V)

Ecuación 7

Corriente necesaria para la carga de las baterías

$$i_{diaria} (Ah) = \frac{C_{bat} (Ah)}{HSP_{dia}}$$

$$i_{diaria} (Ah) = \frac{183.02 Ah}{4.5 HSP} = 40.66 (Ah)$$

i_{diaria} = corriente requerida (Ah)
C_{bat} = Carga batería (Ah)
HSP día = Horas de máxima potencia (h)

Ecuación 8

Cantidad de baterías en paralelo requeridos

$$Mp = \frac{C_{bat} (Ah)}{i_{bat} (Ah)}$$

$$Mp = \frac{183.02 Ah}{62.5 Ah} = 2.92 \quad \text{se seleccionan 3 baterías 48 V - 65A}$$

Mp = # baterías paralelo
i_{diaria} = Corriente requerida (A)
i_{bat} = corriente generada por la batería

Ecuación 9

Capacidad estacional diaria

$$Ce = \frac{C_{bat} \cdot D_{aut}}{1 - DoDe}$$

$$Ce = \frac{183.02 Ah \cdot 1.5 d}{1 - 0.2} = 343.65 Ah$$

Ce = Carga estacional diaria (Ah)
C_{bat} = Carga batería
D_{aut} = Dias de autonomía (d)
$DoDe$ = Profundidad descarga diaria (%)

Ecuación 10.

Vida útil de la batería en función de la profundidad de descarga.

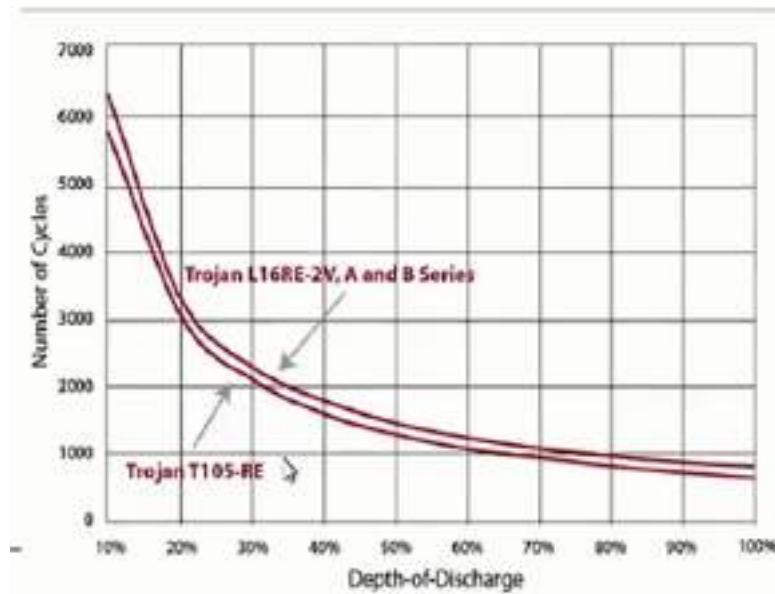
$$Vu = \frac{\# \text{ ciclos}}{365} = \frac{3300}{365} = 9.04 \text{ años}$$

Vu: Vida útil estimada

Ciclos: Ciclos equivalentes al Do Dd

Figura 42

Gráfica de número de ciclos Vs profundidad de descarga.



Se seleccionan cables de 6 mm² para el transporte de la energía generada por el sistema fotovoltaico con una capacidad de 70 A debido a que va a estar expuesto a intemperie y el calentamiento produce dificultad para el transporte total de la energía generada.

Cuadro 23

Diámetro conductores aislados para exterior.

Construction	Conductor Construction	Conductor ϕ	Outer ϕ	Resistance max.	Current Carrying Capacity
nxmm ²	nxmm	mm	mm	Ω /Km	A
1X6	84X0.3	3.15	7.15	3.39	70

Fuente: Catálogo del fabricante de sistemas fotovoltaicos, LEADER.

Selección del Regulador de carga

El regulador trabaja con el mismo voltaje de 48V que el voltaje del banco de baterías, este dispositivo es el que regula las cargas de DC a AC y que protege los aparatos ante las sobrecargas que puedan generarse en el sistema.

Figura 43

Regulador seleccionado con especificaciones

Specification

Model	MPPT-40A	MPPT-60A
Maximum power current	40A	60A
Battery Voltage	12V/24V/36V/48V Auto	
Max PV Input Power	12V-480W ; 24V-960W 36V-1400W ; 48V-1700W	12V-720W ; 24V-1440W 36V-2100W ; 48V-2800W
Max PV input voltage(Voc)	12V System (20~80V) ; 24V System(37~105V) 36V System(50~160V) ; 48V System(72~160V)	
Over charging protection voltage	30V	60V
Limited current protection	42A	61A
Terminal	10AWG(8mm ²)	10AWG(10mm ²)
Weight	1.4Kg	

Nota: Regulador de voltaje

Selección del Inversor String

El Inversor se seleccionó a partir de la potencia de demanda por la vivienda, el inversor es el dispositivo que transforma la energía.

Potencia del Inversor	
$P_{INV} = P_{AC}$	$P_{INV} = \text{Potencia del inversor}$
$P_{AC} = 7896 \text{ Wh}$	$P_{AC} = \text{potencias en AC}$
$P_{INV} = 8.000 \text{ Wh}$	

Figura 44

Inversor seleccionado

Low Frequency Pure Sine Wave Inverter EP3000 PRO Series (8KW/10KW/12KW)



Features

- Rated power 8KW to 12KW
- Pure sine wave output
- Max 140A automatic 3-stage battery charger
- Charger current is Adjustable (0-100%)
- Automatically send signal to start generator
- Supporting USB communication and BTS & AGS port
- Battery/AC priority

Figura 45

Especificaciones del Inversor seleccionado

Specification

MODEL		EP30-8KW PRO	EP30-10KW PRO	EP30-12KW PRO
Nominal Battery System Voltage		48VDC	48VDC	48VDC
INVERTER OUTPUT	Continuous output power	8.0KW	10.0KW	12.0KW
	Surge rating	24000VA	30000VA	36000VA
	Capable Of Starting Electric Motor	4HP	5HP	6HP
	Output waveform	Pure sine wave \ same as input (bypass mode)		
	Inverter Efficiency(Peak)	>88%		
	Line mode efficiency	>95%		
	Power factor	1.0		
	Nominal output voltage RMS	220V \ 230V \ 240VAC $\pm 10\%$ (RMS)		
	Output frequency	50Hz		
	Short circuit protection	Yes (1sec after fault)		
	Typical transfer time	10ms(max)		
AC INPUT	Voltage	90-280VAC		
	Selectable Voltage Range	170-280VAC(For Personal Computers)		
	Frequency Range	50Hz \ 60Hz		
BATTERY	Minimum start voltage	40.0V ± 0.6 \ 42.0V ± 0.6		
	Low battery alarm	42.50VDC		
	Low battery Cutoff	40.0V ± 0.6 \ 42.0V ± 0.6		
	High voltage alarm	60VDC		
	High battery voltage recover	57VDC		
	Idle consumption-search mode	<60W when power saver on		
CHARGER	Output voltage	Depends on battery type		
	Charger AC input breaker rating	80A		
	Max charge power rate	10 Rating power		
	Overcharge protection S.D.	62.8VDC		
	Maximum Charge Current	100A	120A	140A
BTS	Temperature rate @25°C	4mV charging voltage descent, per 1°C rise		
BYPASS & PROTECTION	Input voltage waveform	Sine wave (grid or generator)		
	Nominal voltage	220V \ 230V \ 240VAC		
	Max input AC voltage	300VAC for 230VAC 1W mode		
	Nominal input frequency	50Hz or 60Hz		
	Overload protection (SMPS load)	Circuit breaker		
	Output short circuit protection	Circuit breaker		
	Bypass breaker rating	63A		
	Max bypass current	63Amp		
	Mounting	Wall mount		
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Inverter dimensions (W*H*D) (mm)	670*410*215		
	Inverter weight (solar chg) (kg)	67.5	74	74
	Shipping dimensions (W*H*D) (mm)	802*533*426.5		
	Shipping weight (solar chg) (kg)	87	93.5	93.5
	Operation Temperature Range	0°C to 40°C		
OTHER	Storage Temperature	-15°C to 60°C		
	Audible Noise	60dB MAX		
	Display	LED+LCD		
	Loading(200P/400P/800P)	200pcs \ 400pcs \ 500pcs		

Selección de los dispositivos de protección

Fusibles : El amperaje de los fusibles de protección de los cables de cadena de los módulos ubicados en la caja principal se calcula sobredimensionando un 20% del voltaje resultante del arreglo lo que corresponde a un dispositivo de 60 A.

Ecuación 11.

Corriente para la selección de los fusibles.

$$Af = 1.2 * \#p\acute{a}neles\ paralelo * Corriente\ panel$$

$$Af = 1.2 * 4 * 9.68\ Ah = 46.46\ A$$

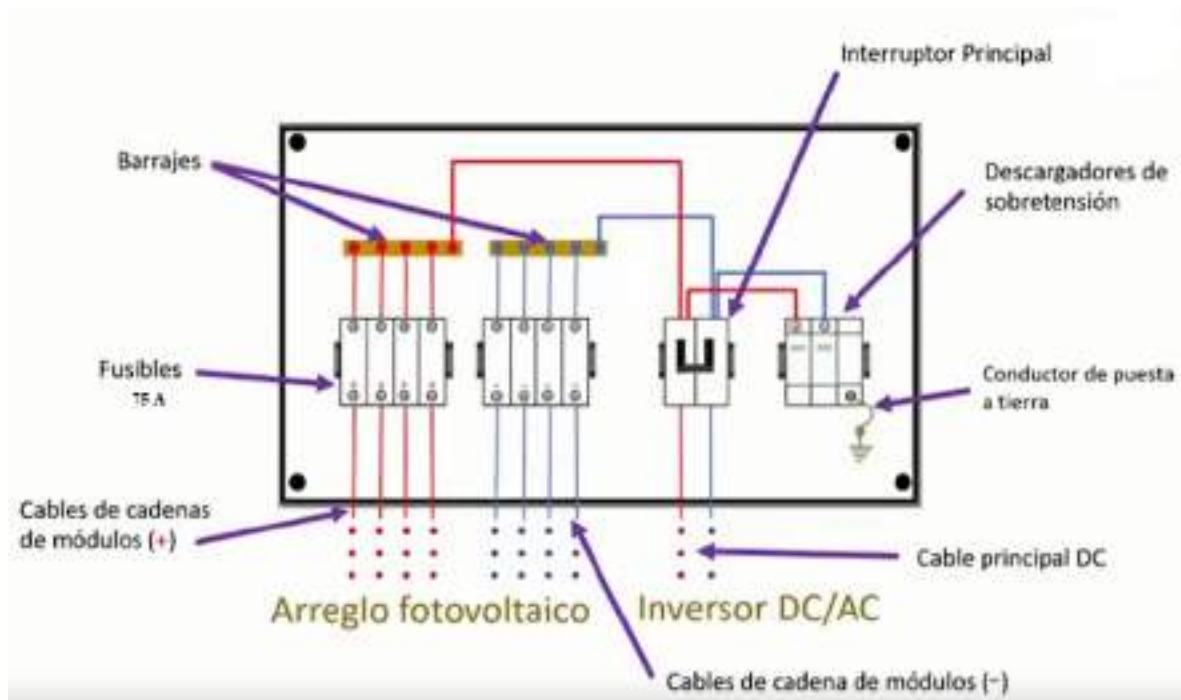
Interruptor principal; Se calcula a partir de la corriente máxima nominal en los fusibles o corriente de corto circuito para proteger el sistema.

Ecuación 12.

Corriente para la selección de interruptor principal

$$I_{cc} = 1.56 * I.\ arreglo$$

$$I_{cc} = 1.56 * 38.75\ A = 60.45\ A = \text{se seleccionó de } 60\ A$$

Figura 46*Combiner Box.*

Conclusiones

- En vista de las nuevas iniciativas por parte del gobierno nacional de la mano del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio; todo lo relacionado con vivienda de interés social rural VISR, ha tomado fuerza y actualmente es prioridad la atención de vivienda y mejora en la calidad de vida de la población campesina para la conservación del campo colombiano, en el marco del Plan Nacional de Construcción y Mejoramiento de Vivienda Social Rural “Ver Resolución 0410 de 2021”; este proyecto comprende una propuesta importante para la ejecución de proyectos en vivienda rural.

- Se adaptó una Arquitectura que genera un alto nivel de confort y buenas condiciones de habitabilidad proporcionada por el portal del Ministerio nacional de vivienda, modelo que se adapta a las condiciones de su entorno, con un nivel de acabados que le brinda un nivel estético adecuado y a un costo congruente con los topes establecidos, por lo cual el diseño se ajustó a las indicaciones estipuladas por la normativa de vivienda de interés social rural que cubre hasta 135 smmlv.
- El modelo de vivienda desarrollado satisface las necesidades básicas en las familias que habitan el sitio de estudio, teniendo en cuenta las dificultades evidenciadas en el estudio socio económico, pues abarca soluciones ante fenómenos como los altos niveles de construcción informal, la instalación de un sistema séptico ante la problemática de ausencia de alcantarillado, la generación de energía renovable en espacios de difícil acceso y brindando el nivel de confort necesario para sus habitantes.
- La implementación de la guadua como material componente de la estructura disminuye la masa de la vivienda, brindando unas mejores condiciones en cuanto a las solicitaciones generadas de sismo resistencia, además generar un ahorro del 30 % en la construcción de elementos comparando con métodos constructivos tradicionales como la mampostería confinada, debido a la facilidad de transporte de los elementos, tiempos de ejecución, rendimientos, preparación de los elementos, entre otros factores. Se considera la guadua como un material eficiente; sin embargo su tiempo de vida útil comparado al de una estructura de concreto es más de 3 veces la de la guadua ya que su mantenimiento se recomienda para periodos entre 10 y 15

años según la eficiencia de su inmunización y tratamiento durante el proceso constructivo.

- Los sistemas fotovoltaicos han sido un hito para las energías renovables y su uso se vuelve cada vez mayor, ya que además de tener la capacidad de alimentar cualquier tipo de cargas ya sean capacitivas o resistivas y tanto en corriente directa como alterna, su desarrollo ha conllevado a que la eficiencia promedio de conversión haya aumentado de valores entre 10% y 15% a 20% para paneles monocristalinos que tienen una mayor pureza. El periodo de retorno de la inversión para un sistema fotovoltaico se estima para periodos entre 8 y 10 años dependiendo su uso y las condiciones de uso.

- La guadua *Angustifolia Kunth* es un material bondadoso en la construcción, posee las características físico mecánicas necesarias para utilizarse en construcción de edificaciones, sin embargo debe conocerse todo su manejo desde la silvicultura de la guadua hasta su preservación y almacenamiento para la construcción, por lo cual debe exigirse guadua certificada con la norma NTC 5525, que corresponde a los ensayos de laboratorio y de la misma manera evaluar sus condiciones visuales, geométricas y darle el debido almacenamiento.

Recomendaciones

- Para el desarrollo de un modelo BIM se deben establecer una base de trabajo con la perspectiva correcta sobre lo que se pretende extraer de los modelos, por ello se debe elaborar con el adjudicatario y la totalidad de los agentes participantes y debe realizarse paralelamente la documentación relacionada a los requisitos establecidos. También debe de compartirse correctamente la información a quien corresponda.

- La instalación del sistema fotovoltaico es de carácter opcional del cliente, ya que para la vereda Los Soches se cuenta con una red de media tensión. Sin embargo su aplicación viene adecuada para una vivienda aislada que no tenga la posibilidad de acceder a una red de baja tensión o que genere altas cantidades de potencia para amortizar sus costos de inversión, operación y mantenimiento de cada uno de sus componentes, que tienen una garantía de uso de mínimo 10 años.

- Cualquier otra estrategia de valor agregado que se pueda adaptar al modelo de vivienda puede optimizar mucho más y lograr mayor impacto sostenible; cómo por ejemplo, un biodigestor o un sistema de generación de gas natural para la cocina a partir de los desechos sólidos.

- Para el contemplamiento de una posible ampliación de la vivienda, debe justificarse los motivos y plantear una ampliación en ambas direcciones, pues el sistema constructivo debe regirse a una simetría según el título IV de la norma Andina para tener el comportamiento esperado ante un evento sísmico.

References

Alcaldía Local de Usme. (2020). *PLAN AMBIENTAL LOCAL DE USME*. Alcaldía Mayor de Bogotá. https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=3172

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2018, Noviembre 22). *Decreto 675 del 2018*. Plan de Ordenamiento Zonal de Usme.
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=81616#>
- Banco Agrario de Colombia. (2018). *Guía para la Estructuración y Presentación de Proyectos de Vivienda de Interés Social Rural - Vigencias 2016 y 2017*. Gerencia de Vivienda.
<https://www.bancoagrario.gov.co/Vivienda/Documents/2017/GuiaVISR2016-2017.pdf>
- Banco Agrario de Colombia. (2018). *Guía para la Estructuración y Presentación de Proyectos de Vivienda de Interés Social Rural - Vigencias 2016 y 2017* (1ra ed.). Gerencia Ingeniería de Procesos y mejora continua.
<file:///D:/Ingenier%C3%ADa%20civil/Los%20soches/NORMATIVAS/GuiaVISR2016-2017.pdf>
- Baquero Palacios, S. V., Delvasto Reyes, A. L Mejía Hoy, S. M. (2018). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE NIEBLA RECOLECTADA EN CHOACHÍ, COLOMBIA*. (Inventum Ingeniería, Tecnología e Investigación ed.). Academic Search Ultimate.
10.26620/uniminuto.inventum.13.25.2018.53-60
- Bautista, O. D., Camacho, J. G., Medina, S. L., Salgado, A. M., Prieto, D. Q., Ramirez, D. A., Saavedra, O. J. (2013). *EL AGROPARQUE LOS SOCHES COMO ESTRATEGIA DE CONSOLIDACIÓN DEL BORDE SUR DE BOGOTÁ*.
https://idea.unal.edu.co/publica/docs/los_soches/Borde_Los-Soches.pdf
- Carmona, R. P. (2005). *Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones* (6ta ed., Vol. Pag 4). Eco Ediciones.
<file:///D:/Ingenier%C3%ADa%20civil/10%20%20semestre/Instalaciones%20>

domiciliarias/proyecto%20instalaciones/Instalaciones%20

Hidrosanitarias%20y%20de%20Gas%20para%20Instalaciones%20-%20

Rafael%20Perez%20 Carmona%20-%206ta%20 ed..pdf

Carvalho, C. J. B., Haseyama, K. L. F., Gomes, L. R. P., & Zafalon-Silva, A. (2019). *New genus and new species of Muscidae (Diptera) from the Andes highlands and discussion of its phylogenetic position based on morphological evidence*. Austral Entomology.

10.1111/aen.12400

Ecoinventos. (2021, January 14). *Qué es y cómo funciona la energía solar fotovoltaica*.

EcoInventos. Retrieved January 10, 2022, from

<https://ecoinventos.com/que-es-y-como-funciona-la-energia-solar-fotovoltaica/>

ENEL. (2019, febrero 27). *Módulo fotovoltaico*. Enel Green Power. Retrieved January 10, 2022, from

<https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-solar/modulo-fotovoltaico>

Giraldo, M., Vacca Ramírez, R., & Urrego Quintanilla, A. (2018, Diciembre 14). *LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS ¿UNA OPORTUNIDAD PARA COLOMBIA?* Dialnet.

Retrieved Enero 10, 2022, from

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6540494>

Grupo NAP. (2002). *Energía Solar Fotovoltaica*. COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN. <https://www.coit.es/file/4245/download?token=F3kPOsFh>

Gutierrez, E. D. (2011). *Aplicaciones estructurales de la guadua* (1st ed., Vol. Pag 25).

Universidad Politécnica de Madrid.

file:///D:/Ingenier%C3%ADa%20civil/Los%20soches/REFERENCIAS/TESIS%20DE%20GRADO%20(Vivienda%20de%20Interes%20Social)%20(1).pdf

ICONTEC. (2004). *Código Colombiano de Fontanería* (2Da ed.). Ministerio de Desarrollo.

ICONTEC. (2018). *NTC 5301*. COMITE TECNICO 178. NTC 5301:2018

López, G. D., & Muzziotti, J. R. (2018, Octubre). *Análisis comparativo de costos de Mampostería Reforzada y de Bambú*.

http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAT6511_1.pdf

López Orosco, G. D., & Muzziotti Goncalves, J. R. (2018, octubre 03). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE MAMPOSTERÍA REFORZADA Y DE BAMBÚ – BAHAREQUE PARA SU APLICACIÓN COMO ALTERNATIVA DE CONS.* Libros, Revistas y Tesis. Retrieved January 13, 2022, from

http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAT6511_1.pdf

MENDOZA PALACIOS, B. C., & CASTAÑEDA ÁLVAREZ, F. R. (2014). *CRITERIOS METODOLÓGICOS PARA LA DEFINICIÓN DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS CON BASE EN LLUVIA HORIZONTAL*. UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA.

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1748/1/Atrapanieblas%20B.%20Mendoza%20F.%20Casta%C3%B1eda.pdf>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2017, Junio 02). En marcha un nuevo plan de vivienda rural para población vulnerable.

<https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Con-Decreto-MinAgricultura-pondr>

%C3%A1-en-marcha-nuevo-plan-de-vivienda-rural-para-poblaci%C3%B3n-vulnerable.a
spx

Ministerio de Minas y Energía. (2013, agosto 30). *RETIE RESOLUCIÓN No DE*. Ministerio de Minas y Energía. Retrieved April 8, 2022, from

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017, junio 08). *Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Minvivienda. Retrieved enero 11, 2022, from <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330-2017.pdf>

MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO. (2021). *Plan Nacional de Construcción y Mejoramiento de Vivienda de Interés Social Rural*. REPÚBLICA DE COLOMBIA.

https://www.minvivienda.gov.co/system/files/consultasp/documento-tecnico-plan-nacional-de-construccion-y-mejoramiento-de-vivienda-social-rural_0.pdf

Mora Alarcón, K. T. (2019, October 9). *ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MALLAS ATRAPANIEBLAS EN LA VEREDA SAN ANTONIO BAJO EN EL MUNICIPIO DE ARBELÁEZ - CUNDINAMARCA*. REPOSITORIO INSTITUCIONAL U. DISTRITAL. Retrieved January 19, 2022, from <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/24305/MoraAlarconKevinTobias2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Moyano Palacio, J. M., & Rowlands Liévano, N. (2020, julio 15). *IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES A ESCALA PILOTO PARA ABASTECIMIENTO ELÉCTRICO*

- CON UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO – SOLAR*. Universidad Santo Tomás. Retrieved April 8, 2022, from <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30281/2020nicolasrowlands.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Navas Gutiérrez, E. d. (2011). *Aplicaciones estructurales de la guadua (Guadua angustifolia Kunth): Proyecto de estructura modular multifuncional en Colombia*. E.T.S.I. Montes (UPM). <https://oa.upm.es/13719/>
- Ochoa-Ochoa, L. M., Mejía-Domínguez, N. R., & Bezaury-Creel, J. (2017). *Priorización para la Conservación de los Bosques de Niebla en México*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-2.04>
- Pérez Carmona, R. (2015). *Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones* (7a. ed.). Ecoe Ediciones.
- Pérez Sánchez, L. S., Martínez Barrera, P. A., & Chavarro Morales, S. A. (2018). *Guadua: Una Alternativa para la Construcción de Vivienda de Interés Social Rural en Leticia – Amazonas*. Universidad EAN. <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/9600/PerezLady2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pontificia Universidad Católica de Chile & Consultora Profesional Agraria Sur. (2014). *Agua de Niebla, Nuevas Tecnologías para el Desarrollo Sustentable en zonas Áridas y Semiáridas*. Pilar Cereceda.
- Poveda Lancheros, J., & Sanabria Infante, J. C. (2017, Diciembre 1). *Eficiencia de Materiales en Atrapanieblas I Evaluación de la eficiencia de cinco materiales de malla para el sistema*

de atrapaniebla. Repositorio Institucional UNAD. Retrieved January 19, 2022, from <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13661/74339247.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

REPÚBLICA DE COLOMBIA. (1993). *Ley 99 de 1993*. Gobierno Nacional.

<http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>

Secretaría de Planeación. (2020, Abril 30). *Diagnóstico POT por localidades*.

https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/24375/05_usme_-_diagnostico_pot_2020_version_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Teneche, G. (2021, diciembre 30). *6 DETALLES IMPORTANTES AL TRABAJAR CON*

GUADUA BAMBU. GUADUA Y BAMBU COLOMBIA. Retrieved enero 30, 2022, from <https://guaduabambucolombia.wordpress.com/>

Anexos

A continuación, se disponen los anexos que hacen posible la información detallada de todo el curso de la investigación realizada para el culmen del trabajo de grado.

Anexo 1 Informe diagnóstico de la vereda los Soches en Usme

Anexo 2 Memorias de cálculo

Anexo 3 Planimetría los Soches

Anexo 4 Presupuesto y procedimientos constructivos (Excel)