

PROPUESTA PROTOTIPO DE VIVIENDA PROGRESIVA MODULAR CON EL SISTEMA WOODFRAME

caso de estudio para el Municipio de Mesitas del Colegio, Cundinamarca

Edwin Alejandro Jimenez Benitez y Mateo Torrenegra Quiñones



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Facultad de arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C

2024

**Propuesta de prototipo de Vivienda Progresiva modular con el sistema wood frame desarrollada para
el Municipio de Mesitas, del Colegio**

Edwin Alejandro Jimenez Benitez y Mateo Torrenegra Quiñones

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Arquitecto

Profesor Manuel Martinez Forero



Programa académico, Facultad de arquitectura

Universidad la Gran Colombia

Bogotá D.C

2024

TABLA DE CONTENIDO

Lista de tablas	8
Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
Planteamiento del problema	13
Pregunta problema	14
Justificación	14
Objetivos	19
Objetivo General	20
Objetivos Específicos	20
Hipótesis	21
Marco teórico	21
Marco conceptual	23
Vivienda	23
Desarrollo progresivo	24
Arquitectura modular	25
Marco normativo	27
Vivienda	27
Estructuras en madera	28
Marco metodológico	29
Marco referencial	31
Island Shelter House: Vivienda progresiva y flexible en el municipio de Providencia y Santa Catalina	31
Propuesta: Definiciones de condiciones socioeconómicas y ambientales	35
Definición condiciones socio-económicas	35
Definición condiciones ambientales	44
Propuesta: sistema constructivo	55
Sistema constructivo Wood frame	55
Construcción en madera	56
Pino amarillo	60
Propuesta: prototipo de vivienda	61
Memoria descriptiva	61
Modulación de los Muros	62
Espacios principales	64
Unidades de vivienda principales	68

Progresividad	71
Propuesta: detalles constructivos	80
Cimentación	81
Muro	82
Acabado suelo	82
Viga	83
Cubierta	85
Instalación eléctricas	86
Instalación hidrosanitarias	87
Red pluvial	89
Red fotovoltaica	92
Propuesta: Evaluación de características	96
Simulación térmica	96
Costos	99
Conclusiones	102
Lista de Referencia	103

Lista de Figuras

Figura 1. Crecimiento poblacional El colegio	13
Figura 2. Hogares con y sin déficit	15
Figura 3. Déficit cuantitativo	17
Figura 4. Déficit cualitativo	17
Figura 5. Presentación del referente Island Shelter House zonificación y flexibilidad	31
Figura 6. Presentación del referente Island Shelter House criterios funcionales y morfológicos	32
Figura 7. Presentación del referente Island Shelter House tipologías	33
Figura 8. Población por sexo	34
Figura 9. Población por sexo	35
Figura 10. Promedio personas por hogar	35
Figura 11. Hogares según número de personas	36
Figura 12. Distribución de la población según lugar de nacimiento	36
Figura 13. Prevalencia de limitaciones permanentes por sexo	37
Figura 14. Prevalencia de limitaciones permanentes por grupos de edad y sexo	38
Figura 15. Hogares con actividad económica	38
Figura 16. Establecimientos según actividad económica	39
Figura 17. Establecimientos según la escala de personas ocupadas el mes anterior al censo	40
Figura 18. Establecimientos según la escala de personal por actividad económica	41
Figura 19. Rango de radiación	44
Figura 20. Rango de iluminación	45
Figura 21. Rango de temperatura	46
Figura 22. Velocidad de viento	47
Figura 23. Rosa de los vientos	48
Figura 24. Punto de rocío	49
Figura 25. Humedad relativa	49
Figura 26. Precipitación	50
Figura 27. Carta solar con ubicación	51
Figura 28. Carta solar sin ubicación	51
Figura 29. Tabla de protección solar	52
Figura 30. Woodframe	54
Figura 31. Programa arquitectónico	61
Figura 32. Modulación de los bastidores	62
Figura 33. Modulación de los muros	63
Figura 34. Habitación principal	64

Figura 35. Cocina	64
Figura 36. Baño	65
Figura 37. Habitaciones secundarias	65
Figura 38. Sala - Comedor	66
Figura 39. Estudio y cuarto de ropas	66
Figura 40. Escaleras	67
Figura 41. Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 1, etapa 1	68
Figura 42. Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 2, etapa 1	68
Figura 43. Plano unidad de vivienda principal tipo 2 piso 1, etapa 1	69
Figura 44. Plano unidad de vivienda principal tipo 2 piso 2, etapa 1	69
Figura 45. Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 1, etapa 1	70
Figura 46. Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 2, etapa 1	71
Figura 47. Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 1, etapa 2	71
Figura 48. Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 2, etapa 2	72
Figura 49. Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 1, etapa 3	72
Figura 50. Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 2, etapa 3	73
Figura 51. Plano unidad de vivienda principal tipo 2 piso 1, etapa 1	73
Figura 52. Plano unidad de vivienda principal tipo 2 piso 2, etapa 1	74
Figura 53. Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 1, etapa 2	74
Figura 54. Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 2, etapa 2	75
Figura 55. Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 1, etapa 3	75
Figura 56. Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 2, etapa 3	76
Figura 57. Progresividad de la unidad de vivienda tipología 1	77
Figura 58. Progresividad de la unidad de vivienda tipología 2	78
Figura 59. Detalle unión de cimentación	79
Figura 60. Detalle unión de muros	79
Figura 61. Detalle cimentación	80
Figura 62. Detalle tornillo de anclaje embebido	80
Figura 63. Detalle muro wood frame	81
Figura 64. Detalle acabado suelo	82
Figura 65. Detalle viga	82
Figura 66. Detalle conexión viga y columna	84
Figura 67. Detalle Cubierta	85
Figura 68. Instalaciones eléctricas y sanitarias	86
Figura 69. Instalación pluvial	91
Figura 70. Instalación fotovoltaica	94
Figura 71. Simulación comfort por mes	95

Figura 72. Simulación confort por dias	96
Figura 73. Simulación confort al interior de la vivienda	97

Lista de tablas

Tabla 1. Tasa de crecimiento poblacional 2018-2035.....	13
Tabla 2. Resultado déficit cuantitativo-cuantitativo.....	15
Tabla 3. Recolección de aguas lluvias.....	88
Tabla 4. Produccion de energia fotovoltaica.....	91
Tabla 5. Elaboracion de costos por ítem.....	97
Tabla 6. Costos de cada una de las etapas.....	98

Resumen

El proyecto se inicia con un análisis de las condiciones socioeconómicas y medioambientales del municipio de Mesitas, del Colegio, Cundinamarca, centrándose en la problemática de la vivienda informal y el déficit habitacional que afectan a la región. A través de un análisis demográfico y económico, se identifican las dinámicas sociales que han impulsado el aumento de hogares que comparten vivienda con otros y la construcción de viviendas con materiales temporales o de baja calidad. Este contexto evidencia la necesidad de desarrollar un prototipo de vivienda modular adaptable y progresiva que responda a las características específicas de los habitantes del municipio, fomentando la calidad de vida y el acceso a una vivienda digna.

El proceso metodológico del proyecto se articula en varias fases interrelacionadas. En primer lugar, se realiza una recopilación y análisis de datos demográficos, económicos y ambientales. Posteriormente, se selecciona el sistema constructivo Woodframe para el desarrollo progresivo de la vivienda, considerando sus propiedades, criterios de construcción, durabilidad, disponibilidad de materiales y facilidad de montaje. Una vez definido el sistema constructivo, se diseñan tanto los módulos principales como las unidades secundarias de la vivienda modular, priorizando la funcionalidad y adaptabilidad para crear espacios habitables y confortables. Los aspectos técnicos y constructivos del proceso de ensamblaje y montaje se abordan con especial cuidado, optimizando la estandarización de componentes y simplificando los métodos de construcción para reducir costos y tiempos de ejecución.

La evaluación del prototipo modular Woodframe consideró eficiencia estructural, costos, tiempos de construcción y facilidad de montaje. Se realizaron simulaciones térmicas y análisis económicos para asegurar el confort, la durabilidad y la adaptabilidad del diseño a las necesidades locales.

El sistema Woodframe demostró ser una solución adecuada para el déficit habitacional en Mesitas, del Colegio. El prototipo ofrece una opción flexible, económica y adaptable, mejorando la calidad de vida local y promoviendo la participación comunitaria en la construcción.

Palabras claves: Vivienda, Modular, Sistema Woodframe, Desarrollo progresivo, Adaptabilidad arquitectónica, Construcción sostenible.

Abstract

The project begins with an analysis of the socioeconomic and environmental conditions of the municipality of Mesitas, del Colegio, Cundinamarca, focusing on the issue of informal housing and the housing deficit affecting the region. Through demographic and economic analysis, the social dynamics that have driven the increase in households sharing space and the construction of homes with temporary or low-quality materials are identified. This context highlights the need to develop an adaptable and progressive modular housing prototype that meets the specific needs of the municipality's inhabitants, promoting quality of life and access to dignified housing.

The project's methodological process is structured into several interconnected phases. Initially, demographic, economic, and environmental data are collected and analyzed. Subsequently, the Woodframe construction system is selected for the progressive development of the housing, considering its properties, construction criteria, durability, availability of materials, and ease of assembly. Once the construction system is defined, the main modules and secondary units of the modular housing are designed, prioritizing functionality and adaptability to create comfortable and livable spaces. The

technical and construction details of the assembly and construction process are carefully addressed, optimizing the standardization of components and simplifying construction methods to reduce costs and execution times.

The evaluation of the Woodframe modular prototype considered structural efficiency, costs, construction times, and ease of assembly. Thermal simulations and economic analyses were conducted to ensure comfort, durability, and the adaptability of the design to local needs.

The Woodframe system proved to be an adequate solution to the housing deficit in Mesitas, del Colegio. The prototype offers a flexible, economical, and adaptable option, enhancing the local quality of life and encouraging community participation in the construction process.

Introducción

Ubicado en el departamento de Cundinamarca, Colombia, el municipio de Mesitas del Colegio se encuentra como un punto focal de importancia histórica, cultural y socioeconómica en la región. Con una población en constante crecimiento que se estima en alrededor de 25,000 habitantes, Mesitas del Colegio se destaca como un centro urbano dinámico y diverso. Este municipio, con una superficie territorial de aproximadamente 117 kilómetros cuadrados, ha sido testigo de una notable transformación a lo largo de los años. Desde su pasado como territorio ancestral de la música, con la presencia de cacicazgos y figuras históricas destacadas, hasta su papel actual como un polo de desarrollo económico y turístico, Mesitas del Colegio ofrece un fascinante tapiz de historia y progreso.

Con un clima templado y una temperatura promedio de 24°C, Mesitas del Colegio se presenta como un destino atractivo para los visitantes en busca de actividades recreativas y de turismo. Sus paisajes naturales, entre los que se destaca el imponente Salto del Tequendama Y zoológico de santa cruz, así como su rica oferta cultural representada por la Casona del Colegio, contribuyen a su popularidad como destino turístico emergente en la región.

Sin embargo, detrás de su atractivo turístico, Mesitas del Colegio enfrenta desafíos significativos en términos de desarrollo urbano y calidad de vida de sus habitantes. La problemática habitacional, con más del 50% de los hogares presentando déficit tanto cuantitativo como cualitativo, resalta la necesidad de políticas y programas enfocados en mejorar las condiciones de vivienda y garantizar un desarrollo equitativo para todos sus residentes. En síntesis, existe una marcada insuficiencia en la accesibilidad y calidad de la vivienda en el municipio.

Planteamiento del problema

El municipio de El Colegio, Cundinamarca, presenta un significativo porcentaje de asentamientos informales, que según el Boletín Técnico "Informalidad en Colombia" del año 2018, alcanza el 43%. En el municipio de El Colegio, esta situación se debe tanto a la migración de la población rural hacia la zona urbana como al rápido crecimiento del municipio, sumado a la falta de acceso a la vivienda formal. En otras palabras, ciertas dinámicas sociales han propiciado la proliferación de asentamientos informales en dicho municipio.

Por otro lado, los hogares clasificados en la categoría de déficit han experimentado un aumento constante desde el año 2018 hasta 2022, pasando del 49.73% al 50.27%, según el informe de diagnóstico del EOT para Mesitas en 2022. Este incremento se atribuye principalmente al hacinamiento mitigable y a la construcción de viviendas con materiales no perecederos. En resumen, diversos fenómenos sociales han contribuido a la inaccesibilidad y deterioro de la vivienda en el municipio de Mesitas, Cundinamarca.

En este contexto, se formula el problema del proyecto, el que se centra en la falta de accesibilidad, calidad, progresividad arquitectónica y estructural en la vivienda para el municipio de Mesitas, Cundinamarca.

Pregunta problema

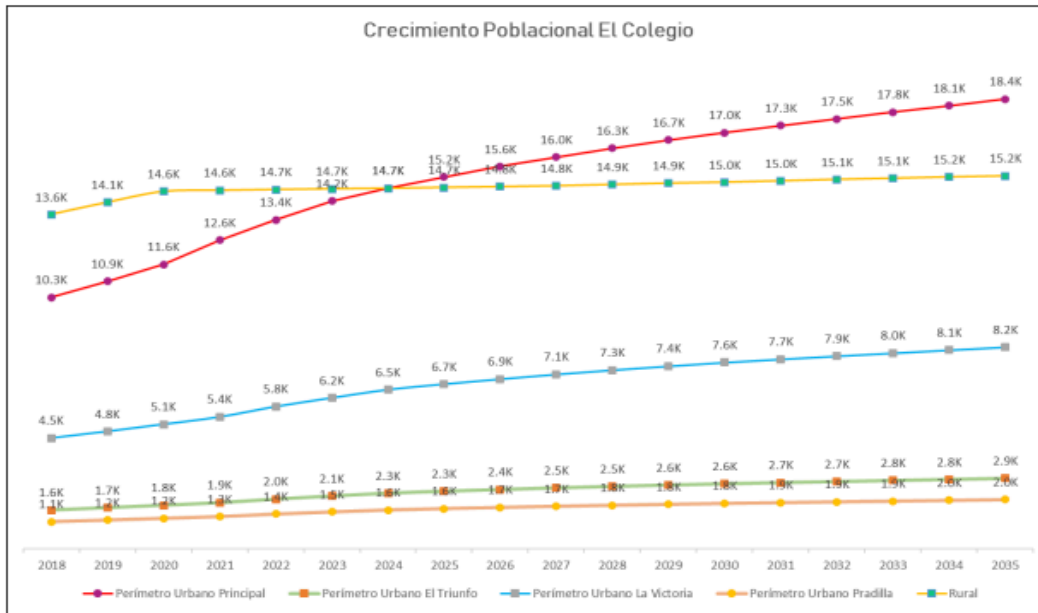
¿Cómo desarrollar un prototipo de vivienda modular adaptable y progresivo que responda a las necesidades y características específicas de los usuarios del municipio de Mesitas, del Colegio, promoviendo la calidad de vida?

Justificación

La vivienda de interés social progresiva y adaptable emerge como una opción de considerable relevancia, especialmente al considerar los datos proporcionados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE, 2018), que revelan un crecimiento poblacional del 3,66%. Aunque las proyecciones sugieren una gradual disminución para el 2035, situándose en un 1,08%, es evidente que la demanda de viviendas continuará incrementándose de manera constante. Por ende, es crucial presentar soluciones que promuevan y consoliden la construcción de viviendas nuevas, con un enfoque particular en las zonas urbanas. Así mismo, la entidad se espera un fuerte crecimiento del perímetro urbano, proyectando un aumento del 33% para el año 2035, alcanzando una cifra de 18.350, sin considerar los incrementos en los perímetros urbanos, de un 23,12% en la Victoria, Pradilla y El triunfo no correspondiente a lo que se denomina perímetro principal (DANE, 2018).

Figura 1.

Crecimiento poblacional El colegio



tomada de: “revisión general al esquema de ordenamiento territorial del municipio de el colegio – Cundinamarca por la Alcaldía Municipal El Colegio, Cundinamarca, 2022, (p.34, https://drive.google.com/file/d/1md4wCSXObInk4ylVh5eNqTxnjY1ZkbK/view?usp=drive_link)

Tabla 1.*Tasa de crecimiento poblacional 2018-2035.*

Revisión y Ajuste del Esquema de Ordenamiento Territorial						
Diagnóstico						
Tabla 5. Tasa de Crecimiento Poblacional 2018 - 2035 Porcentaje Municipal						
AÑO	Perímetro Urbano Principal	Perímetro Urbano El Triunfo	Perímetro Urbano La Victoria	Perímetro Urbano Pradilla	Rural	Total
2019	6.49%	6.11%	6.00%	6.02%	3.64%	5.13%
2020	6.28%	6.12%	6.10%	6.10%	3.13%	4.88%
2021	8.56%	5.88%	5.91%	5.92%	0.32%	4.43%
2022	6.54%	7.90%	7.90%	7.88%	0.22%	4.28%
2023	5.74%	6.14%	6.14%	6.14%	0.19%	3.66%
2024	3.61%	5.43%	5.43%	5.43%	0.15%	2.76%
2025	3.14%	3.48%	3.48%	3.48%	0.24%	2.16%
2026	2.86%	3.05%	3.05%	3.05%	0.21%	1.95%
2027	2.51%	2.78%	2.78%	2.78%	0.24%	1.77%
2028	2.23%	2.45%	2.45%	2.45%	0.35%	1.63%
2029	2.09%	2.18%	2.18%	2.18%	0.38%	1.52%
2030	1.77%	2.04%	2.04%	2.04%	0.25%	1.32%
2031	1.68%	1.74%	1.74%	1.74%	0.37%	1.25%
2032	1.59%	1.66%	1.66%	1.66%	0.38%	1.20%
2033	1.57%	1.56%	1.56%	1.56%	0.33%	1.15%
2034	1.50%	1.54%	1.54%	1.54%	0.36%	1.14%
2035	1.48%	1.48%	1.48%	1.48%	0.26%	1.08%

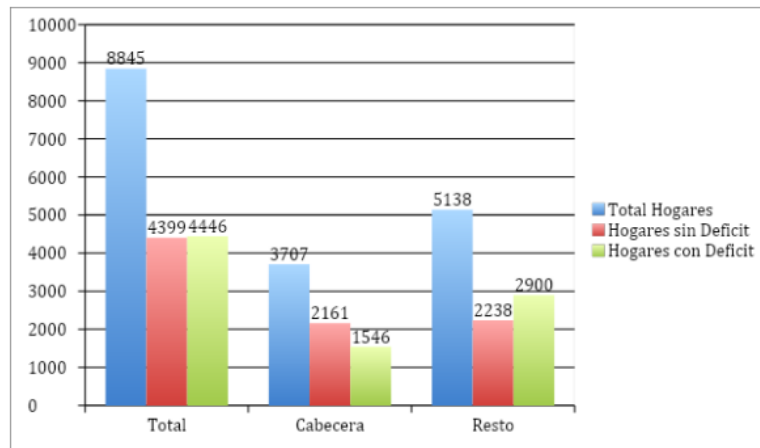
Nota: tomada del documento de diagnóstico del EOT para el municipio de El Colegio - cundinamarca, 2022, (p.35), https://drive.google.com/file/d/1md4wCSXObInlk4yVh5eNqTxnjY1ZkbK/view?usp=drive_link)

El déficit de vivienda en el municipio de Mesitas del Colegio, Cundinamarca, es un aspecto que merece especial atención. De acuerdo con los datos del DANE, 2018, el déficit de vivienda cuantitativo, que abarca tres aspectos: estructura, cohabitación y hacinamiento no mitigable, representa un 19,11%. Este porcentaje se desglosa de la siguiente manera: estructura, que incluye hogares que residen en viviendas inadecuadas o construidas con materiales transitorios, representa el 16,18%; cohabitación, que se refiere a viviendas con presencia de hogares secundarios y/o unipersonales, constituye el 1,04%; y

hacinamiento no mitigable, que afecta a hogares urbanos con cinco o más personas por habitación, representa el 1,89%.

Figura 2.

Hogares con y sin déficit



Nota: tomada del documento de diagnostico del EOT para el municipio de El Colegio - cundinamarca, 2022, (p.204,

https://drive.google.com/file/d/1md4wCSXObInlk4yIVh5eNqTxnjY1ZkbK/view?usp=drive_lin)

Tabla 2.*Resultado déficit cuantitativo-cuantitativo*

COMPONENTE	CABECERA		RESTO		TOTAL	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Total Hogares	3707	100	5138	100	8845	100
Hogares sin Déficit	2161	58,30	2238	43,56	4399	49,73
Hogares con Déficit	1546	41,70	2900	56,44	4446	50,27

Déficit Cuantitativo	350	9,44	1340	26,08	1690	19,11
Estructura	156	4,21	1275	24,82	1431	16,18
Cohabitación	27	0,73	65	1,27	92	1,04
Hacinamiento no mitigable	167	4,50	0	0,00	167	1,89
Déficit Cualitativo	1196	32,26	1560	30,36	2756	31,16
Estructura	13	0,35	82	1,60	95	1,07
Hacinamiento Mitigable	821	22,15	386	7,51	1207	13,65
Espacio (Cocina)	320	8,63	270	5,25	590	6,67
Servicios públicos	42	1,13	822	16,00	864	9,77

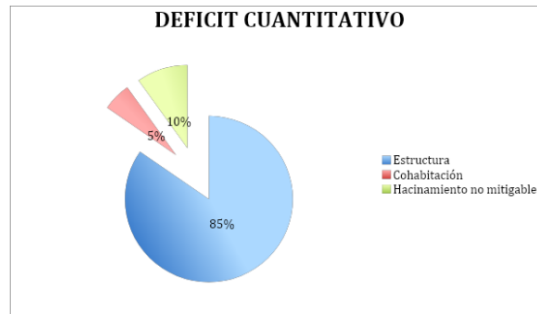
Nota: tomada del documento de diagnóstico del EOT para el municipio de El Colegio - cundinamarca, 2022, (p.202,

https://drive.google.com/file/d/1md4wCSXObInk4yIVh5eNgTxnjY17kbK/view?usp=drive_lin)

Por otro lado, el déficit cualitativo de vivienda, que engloba aquellas viviendas que necesitan mejoras para garantizar condiciones mínimas de habitabilidad para sus residentes, representa un 31,16%. Este porcentaje se divide en cuatro aspectos: estructura, que incluye hogares construidos con materiales perecederos pero con pisos de tierra o arena, constituye el 1,07%; hacinamiento mitigable, que se refiere a hogares urbanos con más de tres y menos de cinco personas por cuarto, representa el 13,65%; espacio (cocina), que engloba hogares que carecen de un espacio adecuado para preparar alimentos, constituye el 6,67%; y servicios públicos, que abarca hogares con deficiencia en uno o más servicios o con insuficiencia en algún servicio, representando el 9,77%.

Figura 3.

Déficit cuantitativo

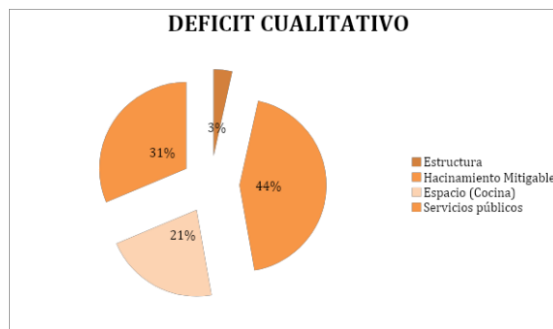


Nota: tomada del documento de diagnostico del EOT para el municipio de El Colegio - cundinamarca, 2022, (p.205,

https://drive.google.com/file/d/1md4wCSXObnlk4yIVh5eNqTxnjY1ZkbK/view?usp=drive_lin)

Figura 4.

Déficit cualitativo



Nota: tomada del documento de diagnostico del EOT para el municipio de El Colegio - cundinamarca, 2022, (p.206,

https://drive.google.com/file/d/1md4wCSXObnlk4yIVh5eNqTxnjY1ZkbK/view?usp=drive_lin)

Por lo tanto, nuestra propuesta puede contribuir significativamente a satisfacer esta creciente demanda de viviendas nuevas que se adapten a las necesidades de la población, teniendo en cuenta consideraciones tanto estructurales como económicas, y permitiendo un desarrollo progresivo a lo largo

del tiempo mediante la adición de espacios útiles , en línea con las necesidades identificadas por el DANE y otras fuentes de datos relevantes.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un prototipo de vivienda progresiva a partir de módulos que responda a las condiciones medioambientales del municipio de el colegio mesitas, Cundinamarca teniendo en cuenta la factibilidad económica y social

Objetivos Específicos

1. Definir las condiciones económicas, espaciales y ambientales óptimas para el desarrollo de una vivienda modular progresiva
2. Determinar el sistema constructivo, que permita el desarrollo progresivo de la vivienda soportando las futuras adiciones puntuales de los usuarios
3. Diseñar los módulos principales o fundamentales y unidades secundarias o complementarios teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios
4. Desarrollar los detalles técnicos y constructivos del proceso de ensamble y armado de la estructura, para agilizar y simplificar el proceso de construcción y producción del mismo
5. Evaluar las características de la propuesta del prototipo de vivienda modular ensamblable mediante el sistema wood frame, teniendo en cuenta su eficiencia estructural, sus costos y tiempos de construcción y su facilidad de montaje

Hipótesis

Es posible generar una propuesta de un modelo de vivienda modular con sistema wood frame en Mesitas, Cundinamarca, que garantice un rendimiento estructural óptimo, permitiendo un montaje ágil, que reduzca significativamente los tiempos de construcción y los costos asociados.

Marco teórico

En el desafío de abordar la problemática en Mesitas, Cundinamarca, diversos enfoques teóricos emergen como herramientas potenciales para el desarrollo de la propuesta de vivienda en el municipio de Mesitas del colegio.

La vivienda, según Haramoto (1998), no se limita a un espacio habitable aislado, sino que forma parte de un sistema integrado que incluye el entorno físico, social y cultural. De acuerdo con él, "Es un sistema integrado además por el terreno, la infraestructura de urbanización y de servicios, y el equipamiento social-comunitario dentro de un contexto cultural, socio-económico, político, físico-ambiental" (p. 3). Desde esta perspectiva, el diseño de viviendas modulares debe considerar no sólo las características individuales de las unidades habitacionales, sino también su integración en el contexto comunitario y urbano.

Por otro lado, Gelabert y González (2013) destacan la importancia del desarrollo progresivo en la construcción de viviendas sociales. Según ellas, "Progresividad Asistida: exige en todo el proceso de diseño y construcción la asistencia técnica de parte de profesionales calificados." " (p. 19). Este enfoque proporciona unidades habitacionales básicas que pueden ser ampliadas y adaptadas a lo largo del tiempo según las necesidades y recursos de los residentes.

En este contexto, la arquitectura modular emerge como una solución que ofrece eficiencia constructiva y flexibilidad espacial, como afirma López (2019): "Seriación y repetición modular como

elemento generador del proyecto (. . .) diseñar edificios más regulares y económicos que, a su vez, permitiesen configuraciones variables sin perder la coherencia (. . .) hace posible un montaje más rápido a partir de elementos prefabricados que pueden ser recuperados posteriormente y reutilizados en otra ocasión” (pp. 18-19). Esta capacidad de desmontar y reutilizar componentes contribuye a la sostenibilidad ambiental y a la reducción de residuos de construcción.

Marco conceptual

Vivienda

La vivienda es un componente esencial en la vida humana, no sólo como un refugio físico, sino como un entorno que moldea nuestra identidad y nuestras interacciones sociales. Este concepto es abordado por diversos pensadores, entre ellos Louis Kahn, Álvaro Siza y E. Haramoto, cuyas reflexiones convergen en la idea de que la vivienda es mucho más que un simple espacio habitable.

Kahn (1973), destaca la importancia de la vivienda como un lugar donde uno se siente seguro y en paz consigo mismo. Para él, la casa debe ser diseñada para promover la comunidad, proporcionando espacios que fomenten la interacción y el sentido de pertenencia entre sus habitantes. Según el autor, "La casa es el lugar donde uno se siente seguro y en paz. Es el lugar donde uno puede ser él mismo. Debe ser diseñada para fomentar la comunidad" (p. 12).

Esta idea se relaciona estrechamente con la visión de Álvaro Siza, quien concibe la vivienda como un elemento arraigado en su entorno, capaz de responder a las necesidades y deseos de quienes la habitan. Siza enfatiza la importancia de crear espacios donde las personas se sientan cómodas y seguras, reconociendo la influencia del contexto físico y cultural en la experiencia de la vivienda. Según Siza(

2006), "La vivienda debe estar arraigada en su lugar y responder a las necesidades de sus habitantes. Debe ser un espacio donde las personas puedan sentirse cómodas y seguras" (p. 23).

Por otro lado, E. Haramoto amplía la perspectiva al considerar la vivienda como parte de un sistema integrado que incluye no solo el espacio habitable, sino también el entorno físico, la infraestructura urbana, los servicios y el equipamiento social. Desde esta mirada, la vivienda está inextricablemente vinculada a su contexto socioeconómico, político y ambiental, y su diseño debe tener en cuenta estos factores para promover la calidad de vida de sus habitantes. Haramoto(1998) expresa, "Es un sistema integrado además por el terreno, la infraestructura de urbanización y de servicios, y el equipamiento social-comunitario dentro de un contexto cultural, socio-económico, político, físico-ambiental" (p. 3).

En conclusión, las reflexiones de Kahn, Siza y Haramoto nos invitan a considerar la vivienda como un espacio multifacético que trasciende su función básica de albergar a las personas. Es un lugar donde se construyen identidades individuales y comunitarias, donde se fomentan las relaciones sociales y donde se reflejan las condiciones socioeconómicas y culturales de una sociedad. Por lo tanto, comprender la vivienda en su totalidad implica no solo analizar su estructura física, sino también su relación con el entorno circundante y su impacto en la vida de las personas que la habitan.

Desarrollo progresivo

La vivienda progresiva se erige como una solución dinámica y adaptativa ante las complejidades del desarrollo urbano y las necesidades habitacionales de las comunidades. Autores como Carvajalino Bayona, Ospina Varón y Bermúdez Obregón, y Gelabert y González, ofrecen valiosas reflexiones que subrayan la importancia de este enfoque innovador en la construcción de viviendas asequibles y dignas.

Carvajalino Bayona (2004) destaca el proceso gradual de crecimiento de la vivienda progresiva, observando cómo el auto-constructor va satisfaciendo necesidades esenciales primero para luego

expandir el hogar con elementos complementarios. Según él, "El auto- constructor va fabricando el refugio inicialmente para resguardar lo fundamental o primario, y con posterioridad para albergar lo complementario o secundario, hasta consolidar una peculiar solución habitacional que resguardará un hogar" (p. 105). Esta concepción resalta la evolución orgánica de la vivienda progresiva en respuesta a las cambiantes necesidades familiares.

Ospina Varón y Bermúdez Obregón (s.f.) profundizan en la idea de la vivienda progresiva como una unidad básica que se expande con el tiempo para adaptarse a las necesidades específicas de cada familia. Para ellos, "La expansión es necesaria y al cabo de un tiempo, permite que cada familia tenga una vivienda completa, digna y ajustada a sus necesidades particulares" (Ospina Varón & Bermúdez Obregón, (pp. 43-44). Esta perspectiva resalta la flexibilidad y la capacidad de adaptación de la vivienda progresiva en la búsqueda de la habitabilidad y la dignidad de sus habitantes.

Gelabert y González (2013) refuerzan estas ideas al destacar la viabilidad de la vivienda progresiva como una opción para la construcción de vivienda social en entornos urbanos. Según ellas, "'Progresividad Asistida: exige en todo el proceso de diseño y construcción la asistencia técnica de parte de profesionales calificados.'" (p. 19). Esta visión enfatiza la capacidad de la vivienda progresiva para promover la inclusión y la participación de las comunidades en el proceso de construcción y mejora de la vivienda.

En conclusión, las reflexiones de Carvajalino Bayona, Ospina Varón y Bermúdez Obregón, y Gelabert y González, nos invitan a considerar la vivienda progresiva como una estrategia innovadora y adaptable para abordar los desafíos habitacionales en entornos urbanos. Este enfoque no solo busca proporcionar soluciones habitacionales asequibles y dignas en el corto plazo, sino también promover la evolución y la mejora continua de los hogares en respuesta a las necesidades cambiantes de las comunidades.

Arquitectura modular

La arquitectura modular se define como el diseño de sistemas compuestos por elementos separados que pueden conectarse preservando relaciones proporcionales y dimensionales. Según Serrentino (s.f.), "La belleza de la arquitectura modular se basa en la posibilidad de reemplazar o agregar cualquier componente sin afectar al resto del sistema" (p. 264).

Esta definición se complementa con las reflexiones de López (2019), quien destaca que la arquitectura modular permite diseñar edificios más regulares y económicos que, a su vez, pueden configurarse de manera variable sin perder la coherencia del proyecto. Además, la utilización de elementos prefabricados facilita un montaje rápido y eficiente, con la posibilidad de recuperar y reutilizar dichos elementos en futuras construcciones. Como afirma López, la arquitectura modular "permite un montaje más rápido a partir de elementos prefabricados que pueden ser recuperados posteriormente y reutilizados en otra ocasión" (pp. 18-19).

Kopac, enfatiza la versatilidad y rapidez en el proceso de construcción que caracteriza a la arquitectura modular. Según él, esta técnica constructiva, que implica el pre-ensamblaje de los módulos o de sus elementos en fábricas, facilita un montaje final ágil y preciso en el sitio de la construcción. Esta característica no solo optimiza los tiempos de ejecución, sino que también ofrece la posibilidad de realizar modificaciones o ampliaciones con facilidad. Kopac señala que la arquitectura modular es aquella que, Kopac. (s.f.). "Aquella que genera versatilidad y rapidez en su proceso de construcción. Se caracteriza por el pre-ensamblaje de los módulos o de sus elementos en fábricas, donde es el montaje final el que queda como último y único paso elaborado in-situ, facilitando toda la técnica constructiva" (p. 19).

Para finalizar, las reflexiones de Serrentino, López y Kopac resaltan la importancia de la arquitectura modular como una herramienta innovadora y eficiente en el diseño arquitectónico. Este

enfoque no solo promueve la flexibilidad y la adaptabilidad de los espacios construidos, sino que también contribuye a optimizar los procesos constructivos y a fomentar la sostenibilidad en el uso de recursos.

Marco normativo

Vivienda

En Colombia, la vivienda se consolida como un derecho fundamental, reconocido y protegido por la Constitución Política de 1991. En su artículo 51, esta carta magna establece que el Estado garantizará el derecho de todas las personas a tener una vivienda digna. La vivienda no se limita únicamente a un techo, sino que abarca condiciones que aseguren habitabilidad, salubridad, seguridad estructural y acceso a servicios básicos.

La normativa colombiana define la vivienda de manera amplia y detallada. Por ejemplo, la Ley 675 de 2001 la describe como "el bien inmueble constante de uno o varios pisos, terrazas, jardines, patios y garajes, con sus servicios comunes, el cual puede ser objeto de propiedad independiente." Esta definición comprende tanto la estructura física de la vivienda como los espacios y servicios comunes asociados.

En cuanto a las leyes que regulan la vivienda en Colombia, se destacan la Ley 1780 de 2016, que busca promover el acceso a la vivienda digna mediante estrategias de financiamiento y subsidiarias para reducir el déficit habitacional. Además, el Decreto 1077 de 2015 establece medidas específicas para la construcción de vivienda de interés social, con el fin de brindar oportunidades a sectores de bajos recursos.

La Ley 388 de 1997 aborda el ordenamiento territorial y el desarrollo urbano, influyendo directamente en la planificación y construcción de viviendas, mientras que la Ley 1429 de 2010 establece beneficios tributarios para promover la construcción de vivienda de interés social.

En conclusión, la normativa colombiana reconoce y protege el derecho a la vivienda digna, abordando aspectos clave como el acceso, la calidad y el desarrollo urbano. Estas leyes buscan garantizar no solo un techo sobre la cabeza, sino también condiciones de vida adecuadas que promuevan la convivencia y el bienestar de toda la sociedad.

Estructuras en madera

En primer lugar, se establecen los requisitos mínimos de diseño estructural para las edificaciones de madera, para ellos nos remitimos a al reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 mas específicamente al Título G-Estructuras de madera y estructuras de guadua, los cuales están basados en los principios de ingeniería sísmica y las características particulares de este material. Estos requisitos abarcan aspectos como la resistencia de los elementos estructurales, la capacidad de disipación de energía y la capacidad de deformación sin pérdida de estabilidad.

Además, el Título G de la NSR 10 establece las especificaciones técnicas para la selección y el uso de la madera como material estructural. Esto incluye la clasificación de la madera según su resistencia mecánica, la preservación contra agentes biológicos y la protección contra incendios. Asimismo, se detallan los métodos de unión y fijación de los elementos de madera, asegurando su adecuada resistencia y estabilidad ante cargas sísmicas.

Otro aspecto importante del marco normativo es la definición de los criterios de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de madera. Esto incluye la realización de análisis estructurales

detallados y la aplicación de métodos de simulación para evaluar el comportamiento sísmico de la edificación en diferentes escenarios de carga.

Adicionalmente, se establecen las responsabilidades de los profesionales involucrados en el diseño, la construcción y la supervisión de las estructuras de madera, garantizando que cuenten con la formación y la experiencia necesarias para llevar a cabo estas actividades de manera segura y efectiva.

En resumen, el Título G de la NSR 10 proporciona un marco normativo integral para el desarrollo de estructuras de madera, como el sistema wood frame, que garantiza su seguridad estructural y resistencia sísmica mediante la definición de requisitos de diseño, especificaciones técnicas, criterios de evaluación y responsabilidades profesionales.

Marco metodológico

En el ámbito de la investigación en el desarrollo de propuestas arquitectónicas y urbanísticas, el enfoque mixto se ha consolidado como una metodología poderosa y versátil que combina tanto elementos cualitativos como cuantitativos para abordar de manera integral las complejidades de un problema específico. En el contexto de este estudio, nos adentramos en la propuesta de un Prototipo de Vivienda con desarrollo Progresivo y Adaptable mediante Módulos para el Municipio de Mesitas, del Colegio. Para ello, adoptamos un enfoque mixto que nos permite explorar a fondo las distintas dimensiones de esta problemática, desde las condiciones habitacionales existentes hasta las características bioclimáticas del entorno, con el objetivo de diseñar una solución holística y sostenible que mejore la calidad de vida de los habitantes de la comunidad.

El enfoque mixto se define como una estrategia de investigación que combina elementos cualitativos y cuantitativos en un solo estudio, permitiendo así una comprensión más completa y profunda del problema en cuestión (Creswell & Plano Clark, 2018). Al integrar métodos y técnicas de recolección y análisis de datos tanto cualitativos como cuantitativos, este enfoque permite abordar las complejidades inherentes a fenómenos sociales y humanos, como es el caso de la vivienda y el urbanismo.

En este estudio, se adopta un enfoque mixto para desarrollar una propuesta de vivienda modular que responda de manera efectiva a las necesidades y características específicas del Municipio de Mesitas, del Colegio. Para ello, dividimos nuestro proceso metodológico en varias etapas interconectadas que nos permiten abordar de manera progresiva y sistemática cada aspecto relevante de la problemática.

En una primera fase, se emprende una exhaustiva revisión de las condiciones socioeconómicas, espaciales y ambientales del municipio. Esta etapa, esencial para comprender el contexto local, implica la recolección y análisis de datos demográficos, económicos y ambientales a través de fuentes secundarias, así como la realización de encuestas y entrevistas a residentes. Este proceso permite identificar las necesidades y demandas específicas que guiarán el diseño del prototipo de vivienda.

A continuación, se procede a determinar el sistema constructivo más adecuado que permita el desarrollo progresivo de la vivienda, tolerando futuras adiciones por parte de los usuarios. Esta etapa, que combina la revisión de la literatura especializada con la consulta a expertos en construcción, busca identificar opciones que sean flexibles, económicas y resistentes. Se evalúan diferentes alternativas, considerando criterios como la durabilidad, la disponibilidad de materiales y la facilidad de montaje.

Una vez seleccionado el sistema constructivo, se procede al diseño de los módulos principales y unidades secundarias de la vivienda modular. Se prioriza la funcionalidad y la adaptabilidad, con el

objetivo de crear espacios habitables y acogedores que se ajusten a las necesidades y preferencias de la comunidad.

Posteriormente, se desarrollan los detalles técnicos y constructivos del proceso de ensamble y armado de la vivienda. Esta fase, crucial para garantizar la calidad y seguridad de la construcción, implica la elaboración de planos detallados y la selección cuidadosa de materiales. Se busca optimizar el proceso de construcción mediante la estandarización de componentes y la simplificación de los métodos de montaje, con el fin de reducir costos y tiempos de ejecución.

Finalmente, se lleva a cabo una evaluación integral de la propuesta del prototipo de vivienda modular ensamblable mediante el sistema wood frame. Esta evaluación, que combina análisis cuantitativos y cualitativos, permite evaluar la eficiencia estructural, los costos, los tiempos de construcción y la facilidad de montaje de la propuesta. Se identifican áreas de mejora y se validan las conclusiones, asegurando así la viabilidad y pertinencia de la solución propuesta en el contexto específico del Municipio de Mesitas, del Colegio.

Marco referencial

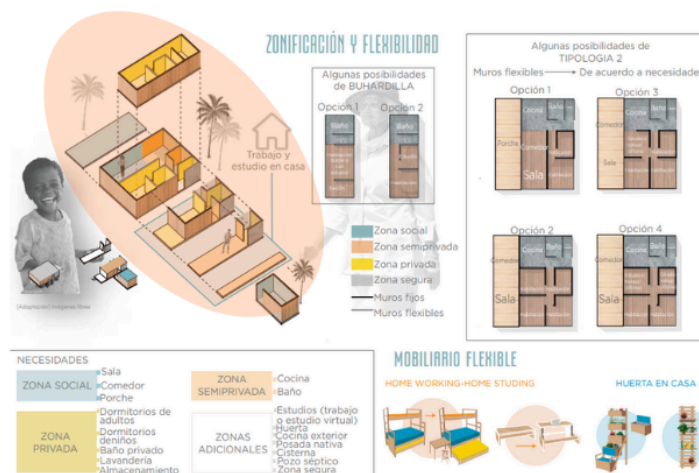
Island Shelter House: Vivienda progresiva y flexible en el municipio de Providencia y Santa Catalina

La propuesta arquitectónica del "Island Shelter House" en el municipio de Providencia y Santa Catalina representa una respuesta innovadora a los desafíos contemporáneos de la vivienda, en los cuales destacamos tres pilares fundamentales: flexibilidad, modularidad y adaptabilidad. Estos principios, intrínsecamente entrelazados, conforman la esencia misma de este proyecto vanguardista.

La flexibilidad espacial del Island Shelter House se erige como una característica distintiva. En lugar de concebir el espacio habitable como estático y predefinido, se propone una dinámica transformación que se adapta a las necesidades cambiantes de los usuarios. Esta flexibilidad se traduce en la capacidad de modificar el diseño interior según las preferencias individuales, gracias a soluciones ingeniosas como paredes móviles y configuraciones versátiles de mobiliario. Así, el espacio habitable se convierte en un lienzo en blanco, listo para ser moldeado por la creatividad y las exigencias de quienes lo habitan.

Figura 5.

Presentación del referente Island Shelter House zonificación y flexibilidad



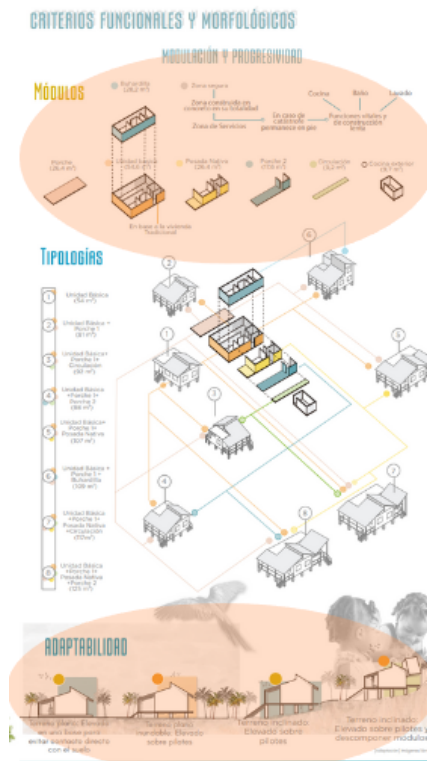
Tomada de: documento del proyecto Island Shelter House: Vivienda progresiva y flexible en el municipio de Providencia y Santa Catalina, Anexo 1, Corredor, L. A. Ochoa, N. V. ,2022,(<http://hdl.handle.net/11396/7238>)

La modularidad, por su parte, emerge como el fundamento estructural del proyecto. Al basarse en la seriación y repetición de elementos modulares, el Island Shelter House ofrece un enfoque constructivo eficiente y adaptable. Estas unidades modulares, meticulosamente diseñadas, permiten una variedad de configuraciones arquitectónicas, desde viviendas individuales hasta complejos residenciales

más amplios. La modularidad no solo optimiza los procesos de construcción, sino que también fomenta la personalización y la escalabilidad, asegurando que la vivienda evolucione junto con las necesidades y aspiraciones de sus residentes.

Figura 6.

Presentación del referente Island Shelter House criterios funcionales y morfológicos



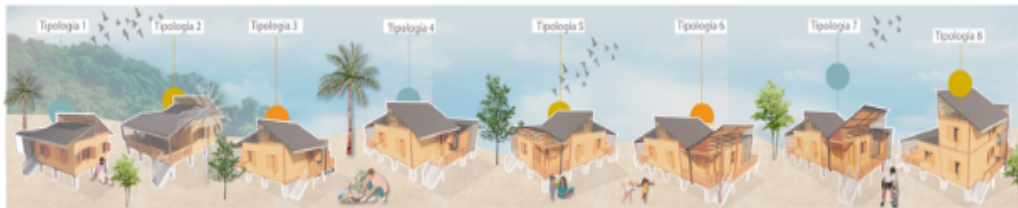
Tomada de: documento del proyecto Island Shelter House: Vivienda progresiva y flexible en el municipio de Providencia y Santa Catalina, Anexo 1, Corredor, L. A. Ochoa, N. V. ,2022,(<http://hdl.handle.net/11396/7238>)

La adaptabilidad del Island Shelter House se manifiesta en su capacidad para integrarse armoniosamente en diferentes entornos y contextos. Gracias a su diseño flexible y su estructura modular, esta vivienda puede adaptarse con facilidad a diversos terrenos y condiciones topográficas, ofreciendo una solución habitacional versátil y sostenible. Además, la adaptabilidad se extiende al

interior de la vivienda, donde la flexibilidad espacial permite ajustes según las cambiantes dinámicas familiares o los requisitos funcionales específicos de los residentes.

Figura 7.

Presentación del referente Island Shelter House tipologías



Tomada de: documento del proyecto Island Shelter House: Vivienda progresiva y flexible en el municipio de Providencia y Santa Catalina, Anexo 1, Corredor, L. A. Ochoa, N. V. ,2022,(<http://hdl.handle.net/11396/7238>)

En conjunto, la flexibilidad, modularidad y adaptabilidad del Island Shelter House constituyen un enfoque integral para la vivienda progresiva y flexible en el municipio de Providencia y Santa Catalina. Este proyecto trasciende las convenciones arquitectónicas tradicionales, ofreciendo una respuesta innovadora y sostenible a las demandas contemporáneas de habitabilidad. Al combinar la creatividad, la eficiencia y la sensibilidad contextual, el Island Shelter House se posiciona como un modelo ejemplar de arquitectura adaptable y centrada en el usuario, capaz de inspirar e influir en futuras iniciativas en el ámbito de la vivienda.

Propuesta: Definiciones de condiciones socioeconómicas y ambientales

Definición condiciones socio-económicas

La caracterización de la población del colegio se despliega como una secuencia de datos demográficos relevantes, que revelan una compleja composición sociodemográfica. En primer lugar, se destaca que el 50.3% de los habitantes son hombres, mientras que el 49.7% son mujeres, evidenciando una distribución de género casi equitativa en la localidad, de igual manera se evidencia en la estructura de población por sexo y grupos de edad un crecimiento en los grupos de edad en las poblacion menores de 20 años.

Figura 8.

Población por sexo

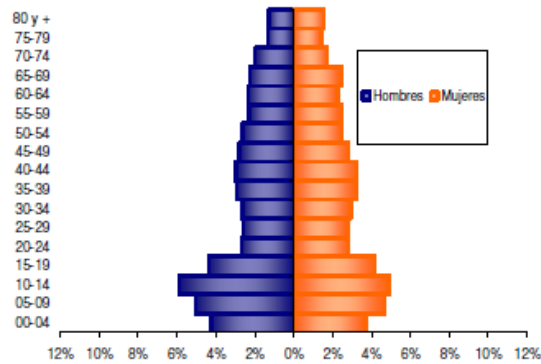


Tomada de: documento Censo general 2005 perfil El colegio, cundinamarca, DANE, 2010, (p.2

https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25245T7T000.PDF)

Figura 9.

Población por sexo

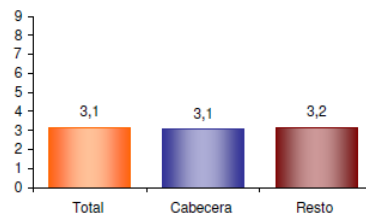


Tomada de: documento Censo general 2005 perfil El colegio, cundinamarca, DANE, 2010, (p.2
https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25245T7T000.PDF)

Al considerar el tamaño promedio de los hogares, se observa que este asciende a 3.1 personas, lo que sugiere una estructura familiar de tamaño moderado en la comunidad. No obstante, es esencial resaltar que la mayoría de los hogares, aproximadamente el 79.4%, tienen 4 o menos miembros, lo cual indica una tendencia hacia la conformación de unidades familiares reducidas.

Figura 10.

Promedio personas por hogar



Tomada de: documento Censo general 2005 perfil El colegio, cundinamarca, DANE, 2010, (p.1
https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25245T7T000.PDF)

Figura 11.

Hogares según número de personas



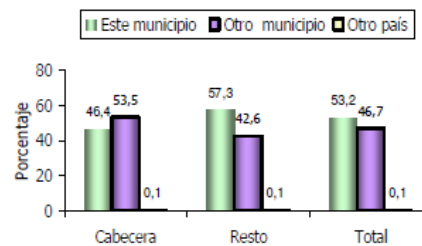
Tomada de: documento Censo general 2005 perfil El colegio, cundinamarca, DANE, 2010, (p.2

https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25245T7T000.PDF)

En lo que respecta al origen geográfico de los residentes, se revela que un significativo 46.8% de la población ha nacido fuera del municipio o incluso del país. Esta diversidad en la procedencia de los habitantes puede influir en la dinámica cultural y social del colegio, así como en sus necesidades y demandas específicas.

Figura 12.

Distribución de la población según lugar de nacimiento



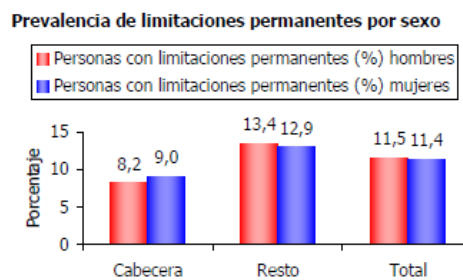
tomada de: documento Censo general 2005 perfil El colegio, cundinamarca, DANE, 2010,(p.4

https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25245T7T000.PDF)

Por otra parte, se identifica que tanto mujeres como hombres enfrentan desafíos relacionados con limitaciones permanentes, con un 11.4% de las mujeres y un 11.5% de los hombres afectados. Esta realidad subraya la importancia de considerar la accesibilidad y la inclusión en las políticas y servicios locales.

Figura 13.

Prevalencia de limitaciones permanentes por sexo



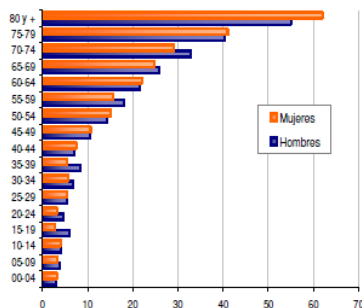
Tomada de: documento Censo general 2005 perfil El colegio, cundinamarca, DANE, 2010, (p.2

https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25245T7T000.PDF)

Finalmente, se evidencia una clara relación entre el envejecimiento de la población y la prevalencia de limitaciones permanentes, siendo el 60% de las personas en esta condición mayores de 60 años. Este hallazgo señala la necesidad de implementar estrategias específicas para atender las necesidades de la población adulta mayor y promover su bienestar integral.

Figura 14.

Prevalencia de limitaciones permanentes por grupos de edad y sexo



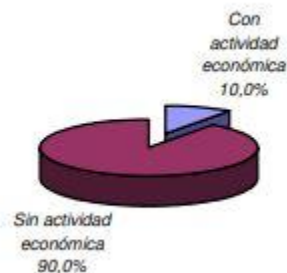
Tomada de: documento Censo general 2005 perfil El colegio, cundinamarca, DANE, 2010,(p.4
https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25245T7T000.PDF)

Por otro lado la caracterización económica del colegio emerge a través de una secuencia de datos relevantes que ofrecen una visión integral de su actividad económica local:

En primer lugar, se identifica que el 10.0% de los hogares participa en alguna forma de actividad económica dentro de sus viviendas. Esta práctica refleja una dinámica económica donde el ámbito doméstico se convierte en un espacio para la generación de ingresos, lo que puede influir en la economía local y en la distribución del trabajo.

Figura 15.

Hogares con actividad económica



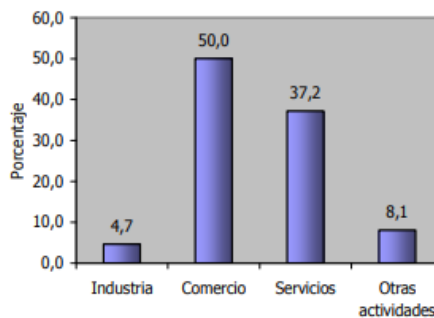
Tomada de: documento Censo general 2005 perfil El colegio, cundinamarca, DANE, 2010, (p.1

https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25245T7T000.PDF)

A continuación, se destaca la distribución de establecimientos según su actividad principal. El 4.9% de los establecimientos se dedica a la industria, mientras que el 54.4% está orientado al comercio, el 39.9% a servicios, y un 0.7% se dedica a otra actividad. Esta variedad de sectores señala una economía diversificada en el colegio, con una fuerte presencia en los sectores comercial y de servicios, que son fundamentales para la dinámica económica local.

Figura 16.

Establecimientos según actividad económica



Tomada de: documento Censo general 2005 perfil El colegio, cundinamarca, DANE, 2010, (p.5

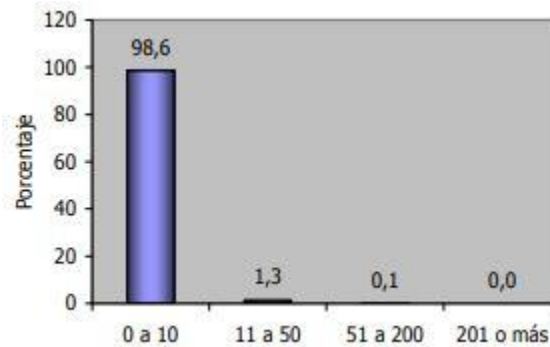
https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25245T7T000.PDF)

Al considerar la distribución por tamaño de establecimiento y actividad, se observa una tendencia interesante. En los establecimientos con 0-10 empleados, el comercio prevalece como la actividad más común, representando el 57.4% de estos negocios. Por otro lado, en los establecimientos con 11 a 50 empleados, los servicios emergen como dominantes, abarcando el 93.3% de las actividades.

Esta diferenciación sugiere una especialización sectorial que puede estar influenciada por la capacidad de recursos y la demanda del mercado local.

Figura 17.

Establecimientos según la escala de personas ocupadas el mes anterior al censo

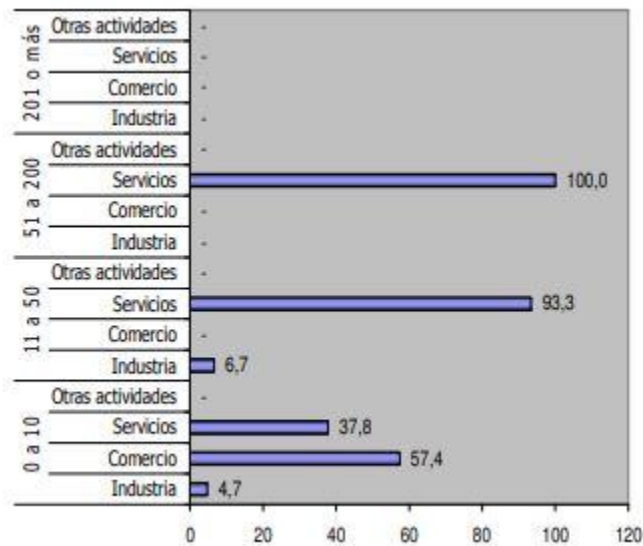


Tomada de: documento Censo general 2005 perfil El colegio, cundinamarca, DANE, 2010, (p.5

https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25245T7T000.PDF)

Finalmente, se destaca que el 98.6% de los establecimientos emplea entre 1 y 10 trabajadores, lo que refleja una predominancia de micro y pequeñas empresas en el entramado económico del colegio. Esta distribución del empleo es fundamental, ya que las pequeñas empresas suelen ser motores de la economía local, contribuyendo al dinamismo empresarial y al desarrollo económico de la comunidad.

Figura 18. Establecimientos según la escala de personal por actividad económica



Tomada de: documento Censo general 2005 perfil El colegio, cundinamarca, DANE, 2010, (p.5

https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/25245T7T000.PDF)

En conclusión, se desarrolla el programa arquitectónico propuesto se fundamenta en una secuencia lógica de ideas, diseñado para satisfacer las necesidades habitacionales de distintos tipos de hogares. Se inicia con la identificación de los espacios principales indispensables en una vivienda, los cuales comprenden el Baño, la Cocina, la Habitación Principal y una Habitación Secundaria. Estos espacios se consideran esenciales, ya que abarcan las necesidades básicas de los usuarios y constituyen la base funcional de cualquier hogar.

Con base en esta premisa, se establecen dos tipos de módulos principales. El primero, denominado tipo 1, está compuesto por los espacios mencionados anteriormente: Baño, Cocina, Habitación Principal y Habitación Secundaria. Este módulo se concibe para satisfacer las necesidades de hogares conformados por un promedio de 3 y 2 personas respectivamente, teniendo en cuenta las dimensiones habituales de las unidades familiares.

Por otro lado, se desarrolla el módulo principal tipo 2, concebido específicamente para hogares más reducidos, compuestos por 1 y/o 2 personas. Este módulo conserva los elementos esenciales de baño, cocina y habitación principal, pero incorpora un módulo secundario en lugar de una habitación secundaria. Esta adaptación permite una distribución más eficiente del espacio, acorde con las necesidades y dimensiones de estos hogares más pequeños.

El programa arquitectónico concebido se estructura como una sucesión coherente de ideas, cuidadosamente diseñado para abordar las necesidades habitacionales de manera integral. Se inicia con la distinción entre los espacios principales y secundarios de una vivienda, reconociendo que mientras los primeros cubren las necesidades fundamentales, como Baño, Cocina, Habitación Principal y Habitación Secundaria, los segundos cumplen funciones complementarias, tales como Sala, Comedor, Garaje, Porche, Estudio, Cuarto de Ropas, Taller, Zona de Comercio, Habitación Terciaria y Baño adicional.

En este contexto, se establece la posibilidad para los usuarios de añadir posteriormente los módulos secundarios a sus viviendas, lo que brinda flexibilidad y permite una adaptación personalizada a las necesidades específicas de cada familia. Esta característica se erige como un elemento distintivo del diseño, promoviendo la participación activa de los habitantes en la configuración de su espacio habitable.

Además, se considera la presencia de actividades económicas en ciertas viviendas, razón por la cual se designan zonas específicas para Taller y Zona de Comercio. Estas áreas se conciben estratégicamente para favorecer el desarrollo de actividades productivas dentro del entorno residencial, contribuyendo así al fortalecimiento del tejido económico local.

En el núcleo del programa arquitectónico se encuentra el desarrollo del prototipo de vivienda, que comprende los módulos principales mencionados anteriormente. Estos componentes esenciales, como Baño, Cocina, Habitación Principal y Habitación Secundaria, conforman la base funcional del

diseño, proporcionando un espacio habitable y confortable desde el cual los usuarios pueden expandirse según sus necesidades.

Así, el programa arquitectónico se ajusta a la diversidad de tamaños de hogares, garantizando una distribución óptima de los espacios y una adecuada cobertura de las necesidades básicas de sus habitantes. Esta estrategia de diseño se fundamenta en un análisis cuidadoso del perfil demográfico y de las características habitacionales, asegurando una solución habitacional versátil y funcional para diferentes contextos familiares.

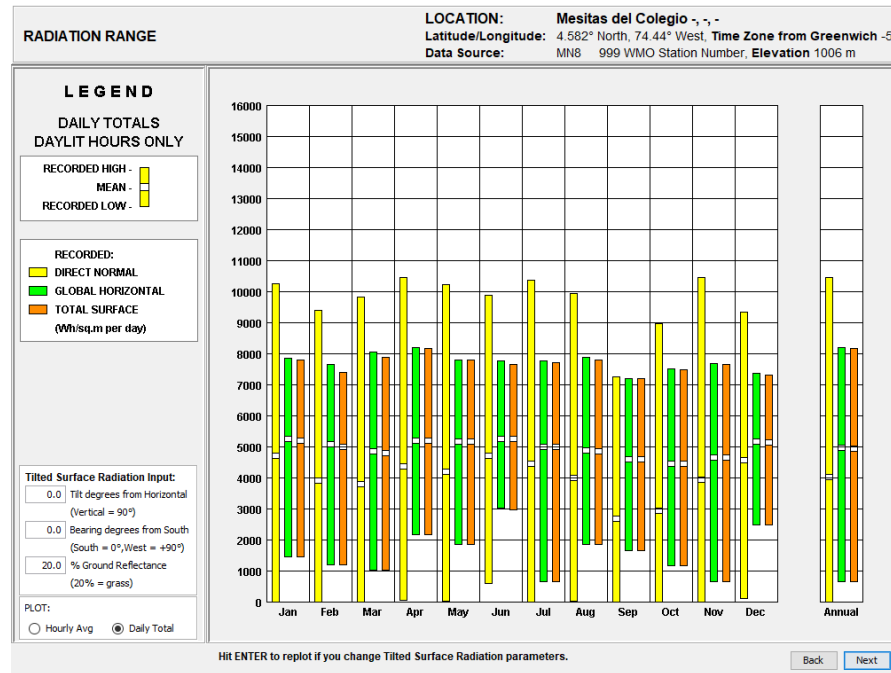
Definición condiciones ambientales

La caracterización ambiental del colegio se erige sobre una secuencia de datos que revelan aspectos fundamentales del entorno físico en el que se sitúa:

Inicialmente, se registra una radiación directa media diaria de 4708 Wh/sq.m, junto con una radiación horizontal media diaria de 5257 Wh/sq.m. Estos valores representan una medida significativa de la energía solar recibida en el área, lo que podría tener implicaciones importantes en términos de disponibilidad de recursos energéticos renovables y en la viabilidad de implementar sistemas de energía solar en el colegio.

Figura 19.

Rango de radiación



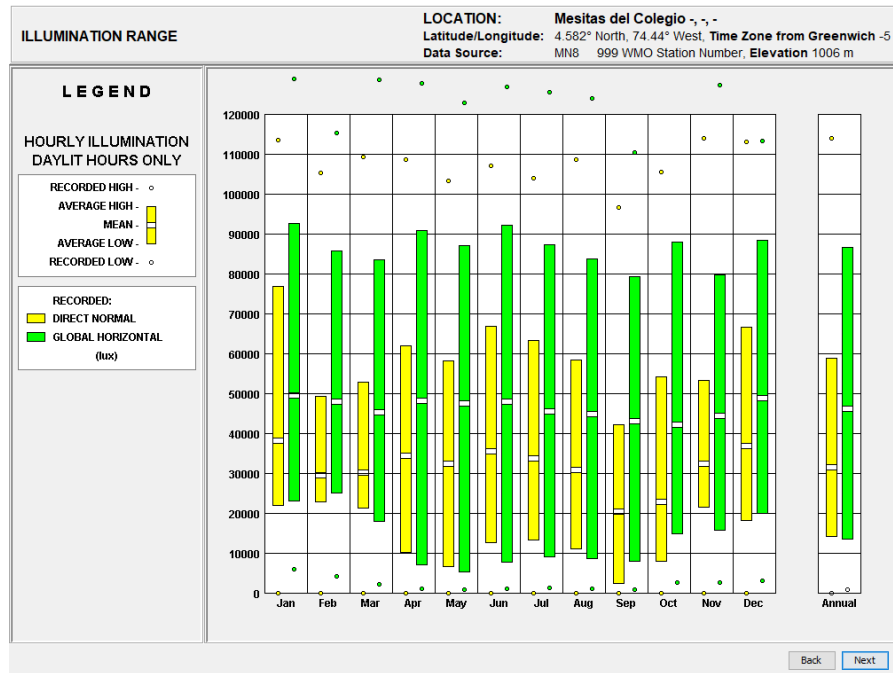
Nota: Elaboración propia mediante el software climate consultant 6.0

Posteriormente, se identifican picos de radiación directa en las horas de la tarde, con un rango máximo alcanzado en una hora de ± 750 Wh/sq.m. Estos picos pueden ser indicativos de una exposición solar intensa durante ciertas franjas horarias, lo que resalta la importancia de implementar medidas de protección contra la radiación ultravioleta y de promover prácticas seguras de exposición solar.

En cuanto a la iluminación, se observa que la iluminación media por hora es de 49549 lux en dirección horizontal y de 38245 lux en dirección directa. Estos datos son cruciales para evaluar la calidad de la iluminación natural en el colegio, un factor que puede incidir directamente en el bienestar y la productividad de sus ocupantes, así como en la eficiencia energética de los espacios interiores.

Figura 20.

Rango de iluminación

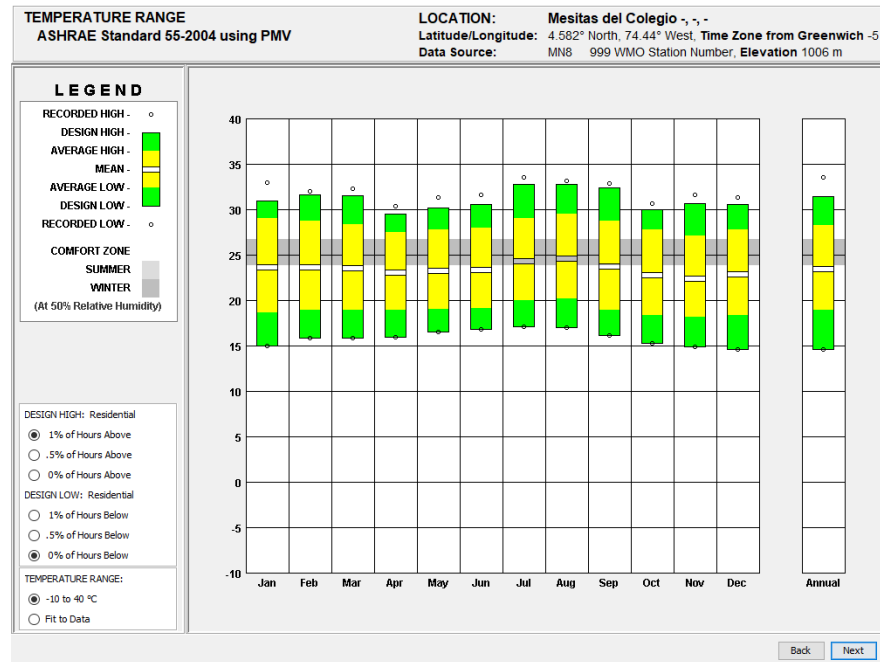


Nota: Elaboración propia mediante el software climate consultant 6.0

Por otra parte, se destaca una temperatura seca media anual de 23°C. Este dato proporciona una visión integral del clima predominante en la zona donde se encuentra el colegio, lo cual resulta fundamental para el diseño arquitectónico y el confort térmico de los usuarios.

Figura 21.

Rango de temperatura

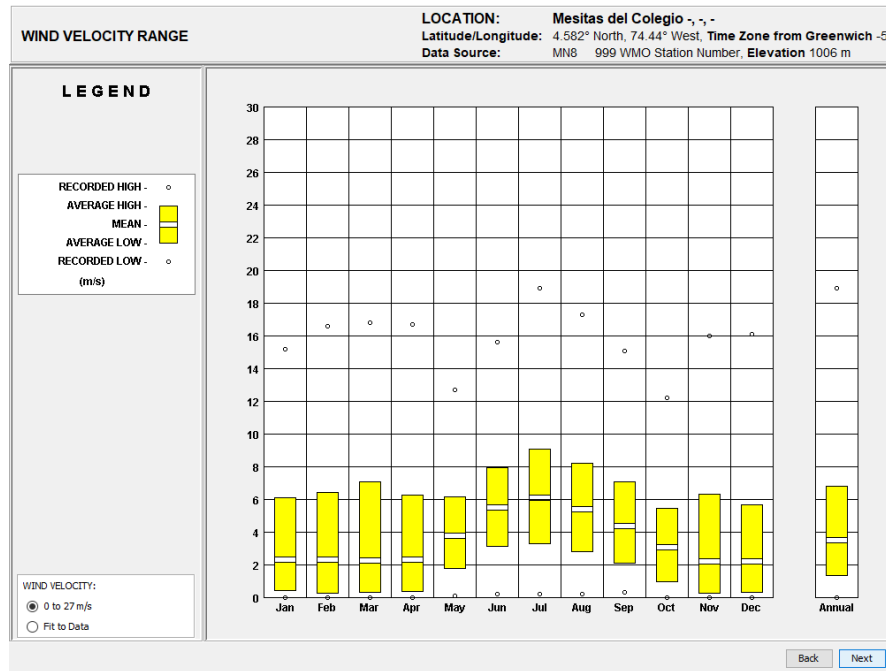


Nota: Elaboración propia mediante el software climate consultant 6.0

Posteriormente, se analiza el rango de velocidad de los vientos, con una media anual de 3.1 m/s. Esta medida proporciona información relevante sobre la dinámica del viento en la zona, un aspecto crucial para evaluar la ventilación natural de los espacios y la viabilidad de implementar sistemas de energía eólica en el colegio.

Figura 22.

Velocidad de viento

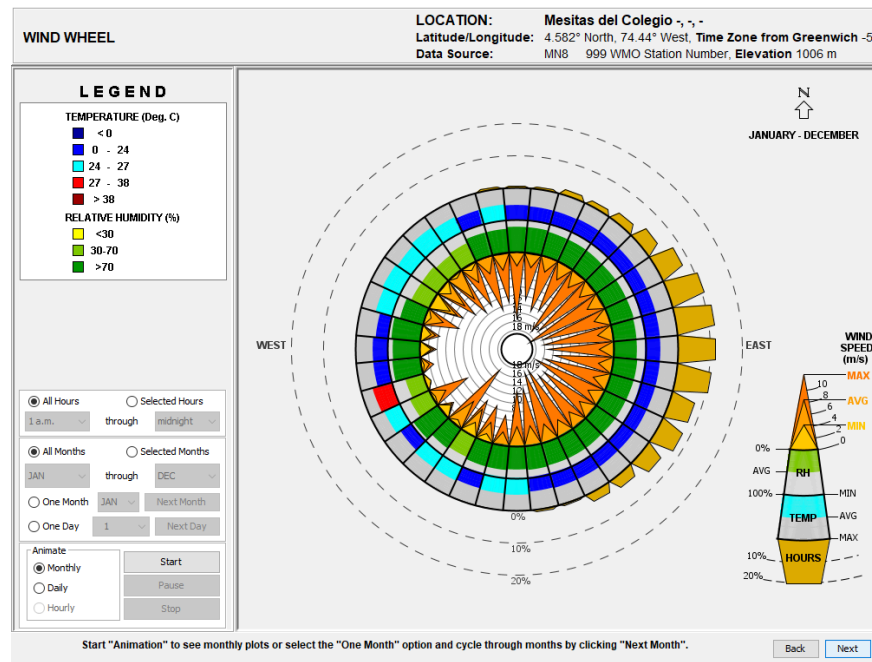


Nota: Elaboración propia mediante el software climate consultant 6.0

En junio, el mes de mayor intensidad, la velocidad del viento puede ascender a 6 m/s. Este dato subraya la variabilidad climática que puede experimentar la región durante ciertas épocas del año, lo que implica consideraciones importantes en la planificación y gestión de las actividades escolares y la seguridad de las instalaciones.

Figura 23.

Rosa de los vientos

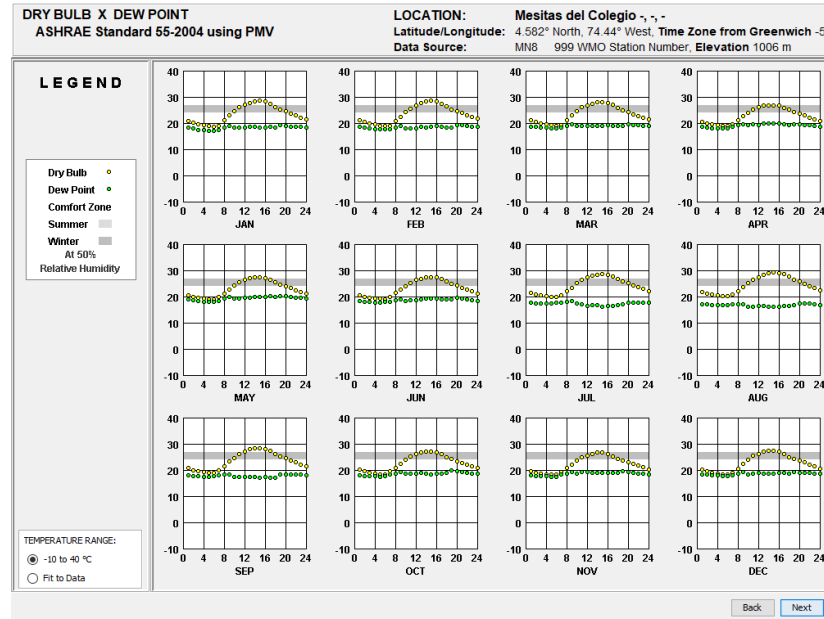


Nota: Elaboración propia mediante el software climate consultant 6.0

Además, podemos concluir que el ambiente descrito tiene características tropicales con una temperatura seca o dry bulb (media anual) de 23°C, un punto de rocío de 18°C y una humedad relativa del 78%. Estos valores sugieren un clima cálido y húmedo durante todo el año.

Figura 24.

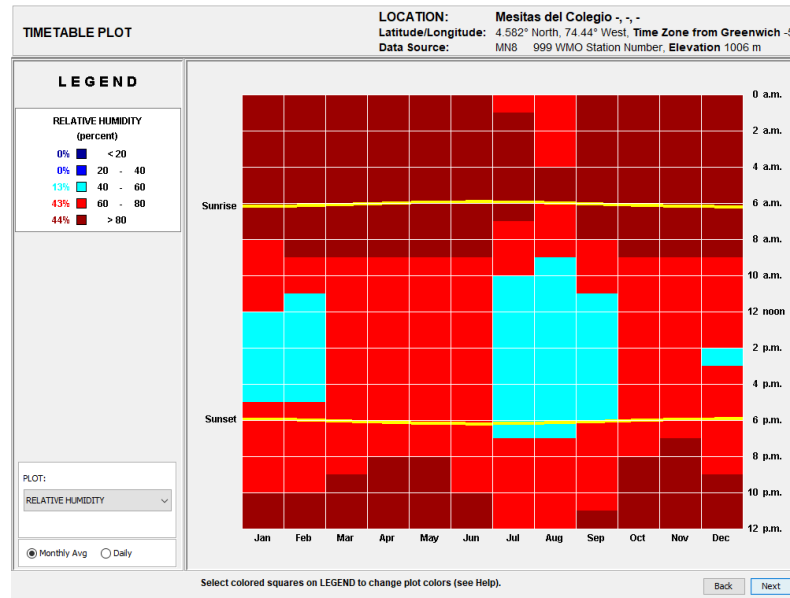
Punto de rocío



Nota: Elaboración propia mediante el software climate consultant 6.0

Figura 25.

Humedad relativa

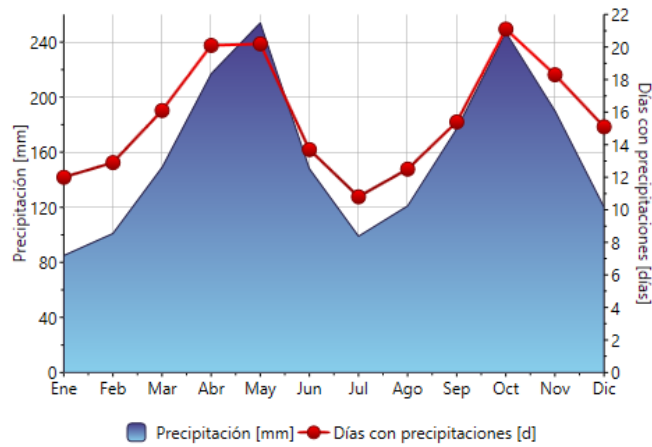


Nota: Elaboración propia mediante el software climate consultant 6.0

Además, la alta precipitación superior a 240 mm en los meses de mayo, junio y octubre indica una marcada estacionalidad en las lluvias, lo que podría influir en la vegetación, en las viviendas y sus estructuras.

Figura 26.

Precipitación

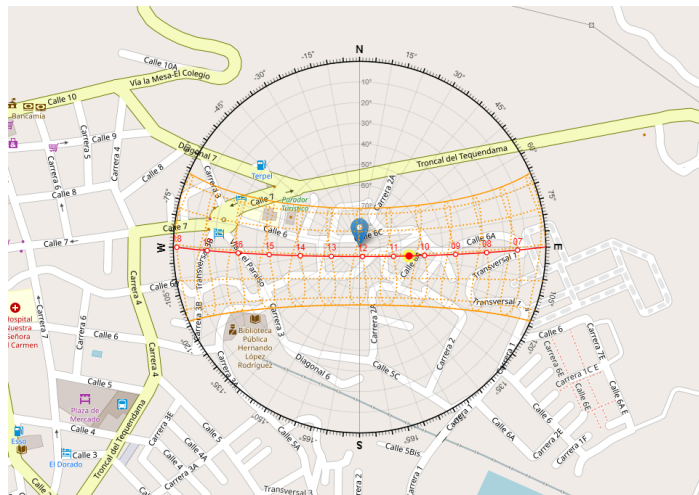


Nota: Elaboración propia mediante el software climate consultant 6.0

Se contabilizan un total de 799 horas de exposición solar con temperaturas superiores a los 27°C, 848 horas con temperaturas superiores a los 24°C y 667 horas con temperaturas inferiores a los 24°C. Estos datos ofrecen una visión detallada de la exposición solar en diferentes rangos de temperatura, lo que puede ser relevante para la planificación de actividades al aire libre y la gestión del confort térmico en el interior de las instalaciones.

Figura 27.

Carta solar con ubicación

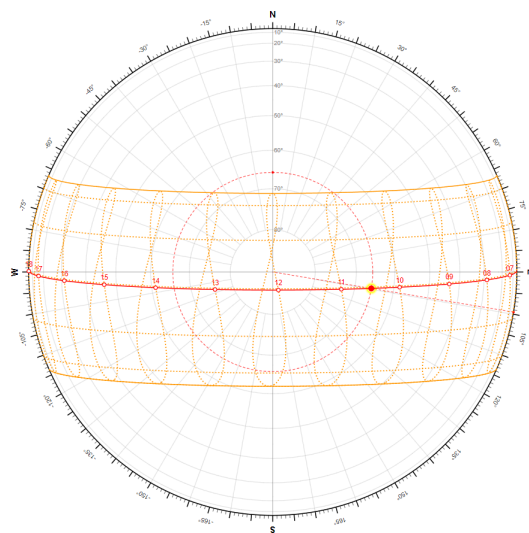


Nota: Elaboración propia mediante el software andrewmarsh.com Sun-Path on Map,

<https://andrewmarsh.com/software/sunpath-on-map-web/>

Figura 28.

Carta solar sin ubicación

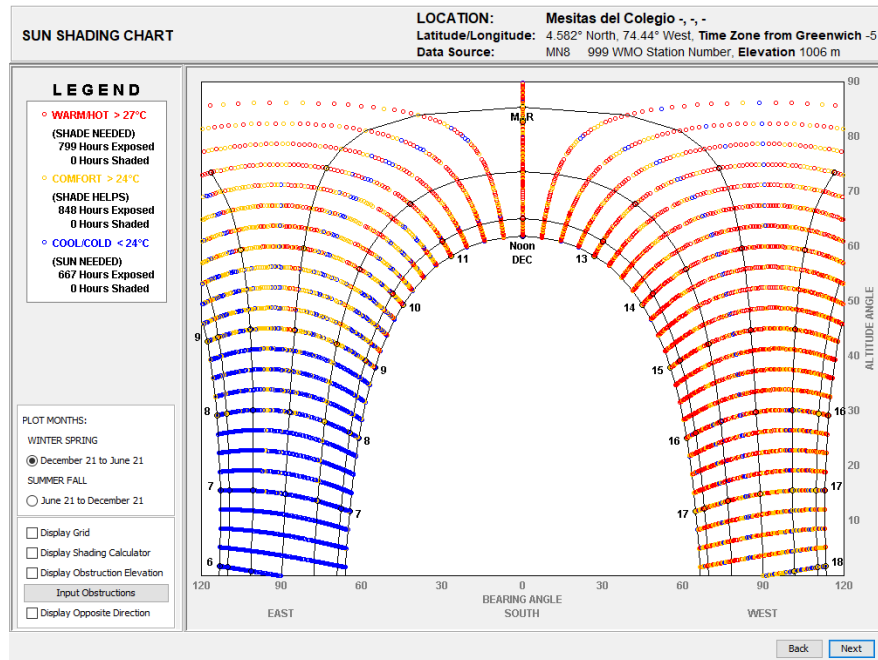


Nota: Elaboración propia mediante el software andrewmarsh.com 2D Sun-Path,

<https://andrewmarsh.com/software/sunpath2d-web/>

Figura 29.

Tabla de protección solar



Nota: Elaboración propia mediante el software climate consultant 6.0

Considerando las últimas caracterizaciones ambientales del colegio, se derivan las siguientes conclusiones:

En primer lugar, la protección contra la radiación solar se erige como una prioridad, dada la exposición significativa a la radiación solar directa. Para abordar este desafío, se sugiere la implementación de estrategias como la instalación de elementos de sombreado en áreas exteriores y fachadas expuestas al sol, así como la promoción de áreas verdes que proporcionen cobertura natural.

En consonancia con lo anterior, se identifica la necesidad de mejorar la aislación térmica de las estructuras del colegio. Este aspecto cobra relevancia ante las fluctuaciones de temperatura registradas y la exposición a picos de calor. La implementación de materiales y técnicas de aislamiento térmico adecuadas ayudaría a mantener condiciones de confort térmico en el interior de los edificios.

Asimismo, se destaca la capacidad fotovoltaica potencial del colegio, dada la alta radiación solar recibida. La instalación de sistemas fotovoltaicos podría aprovechar este recurso renovable para generar electricidad de manera sostenible, lo que contribuiría a la autonomía energética del colegio y a la reducción de su huella ambiental.

Para mejorar la ventilación y la calidad del aire interior, se recomienda la implementación de sistemas de ventilación cruzada y nocturna. Estos sistemas permitirían la circulación de aire fresco durante el día y la noche, reduciendo así la necesidad de utilizar sistemas de climatización mecánica y promoviendo un ambiente saludable para los ocupantes.

En cuanto al diseño arquitectónico, se sugiere la incorporación de barras aerodinámicas en las estructuras del colegio para promover la ventilación natural. Estos elementos podrían aprovechar la velocidad del viento para mejorar el flujo de aire en los espacios habitables, optimizando así el confort térmico de los usuarios.

Además, se advierte sobre el riesgo de puntos de rocío y condensación en horas de la madrugada, dado el nivel de humedad ambiental registrado. Para mitigar este riesgo, se deben implementar medidas adecuadas de ventilación y aislamiento térmico, garantizando un ambiente interior saludable y libre de problemas de humedad.

Finalmente, se propone una zonificación estratégica del colegio, considerando la protección solar y la ventilación cruzada. Esto implica ubicar las zonas de alta ocupación, como aulas y áreas comunes, en lugares que minimicen la exposición directa al sol y promuevan la circulación de aire fresco. Del mismo modo, se debe planificar cuidadosamente la ubicación de los baños para facilitar la ventilación y evitar la acumulación de olores, manteniendo un confort térmico adecuado en un rango de temperatura confortable.

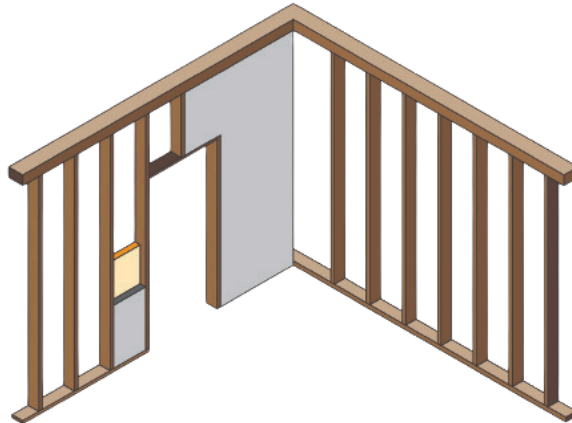
Propuesta: sistema constructivo

Sistema constructivo Wood frame

El sistema wood frame se basa en la construcción de muros mediante la utilización de bastidores de madera y paneles, conformando una estructura ligera pero resistente. La clave de este proceso radica en la construcción de bastidores, que consisten en marcos de madera dispuestos en forma de entramado, proporcionando la estructura esquelética de los muros. Estos bastidores son posteriormente rellenados con paneles de madera, tales como paneles OSB, contrachapado o similares, los cuales se fijan al bastidor para formar tanto la superficie exterior como interior de los muros.

Figura 30.

Woodframe



Tomada de: [archdaily.com](https://www.archdaily.com/890732/steel-frame-and-wood-frame-the-benefits-of-dry-construction-systems) por Matheus Pereira, 2018,

(<https://www.archdaily.com/890732/steel-frame-and-wood-frame-the-benefits-of-dry-construction-systems>)

Un aspecto fundamental en la construcción wood frame es la incorporación de aislamiento térmico y acústico entre los paneles de madera. Este aislamiento, que puede estar compuesto por materiales como fibra de vidrio, lana mineral o espuma rígida, contribuye a mejorar la eficiencia energética y el confort interior de la estructura. Una vez instalados los paneles y el aislamiento, se

procede a añadir los acabados exteriores e interiores, los cuales pueden variar según las preferencias estéticas y funcionales del proyecto. Estos acabados incluyen revestimientos exteriores como siding de vinilo, madera o ladrillo, así como acabados interiores como paneles de yeso o tableros de fibra de densidad media (MDF).

El sistema wood frame presenta diversas ventajas que lo hacen atractivo para constructores y diseñadores. En primer lugar, destaca su rapidez de construcción, lo cual reduce los tiempos de ejecución y los costos asociados al proyecto. Además, la flexibilidad de diseño que ofrece la madera permite una amplia gama de posibilidades arquitectónicas. Asimismo, la eficiencia energética lograda mediante un adecuado aislamiento contribuye a la sostenibilidad del edificio.

A pesar de sus ventajas, el sistema wood frame también presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas. Entre estas se incluye una menor resistencia al fuego en comparación con otros materiales de construcción, así como la necesidad de un mantenimiento periódico para prevenir problemas como la humedad y la degradación de la madera. Es importante abordar estas limitaciones mediante el diseño adecuado de la estructura y la implementación de medidas de seguridad y mantenimiento.

Construcción en madera

La construcción en madera ha sido una práctica arraigada a lo largo de la historia, ofreciendo una serie de ventajas y desventajas que deben ser consideradas en el diseño y la ejecución de proyectos arquitectónicos. Desde su uso como material de revestimiento, aislante o elemento decorativo, hasta su relación resistencia-peso y sus beneficios medioambientales, la madera presenta un amplio abanico de consideraciones para los constructores y diseñadores.

En términos de usos, la madera ofrece una versatilidad única. Como material de revestimiento, proporciona una estética cálida y natural, capaz de conferir un toque de elegancia y confort a cualquier

espacio. Además, su uso como aislante térmico y acústico es notable, permitiendo un mejor control de la temperatura interior y reduciendo la transmisión de ruido. Asimismo, la madera puede desempeñar un papel importante en la decoración interior, añadiendo textura, calidez y carácter a los ambientes.

En cuanto a su relación resistencia-peso, la madera es sorprendentemente fuerte en comparación con su peso. Esto significa que, a pesar de ser un material liviano, puede soportar cargas significativas, lo que la convierte en una opción atractiva para una variedad de aplicaciones estructurales.

Desde una perspectiva medioambiental, la construcción en madera presenta varias ventajas. En primer lugar, la madera es un recurso renovable, ya que proviene de árboles que pueden ser replantados y cultivados de manera sostenible. Además, su procesamiento y fabricación requieren menos energía en comparación con otros materiales de construcción, lo que resulta en una menor huella de carbono. Además, la madera tiene la capacidad única de almacenar carbono, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático.

Sin embargo, también existen desventajas que deben ser consideradas. La madera es susceptible al deterioro por insectos, hongos y condiciones climáticas extremas, lo que puede requerir un mantenimiento regular y tratamientos protectores. Además, su combustibilidad es un factor a tener en cuenta en términos de seguridad contra incendios, aunque con el tratamiento adecuado puede mitigar este riesgo.

La madera es un material de construcción versátil y sostenible que ofrece una serie de ventajas tanto en términos de usos prácticos como en su papel como material estructural. Por otro lado la construcción en madera también presenta algunas desventajas y limitaciones que deben ser consideradas en el proceso de diseño, y es conveniente conocerlas, señaladas a continuación:

Ventajas de la madera en la construcción:

1. La madera se puede utilizar en una amplia variedad de aplicaciones, desde estructuras principales hasta elementos de revestimiento y decorativos. Su flexibilidad permite adaptarse a diferentes estilos arquitectónicos y necesidades de diseño.

2. La madera es un material ligero y fácil de trabajar, lo que facilita y acelera el proceso de construcción. Los componentes de madera prefabricados pueden ser fabricados en talleres y ensamblados en el lugar de construcción, lo que reduce el tiempo de obra.

3. A pesar de ser un material relativamente ligero, la madera tiene una sorprendente resistencia estructural. Su relación resistencia-peso es muy alta en comparación con otros materiales de construcción, lo que la hace ideal para la construcción de estructuras eficientes y duraderas.

4. La madera es un recurso renovable y biodegradable, lo que la convierte en una opción ambientalmente amigable para la construcción. Su producción requiere menos energía y emite menos contaminantes en comparación con otros materiales de construcción como el acero o el hormigón.

5. La madera tiene excelentes propiedades como aislante térmico y acústico, lo que contribuye a mejorar la eficiencia energética de los edificios. Su capacidad para regular la temperatura interior y reducir la transmisión de ruido puede conducir a ahorros significativos en costos de calefacción, refrigeración y acondicionamiento acústico.

6. Con el tratamiento adecuado, la madera puede ser tan duradera como otros materiales de construcción. Además, en caso de daño, es más fácil y económico reparar o reemplazar elementos de madera que otros materiales como el acero o el hormigón.

7. Una de las ventajas más destacadas de la construcción en madera es su capacidad para permitir modificaciones o ampliaciones en una construcción existente sin la necesidad de realizar grandes demoliciones. Debido a su naturaleza maleable y ligera, la madera puede ser fácilmente cortada, perforada o unida para crear nuevas estructuras o realizar ajustes en las existentes. Esto ofrece una gran

flexibilidad en el diseño y la adaptación de los espacios según las necesidades cambiantes de los usuarios o los requerimientos del proyecto.

Desventajas de la madera en la construcción:

1. La madera es un material orgánico y, como tal, es susceptible al deterioro causado por insectos, hongos y condiciones climáticas adversas. Sin un adecuado tratamiento y mantenimiento, la madera puede pudrirse, deteriorarse o ser atacada por plagas, lo que puede comprometer la integridad estructural de la construcción y reducir su vida útil.

2. Aunque la madera puede ser tratada con retardantes de fuego para mejorar su resistencia al fuego, sigue siendo combustible en comparación con otros materiales de construcción como el acero o el concreto. Esto significa que las estructuras de madera están en mayor riesgo de sufrir daños en caso de incendio, lo que puede poner en peligro la seguridad de los ocupantes y la estabilidad del edificio.

3. Aunque la madera es un material estructural eficiente en términos de resistencia-peso, tiene sus limitaciones en términos de grandes luces y alturas. Las vigas de madera pueden deformarse o flexionarse bajo cargas pesadas o en grandes claros, lo que puede requerir refuerzos adicionales o el uso de otros materiales para garantizar la estabilidad estructural.

4. La madera es sensible a los cambios en la humedad ambiental, lo que puede provocar deformaciones, hinchazón o contracción de los elementos estructurales. Esto puede afectar la estabilidad y durabilidad de la construcción, especialmente en áreas con altos niveles de humedad o fluctuaciones estacionales significativas.

5. Aunque la madera es un material de construcción relativamente económico en términos de materiales, los costos asociados con su mantenimiento y tratamiento pueden ser significativos a lo largo del tiempo. El mantenimiento regular, incluyendo la aplicación de selladores, pinturas o tratamientos

contra insectos, es necesario para preservar la integridad y apariencia de la madera a lo largo de su vida útil.

Pino amarillo

Por otro lado, la NSR-10 establece que las maderas utilizadas en el sistema wood frame deben cumplir con ciertos estándares de calidad y resistencia. También enfatiza la importancia de utilizar maderas adecuadamente tratadas y certificadas, que garanticen la durabilidad y la resistencia estructural de la construcción. Entre las maderas permitidas para este sistema constructivo, se incluyen especies como el pino amarillo, el cedro, el abeto, el pino radiata, entre otras.

El pino amarillo, conocido por su durabilidad y resistencia, es una de las maderas más utilizadas para construcción y también muy usada en el sistema woodframe. Esta especie ofrece una combinación favorable de características, incluyendo su disponibilidad, su capacidad para resistir la humedad y los insectos, y su facilidad de trabajo.

En cuanto a los requisitos estructurales, la NSR-10 establece criterios para el diseño y la construcción de los elementos de madera utilizados en el sistema wood frame. Se deben considerar aspectos como la resistencia a la compresión, la flexión y la tracción de la madera, así como la capacidad de conexión entre los elementos estructurales. Además, se deben seguir las recomendaciones para el dimensionamiento de los bastidores y la fijación adecuada de los paneles de madera.

Es importante destacar que la NSR-10 también incluye disposiciones específicas para la resistencia sísmica de las construcciones de madera, asegurando que estas cumplan con los estándares de seguridad establecidos para mitigar los efectos de los sismos. Esto puede implicar el uso de refuerzos estructurales adicionales, la implementación de sistemas de sujeción adecuados y el diseño de conexiones resistentes a las cargas sísmicas.

Propuesta: prototipo de vivienda

Memoria descriptiva

En la propuesta de vivienda, se consideraron diversas condiciones fundamentales que contribuyen al diseño eficiente y funcional, teniendo en cuenta el clima, las características del entorno y las necesidades de los usuarios.

Primero, para mitigar la radiación solar durante las horas de la tarde, se propuso extender la cubierta de las viviendas, brindando una mayor protección contra el sol directo. Además, se decidió reubicar los espacios de mayor uso en áreas menos expuestas a la radiación, optimizando así el confort térmico de los ocupantes durante las horas más calurosas del día.

En cuanto al control de la ganancia interna de calor, debido a que la temperatura media en la zona es de 24 °C, la cual se encuentra dentro del rango de confort térmico (22.54 °C a 27.54 °C), se busca minimizar la acumulación de calor en el interior de la vivienda. Para lograrlo, se emplearon cámaras de aire tanto en los muros como en la cubierta, lo que actúa como una barrera aislante que reduce el flujo de calor hacia el interior, garantizando un ambiente confortable para los usuarios.

Asimismo, se consideró la protección ante las barreras aerodinámicas, teniendo en cuenta las velocidades del viento en la región. Se hizo necesario controlar el tamaño de las aberturas en la vivienda, evitando aperturas demasiado grandes que podrían aumentar la exposición a fuertes corrientes de aire. Para ello, se propuso el uso de barreras aerodinámicas estratégicamente ubicadas, que controlan el flujo del viento sin comprometer la ventilación natural.

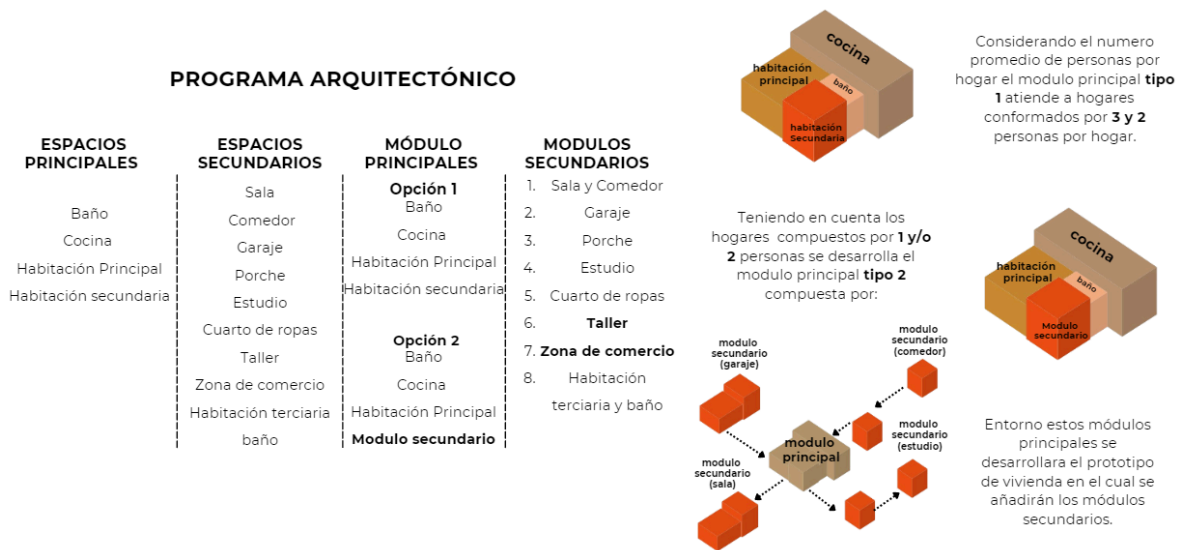
En términos de la ocupación, se tomó en cuenta que el promedio de personas por hogar en el sector es de aproximadamente 3.1 personas, siendo que el 79.4% de los hogares tiene cuatro o menos

habitantes. Este dato fue fundamental para el diseño de los espacios, asegurando que las viviendas respondan a la cantidad de usuarios más común en la zona.

Finalmente, el programa arquitectónico se basó en la identificación de los espacios esenciales que cubren las necesidades básicas de los usuarios, como el baño, la cocina, y las habitaciones principales y secundarias. Además, se contemplaron espacios complementarios o secundarios que pueden ser añadidos por los habitantes conforme a sus necesidades futuras, tales como sala, comedor, garaje, porche, estudio, y zonas de comercio.

Figura 31.

Programa arquitectónico



Nota: Elaboración propia

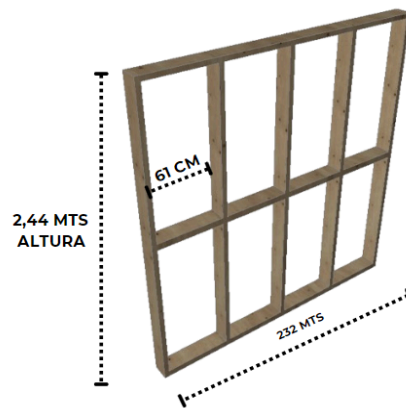
Modulación de los Muros

La modulación en el sistema constructivo wood frame se erige como un principio fundamental para optimizar la eficiencia y calidad en el proceso de construcción de edificaciones. En este enfoque, la estandarización de materiales como el pino amarillo, los tableros y los bastidores desempeña un papel

crucial. El pino amarillo, caracterizado por dimensiones específicas que oscilan entre 14cm y 18cm de ancho por 3.8cm de grosor, y longitudes que varían de 3.66m hasta 6.10m, constituye el elemento primordial para la estructura del woodframe. Estas dimensiones normalizadas permiten una manipulación ágil y un ensamblaje eficiente durante la construcción, garantizando así la integridad y estabilidad estructural del edificio.

Figura 32.

Modulación de los bastidores



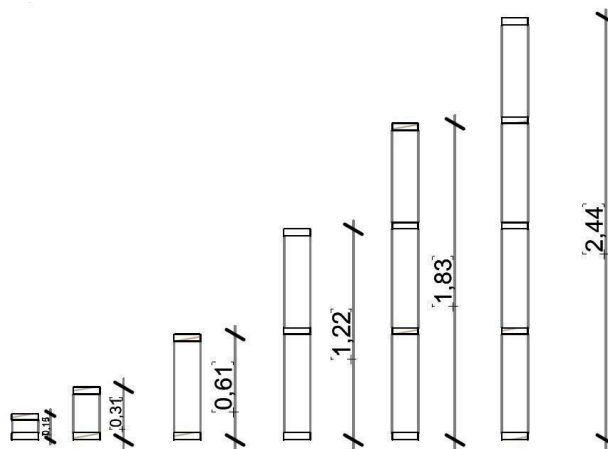
Nota: Elaboración propia

Los bastidores se presentan como la base fundamental para la modulación y sub-modulación de los paneles. La estandarización de estos bastidores, caracterizada por múltiplos de 61 cm, permite una distribución uniforme y adaptable de los paneles en la estructura. Esta modularidad no solo simplifica el proceso de diseño y construcción, sino que también otorga una mayor flexibilidad en la personalización del diseño arquitectónico. Los paneles pueden ser ajustados y combinados según las necesidades específicas del proyecto, permitiendo así una mayor versatilidad y adaptabilidad a distintos contextos y requisitos arquitectónicos.

Por otro lado, los tableros, con una altura estándar de 2.44m y una longitud de 1.22m, cumplen un rol esencial en la conformación de los paneles de cerramiento del sistema wood frame. Al fijarse a la estructura de pino amarillo, estos tableros aportan rigidez y aislamiento al conjunto edificado. La uniformidad en las dimensiones de estos tableros facilita su manipulación y montaje, contribuyendo a una ejecución precisa y eficiente del proyecto.

Figura 33.

Modulación de los muros



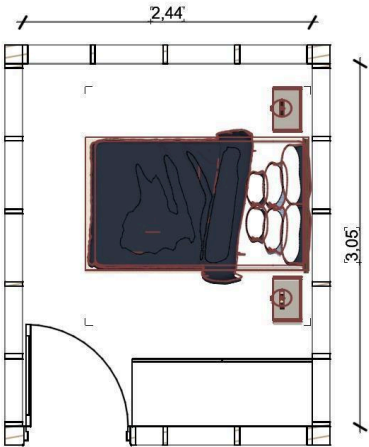
Nota: Elaboración propia

Espacios principales

Considerando la modulación de los paneles se desarrollan los espacios individualmente, en vista de la correcta funcionalidad de los mismos como se muestra a continuación:

Figura 34.

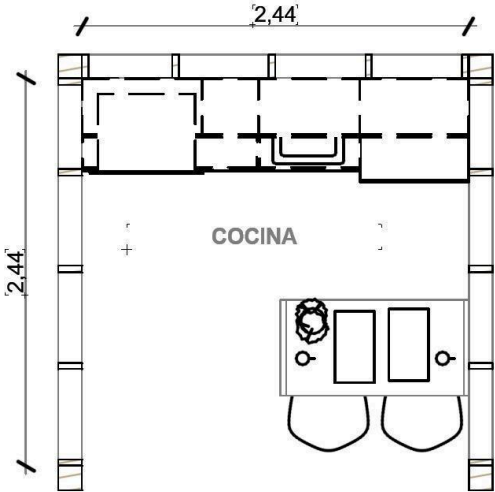
Habitación principal



Nota: Elaboración propia

Figura 35.

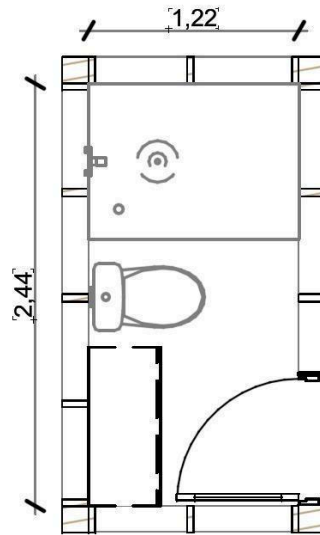
Cocina



Nota: Elaboración propia

Figura 36.

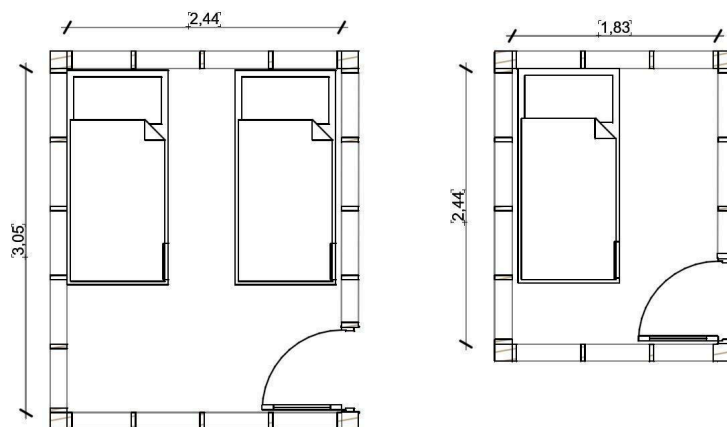
Baño



Nota: Elaboración propia

Figura 37.

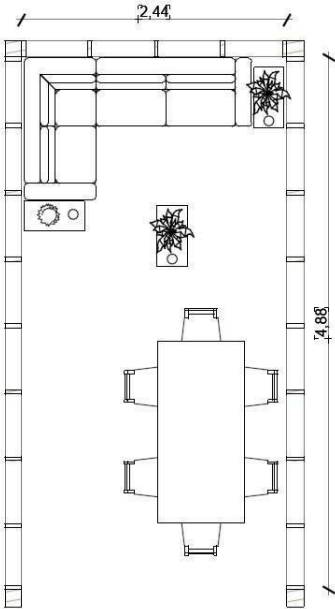
Habitaciones secundarias



Nota: Elaboración propia

Figura 38.

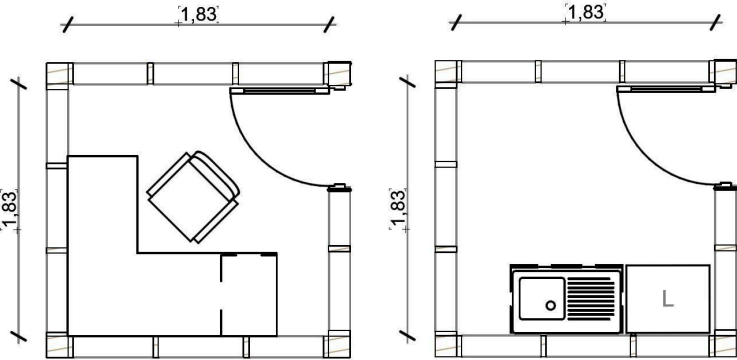
Sala - Comedor



Nota: Elaboración propia

Figura 39.

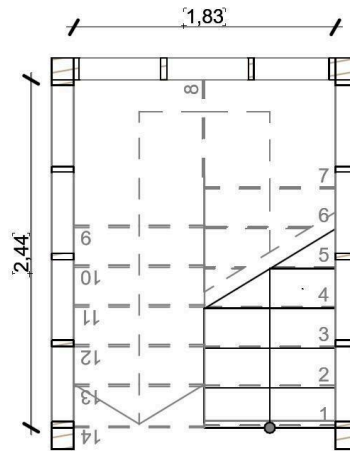
Estudio y cuarto de ropas



Nota: Elaboración propia

Figura 40.

Escaleras



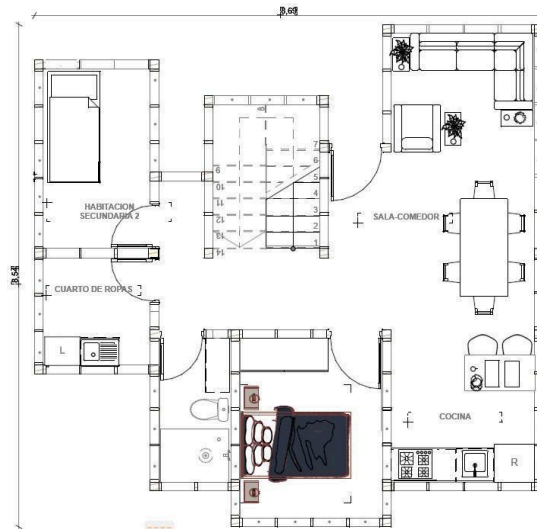
Nota: Elaboración propia

Unidades de vivienda principales

Teniendo en cuenta lo anterior se desarrolla los módulos Principales tipo 1 compuesto por Baño, Habitación principal, Habitación secundaria y cocina, y por otro lado la opción 2 1 compuesto por Baño, Habitación principal, cocina y un módulo secundario, siendo este último a elección del usuario, como se observa a continuación:

Figura 41.

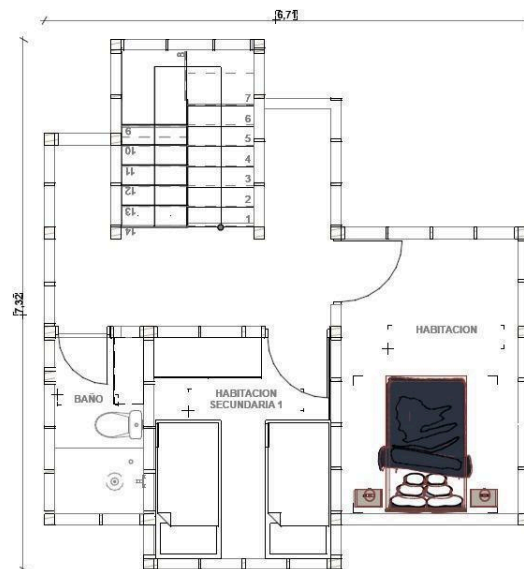
Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 1, etapa 1



Nota: Elaboración propia

Figura 42.

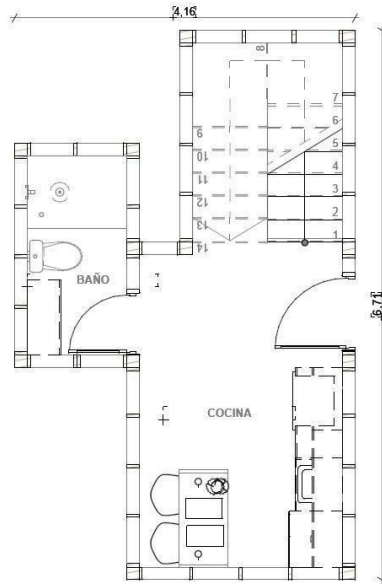
Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 2, etapa 1



Nota: Elaboración propia

Figura 43.

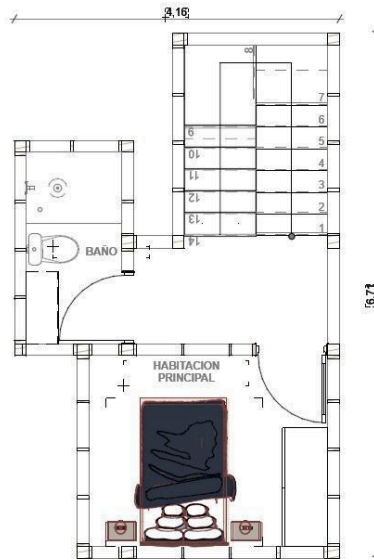
Plano unidad de vivienda principal tipo 2 piso 1, etapa 1



Nota: Elaboración propia

Figura 44.

Plano unidad de vivienda principal tipo 2 piso 2, etapa 1



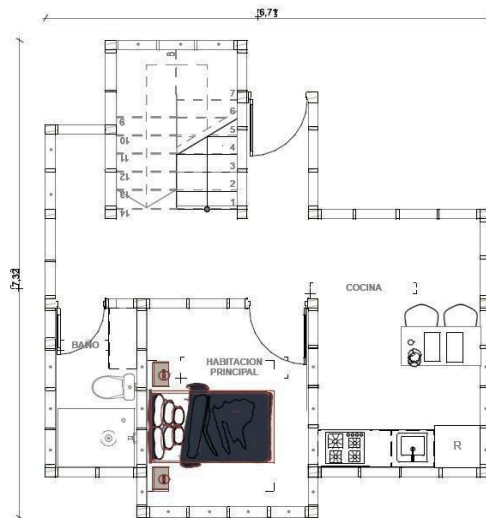
Nota: Elaboración propia

Progresividad

Una vez que se ha concluido el desarrollo de las unidades de vivienda principales, se procede a desarrollar la progresión gradual que se pretende aplicar a dichas unidades, las cuales han sido previamente presentadas. En este sentido, se incorporan distintos espacios secundarios sin ocasionar alteraciones significativas en su espacialidad y mucho menos en su estructura. Es importante destacar que la unidad principal puede operar de manera efectiva durante el proceso de construcción de estos espacios adicionales, para posteriormente funcionar de manera óptima una vez culminada la construcción. A continuación, se detalla el progreso evolutivo de la vivienda:

Figura 45.

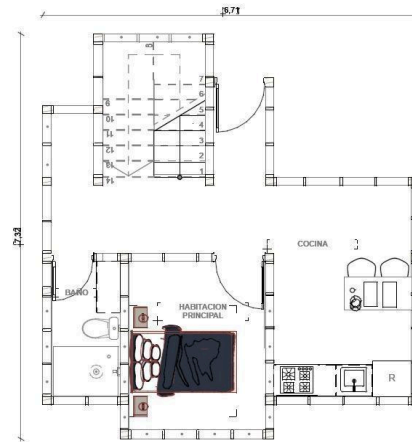
Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 1, etapa 1



Nota: Elaboración propia

Figura 46.

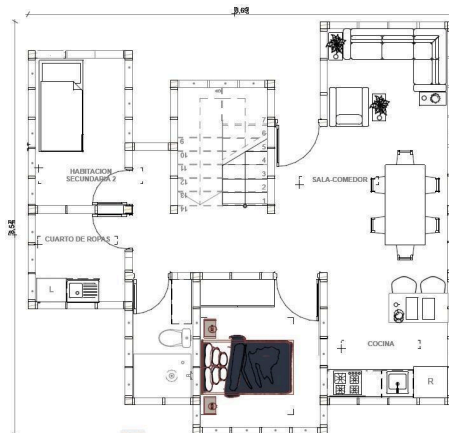
Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 2, etapa 1



Nota: Elaboración propia

Figura 47.

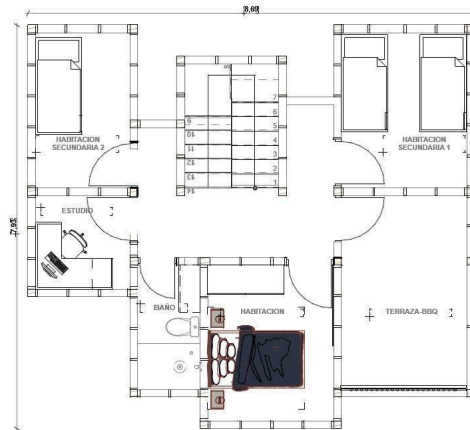
Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 1, etapa 2



Nota: Elaboración propia

Figura 48.

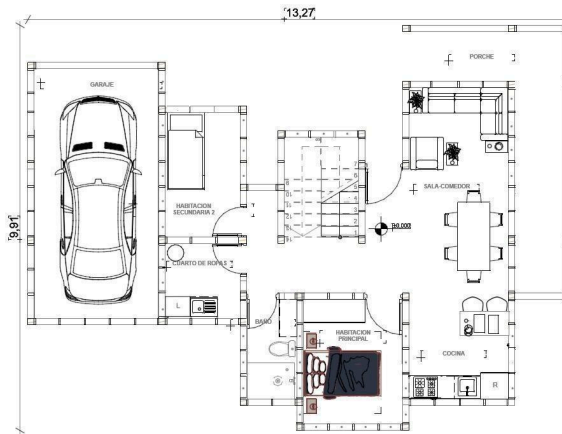
Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 2, etapa 2



Nota: Elaboración propia

Figura 49.

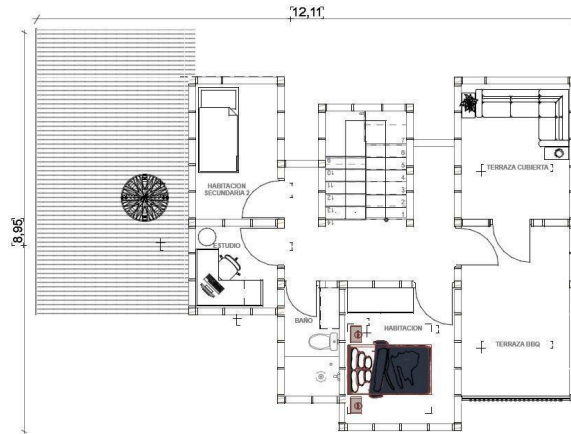
Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 1, etapa 3



Nota: Elaboración propia

Figura 50.

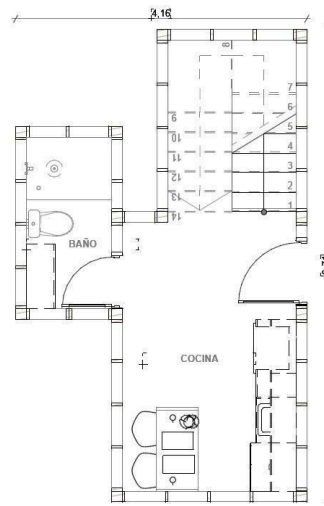
Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 2, etapa 3



Nota: Elaboración propia

Figura 51.

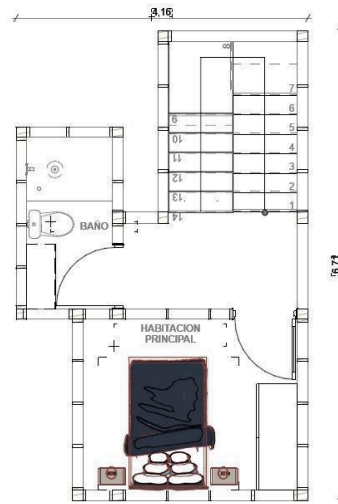
Plano unidad de vivienda principal tipo 2 piso 1, etapa 1



Nota: Elaboración propia

Figura 52.

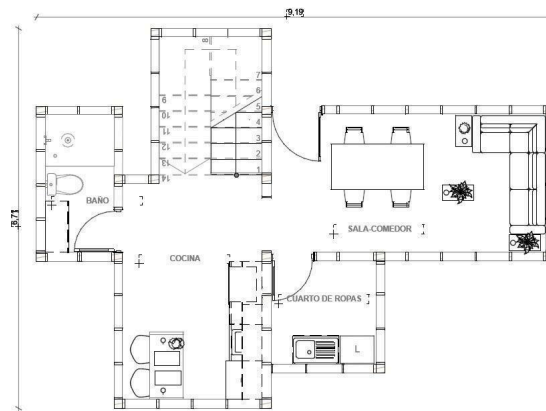
Plano unidad de vivienda principal tipo 2 piso 2, etapa 1



Nota: Elaboración propia

Figura 53.

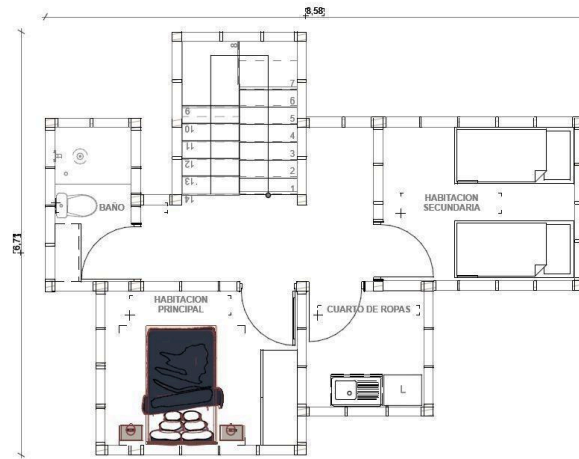
Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 1, etapa 2



Nota: Elaboración propia

Figura 54.

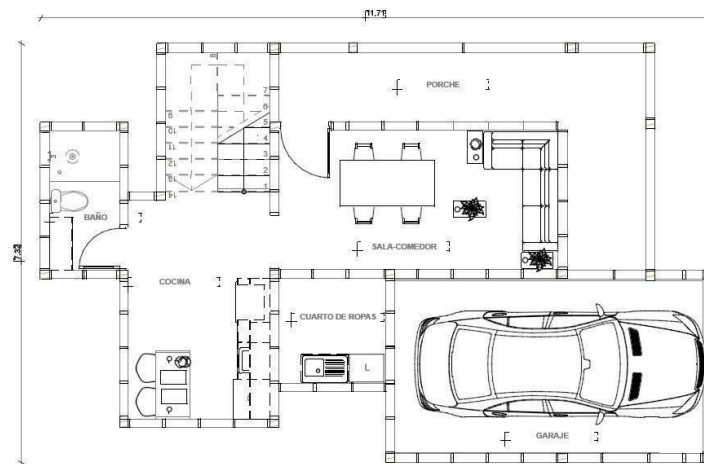
Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 2, etapa 2



Nota: Elaboración propia

Figura 55.

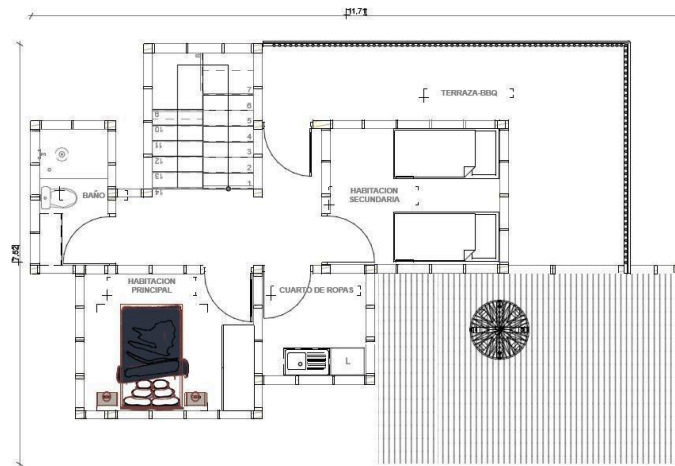
Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 1, etapa 3



Nota: Elaboración propia

Figura 56.

Plano unidad de vivienda principal tipo 1 piso 2, etapa 3



Nota: Elaboración propia

Con esto se organiza la progresividad de la unidad de vivienda en 3 etapas como se muestra a continuación:

Figura 57.

Progresividad de la unidad de vivienda tipología 1



Nota: Elaboración propia

Figura 58.

Progresividad de la unidad de vivienda tipología 2

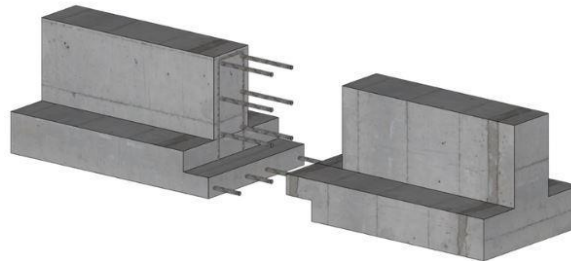


Nota: Elaboración propia

Además se desarrollan los detalles constructivos que responden a la progresividad constructiva de la vivienda en los cuales se encuentran:

Figura 59.

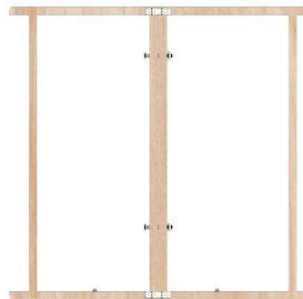
Detalle unión de cimentación



Nota: Elaboración propia

Figura 60.

Detalle unión de muros



Nota: Elaboración propia

Propuesta: detalles constructivos

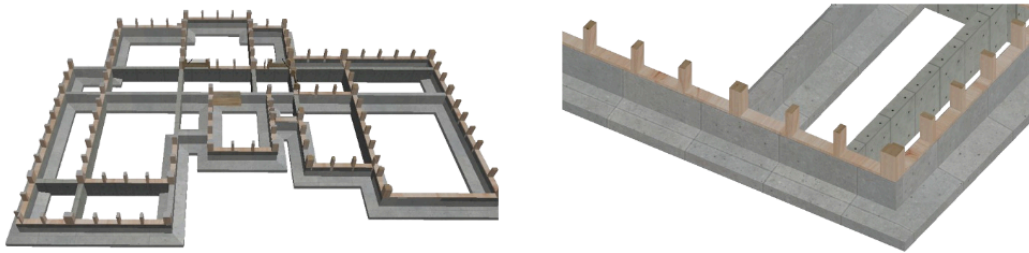
Una vez que la vivienda ha sido consolidada, se procede a definir el detalle constructivo de la propuesta, señalando así cómo es que funciona la estructura de la vivienda.

Cimentación

Dado que el proyecto se desarrolla con el sistema constructivo wood frame una de las principales inquietudes, es como se va a funcionar la cimentación de la propuesta, para ello decidimos solucionar el proyecto utilizando una zapata corrida mas de manera perimetral como se muestra en la siguiente imagen.(véase Anexo A del proyecto de Jimenez & Torrenegra, 2024).

Figura 61.

Detalle cimentación

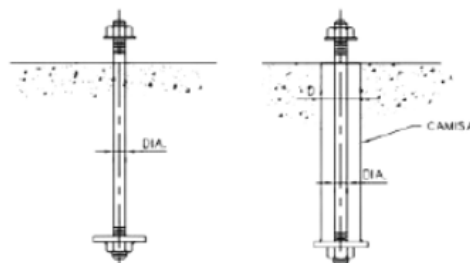


Nota: Elaboración propia

La manera en la que se amarrara la cimentación con el muro, será a través de un tornillo de anclaje embebido, que se instalará en cada espacio entre bastidores asegurando adecuadamente el panel al cimientto.

Figura 62.

Detalle tornillo de anclaje embebido



Nota: Elaboración propia

Muro

El muro compuesto por los bastidores y la modulación previamente definida, termina con la adición de un tablero de Oriented Strand Board (OSB) para el interior, el cual será posteriormente repellido y pintado. En el exterior, se aplicará una lámina de fibrocemento Eterboard, seleccionada específicamente por su capacidad para resistir la humedad y proporcionar el aislamiento térmico requerido en función de las condiciones ambientales circundantes.(véase Anexo A del proyecto de Jimenez & Torrenegra, 2024).

Figura 63.

Detalle muro wood frame



Nota: Elaboración propia

Acabado suelo

Para el acabado del suelo se utilizará una lámina de OSB la cual servirá de como base para posteriormente poner el acabado final el cual será una lámina de parquet.(véase Anexo A del proyecto de Jimenez & Torrenegra, 2024).

Figura 64.

Detalle acabado suelo



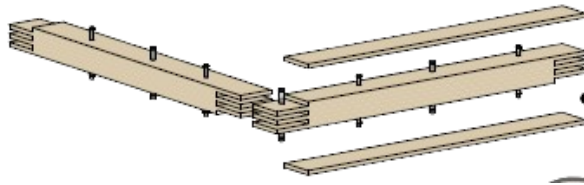
Nota: Elaboración propia

Viga

La construcción de la viga se basará principalmente en sección armada. Para ello, se emplearán seis láminas de madera de pino, las mismas utilizadas en la fabricación de los bastidores de madera. Estas láminas serán apiladas y posteriormente ensambladas utilizando la estrategia conocida como "finger joint" con el propósito de unir las vigas entre sí. Este enfoque nos permite evitar la necesidad de recurrir a una solución con madera maciza, al tiempo que mantenemos la filosofía del wood frame, que consiste en la repetición de estas láminas de madera para conformar una parte significativa de la estructura propuesta.

Figura 65.

Detalle viga



Nota: Elaboración propia

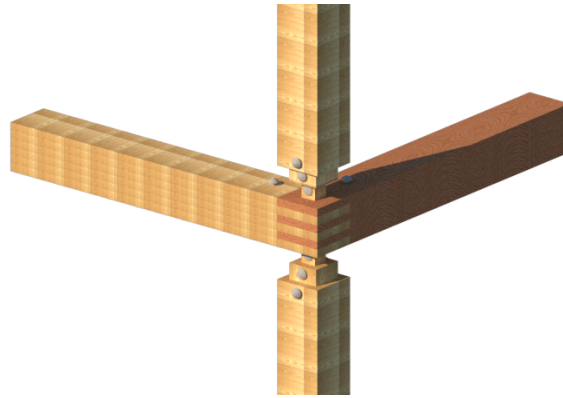
La columna hueca se erige a partir de una estructura de listones de madera similares a los utilizados en las vigas, manteniendo la coherencia en el uso del material y en el concepto de wood frame. Esta columna no es un bloque macizo, sino que se construye de forma segmentada, con espacios internos vacíos, lo que le otorga ligereza y al mismo tiempo facilita su ensamblaje y conexión con las vigas. Los listones de pino se ensamblan cuidadosamente siguiendo un patrón de apilado y unión, utilizando la técnica de "finger joint", similar a la empleada en las vigas, lo que asegura una conexión firme y continua entre los distintos elementos.

A medida que la columna asciende, su sección transversal va reduciéndose gradualmente. Este diseño permite que la columna encaje de manera eficiente en la intersección con las vigas. El punto de conexión entre la columna y las vigas es cuidadosamente planificado, de modo que los listones de madera que forman la columna se alineen con los de las vigas, creando una continuidad estructural que optimiza la distribución de cargas.

Cuando la columna alcanza la altura en la que debe cruzar la unión de dos vigas, se ajusta su dimensión para atravesar la conexión sin comprometer la estabilidad de la estructura. Los listones de madera que componen la columna se entrelazan con los de las vigas en una disposición precisa, de modo que la columna atraviesa la unión de forma limpia y armoniosa, sin requerir modificaciones adicionales en las vigas. Esta solución mantiene la filosofía del wood frame, donde los listones repetidos conforman tanto las vigas como las columnas, asegurando una integración coherente y sólida entre los elementos estructurales. (véase Anexo A del proyecto de Jimenez & Torrenegra, 2024).

Figura 66.

Detalle conexión viga y columna



Nota: Elaboración propia

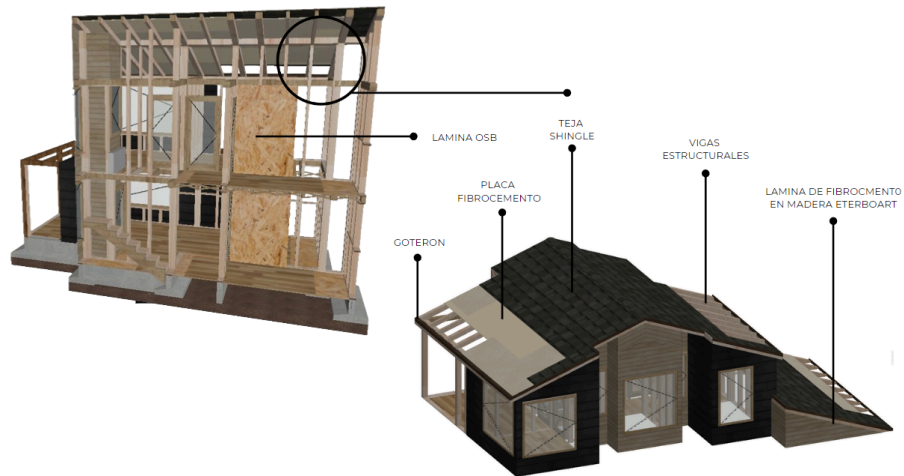
Cubierta

Inicialmente, en el diseño de la cubierta se proyecta extender los muros y los bastidores que conforman la estructura hasta la inclinación determinada. Esta medida se adopta debido a los altos índices de precipitación presentes en la zona, con el objetivo de prevenir daños significativos en la estructura. Asimismo, se prevé la instalación de un goterón para canalizar las aguas pluviales y proteger la integridad de la edificación.

Además, se contempla la colocación de una capa de fibrocemento sobre las vigas de madera, con el fin de aprovechar sus ventajas mencionadas anteriormente. Finalmente, se prevé la instalación de tejas shingle para completar la cubierta.(véase Anexo A del proyecto de Jimenez & Torrenegra, 2024).

Figura 67.

Detalle Cubierta



Nota: Elaboración propia

Instalación eléctricas

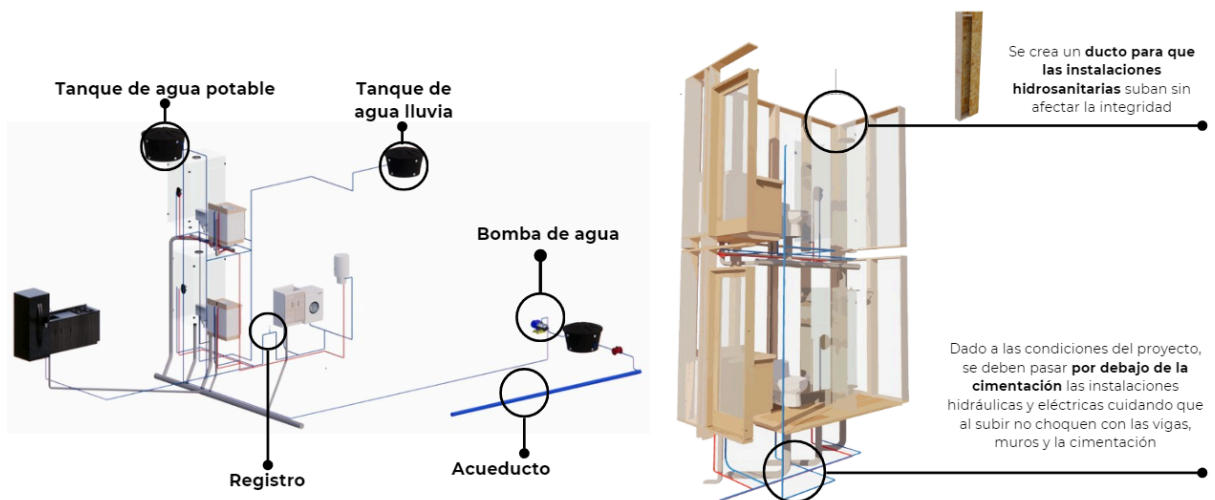
Una instalación eléctrica para una vivienda de dos pisos está diseñada de manera que garantice la distribución segura y eficiente de la energía eléctrica a todos los espacios de la casa. En este caso particular, el tablero eléctrico se ubica junto al punto fijo, es decir, cerca de las escaleras, lo que facilita la accesibilidad para el control y la protección del sistema eléctrico. Este tablero actúa como el corazón del sistema, distribuyendo la energía a las diferentes áreas de la vivienda, tanto en el primer como en el segundo piso, a través de diferentes circuitos.

Desde el tablero eléctrico, la maraña de cables que transportan la electricidad hacia el piso superior se dirige por medio de un conducto. Este conducto garantiza que los cables estén debidamente protegidos y organizados, evitando cualquier posible contacto con elementos externos que puedan causar daños o interferencias en el sistema. Además, el conducto facilita las futuras revisiones o modificaciones en la instalación sin la necesidad de realizar cambios estructurales significativos.

Para llevar la electricidad hacia los enchufes e interruptores en las habitaciones y áreas comunes del segundo piso, se utiliza un descolgado. Este descolgado permite bajar los cables de manera controlada y segura, conectándose a los puntos de uso sin comprometer la estética de las paredes ni los techos. Los interruptores y enchufes, ubicados estratégicamente en cada habitación, permiten el control eficiente de la iluminación y el acceso a energía eléctrica para electrodomésticos y otros dispositivos. La instalación de este tipo garantiza una distribución eléctrica equilibrada y cumple con las normativas de seguridad requeridas (véase Anexo A del proyecto de Jimenez & Torrenegra, 2024).

Figura 68.

Instalaciones eléctricas y sanitarias



Nota: Elaboración propia

Instalación hidrosanitarias

Las instalaciones hidrosanitarias para una vivienda de dos pisos, construida sobre una cimentación de zapata corrida y con una estructura de woodframe, presentan características particulares

debido a las restricciones impuestas por el diseño estructural. Dado que la zapata corrida impide la perforación o modificación directa de los elementos de cimentación, la distribución de la maraña de tuberías, tanto para el suministro de agua potable como para la evacuación de aguas residuales, se realiza a través de un recorrido estratégico que parte desde debajo de las zapatas y se distribuye en la primera planta.

En la planta baja, las tuberías de agua fría y caliente se extienden principalmente hacia las áreas de mayor consumo, que en este caso corresponden a la cocina, el baño y el cuarto de ropas. Para evitar interferencias con los elementos estructurales del woodframe, las tuberías se organizan de forma tal que sigan trayectorias definidas, buscando siempre la eficiencia en cuanto a la distancia y minimizando los puntos de conexión. En la cocina, las tomas de agua se dirigen hacia el fregadero, así como las conexiones necesarias para electrodomésticos como el lavavajillas. En el baño de la primera planta, se prevé la instalación de una red de suministro para el lavamanos, la ducha y el inodoro, junto con un sistema de ventilación adecuado para las aguas residuales. El cuarto de ropas, por su parte, se conecta a la red mediante tuberías de desagüe para la lavadora, garantizando una disposición correcta para evitar obstrucciones.

El mayor desafío en este tipo de instalaciones se presenta al llevar las tuberías al segundo piso, donde se encuentran los baños adicionales. Debido al grosor de las tuberías de agua y de desagüe, que pueden superar los 50 mm de diámetro, se requiere una solución que permita el ascenso de las mismas sin comprometer la integridad estructural de la vivienda. Para este propósito, se ha diseñado un conducto vertical que recorre desde la planta baja hasta el segundo piso. Este conducto está cubierto con una lámina de OSB (Oriented Strand Board), un material que proporciona una alta resistencia mecánica y es fácil de trabajar para las terminaciones interiores. Este recubrimiento no solo garantiza la

protección de las tuberías frente a impactos o deterioros, sino que además permite un acabado decorativo que se integra visualmente con el diseño interior de la vivienda, sin afectar la estética ni la funcionalidad de los espacios habitables.

El diseño del conducto permite que las tuberías suban verticalmente sin necesidad de perforar los elementos estructurales del woodframe. Esta solución es particularmente importante para preservar la rigidez estructural de la vivienda, ya que cualquier modificación en los elementos portantes podría comprometer la estabilidad del edificio. Además, el conducto es de fácil acceso para futuras intervenciones o mantenimientos, lo que facilita posibles reparaciones o ajustes en las instalaciones hidrosanitarias a lo largo del tiempo.

En el segundo piso, las tuberías se distribuyen hacia los baños, asegurando una conexión directa y eficiente con las redes de la planta baja. Los baños en esta planta requieren una instalación similar a la del baño en la primera planta, con la adición de desagües adicionales, dependiendo de los requerimientos de diseño. Las tuberías de desagüe son cuidadosamente inclinadas para garantizar un flujo adecuado y evitar la acumulación de sedimentos o la obstrucción del sistema.

Red pluvial

La reutilización de aguas lluvias se ha convertido en una solución innovadora y sostenible ante la creciente demanda de agua potable y la necesidad de reducir el impacto ambiental del consumo de recursos. Con el objetivo de minimizar el uso de agua potable en actividades domésticas que no requieren de un nivel elevado de calidad, como el abastecimiento de sanitarios y el lavado de ropa, para ello se toma en cuenta la siguiente fórmula: Suministro de agua en el tanque de almacenamiento

$(\text{m}^3/\text{año}) = \text{Área del techo (m}^2) \cdot \text{Coeficiente de escorrentía} \cdot \text{Precipitación (mm/año)}$, con la cual se saca el promedio de suministro de agua en el tanque de almacenamiento.

La cubierta occidental cuenta con una precipitación media anual de 1070 mm. Esta cantidad de lluvia, aunque varía según la época del año, representa un recurso hídrico valioso que no debería ser desperdiciado. El área de captación de esta cubierta es de 12.57 m², lo cual, en combinación con un coeficiente de escorrentía de 0.7, permite determinar el volumen total de agua que puede ser aprovechada. El coeficiente de escorrentía refleja la cantidad de agua de lluvia que realmente es captada y canalizada hacia el sistema de recolección, en este caso un 70% del total de la precipitación, ya que una parte se pierde por absorción o evaporación. Al aplicar esta fórmula, se calcula un suministro anual de 9.415 m³ de agua.

Por otro lado, la cubierta oriental presenta una mayor área de captación, con 33.76 m², lo que amplía significativamente el potencial de recolección. Con la misma precipitación media anual de 1070 mm y un coeficiente de escorrentía de 0.7, se estima que esta cubierta puede aportar un suministro anual de 25.286 m³ de agua. Al combinar ambos sistemas de recolección, la cubierta occidental y la oriental, se asegura una mayor capacidad de almacenamiento y un uso más eficiente de los recursos hídricos disponibles.

El sistema de recolección aprovecha las características de las dos cubiertas. La cubierta occidental, con un área de captación de 12.57 m² y una precipitación media anual de 1070 mm, permite recolectar un volumen anual de 9.415 m³, tomando en cuenta un coeficiente de escorrentía del 0.7. Por su parte, la cubierta oriental, con un área más amplia de 33.76 m², puede recolectar hasta 25.286 m³ anuales bajo las mismas condiciones climáticas y de escorrentía. La combinación de ambos sistemas proporciona una cantidad considerable de agua que puede ser destinada a actividades no potables dentro de la vivienda.

Tabla 3.

Recolección de aguas lluvias

	m2 para captación de agua	Suministro anual de agua
Cubierta Occidental	12.57 m ²	9,415 m ³
Cubierta Oriental	33.76 m ²	25,286 m ³
Total		34,7m ³
Consumo básico por persona		20 m ³
Déficit		-25,2 m ³

Nota: Elaboración propia

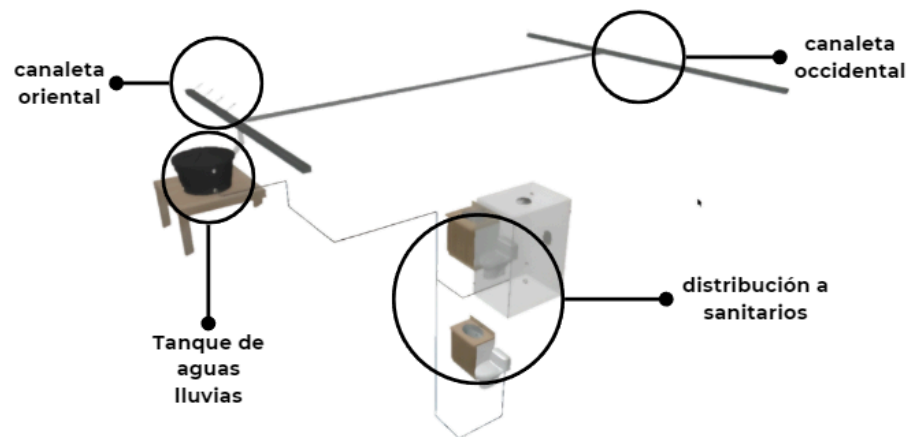
Sin embargo, es importante reconocer que el volumen total de agua recolectada, aunque significativo, no es suficiente para cubrir todo el consumo de una vivienda promedio. Según el documento "Proyecto General Rango de Consumo Básico del Año 2015", se establece que el consumo básico de agua en Colombia es de 20 m³ por usuario al mes, tal como lo prevé la Resolución CRA 271 de 2003. Esto implica que, si bien la recolección de agua de lluvia puede reducir el consumo de agua potable, será necesario complementar el sistema con una conexión a la red pública para garantizar un suministro adecuado.

El sistema propuesto para la recolección de agua de lluvia incluye la instalación de canales o canaletas conectados a los techados de ambas cubiertas, tanto occidental como oriental. Estos canales se

encargan de redirigir el agua captada hacia un tanque especializado de almacenamiento, diseñado para retener grandes volúmenes de agua de forma segura y eficiente. El uso del tanque asegura que el agua de lluvia sea almacenada hasta el momento en que sea necesaria.

Figura 69.

Instalación pluvial



Nota: Elaboración propia

Red fotovoltaica

La implementación de paneles solares en el proyecto de vivienda en Mesitas del Colegio se justifica por la necesidad de promover el uso de energías limpias y sostenibles, especialmente en zonas donde las condiciones geográficas y climáticas permiten una alta captación de energía solar. En este sentido, la energía fotovoltaica se presenta como una solución eficiente para reducir la dependencia de fuentes de energía tradicionales y mitigar el impacto ambiental, al tiempo que genera un ahorro económico a mediano y largo plazo.

El análisis de viabilidad para la instalación de paneles solares en este proyecto ha sido realizado utilizando la herramienta Photovoltaic Geographical Information System (PGIS) de la Comisión Europea,

la cual permite calcular el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos según las características específicas del lugar. Se ha seleccionado el Panel Solar JA SOLAR 455W 24V Monocristalino Perc, fabricado por Autosolar y disponible en Bogotá D.C., como la tecnología más adecuada debido a su alta eficiencia y capacidad de adaptación a las condiciones del sitio.

La vivienda cuenta con una cubierta a dos aguas, lo que permite la instalación de los paneles en dos orientaciones diferentes (occidental y oriental). Los datos obtenidos a partir de la plataforma PGIS han proporcionado los siguientes resultados:

Costado occidental: Se ha considerado la instalación de 10 paneles solares, como capacidad máxima, con una orientación de 90° (azimuth) y una inclinación de 20° . La capacidad máxima de captación de cada panel es de 0.455 kWp. Se estima que cada panel generará una producción anual de 515.5 kWh, lo que da como resultado una producción total de 5155 kWh al año para el conjunto de paneles en este costado. La irradiación anual en el plano es de 1537.42 kWh/m², con una variabilidad anual de 17.28 kWh, lo que indica una estabilidad en la generación de energía año tras año.

Costado oriental: En esta parte de la cubierta se proyecta la instalación de 5 paneles solares con una orientación de 270° (azimuth) y la misma inclinación de 20° . La producción anual estimada para cada panel es de 526.28 kWh, lo que supone una producción total de 2631.4 kWh al año. La irradiación en este plano es ligeramente superior, con 1568.44 kWh/m², y una variabilidad de 18.11 kWh.

Tabla 4.

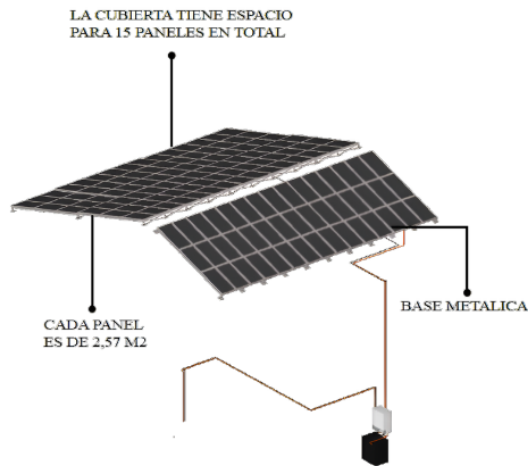
Produccion de energia fotovoltaica

	Producción anual (x1 panel)	Producción anual total
Panel costado occidental(10 paneles)	515.5kWh	5155kWh
Panel costado oriental(5 paneles)	526.28kWh	2631.4kWh
Total		7786.4 kWh
Gasto mensual de un hogar	157 kWh	1884 kWh
Excedente		5902.4 kWh

Nota: Elaboración propia

Sumando los resultados de ambos costados, la producción total de energía fotovoltaica en un año sería de 7786.4 kWh, lo que representa un aporte significativo al suministro eléctrico de la vivienda. Este sistema de paneles solares no solo contribuirá a reducir el consumo de energía de la red eléctrica, sino que también generará un impacto positivo en términos de sostenibilidad y ahorro energético.

De acuerdo con el "Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Pérdidas Energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética", se establece que el consumo mensual de electricidad de un hogar promedio en Colombia es de 157 kWh. Esto implica un consumo anual de 1884 kWh por hogar.

Figura 70.*Instalación fotovoltaica*

Nota: Elaboración propia

En el caso específico del proyecto de vivienda en Mesitas del Colegio, los cálculos realizados a partir de la herramienta Photovoltaic Geographical Information System (PGIS) de la Comisión Europea, utilizando los paneles solares JA SOLAR 455W 24V Monocristalino Perc, arrojan que la instalación de 15 paneles solares (10 en el costado occidental y 5 en el costado oriental de la vivienda) generaría una producción anual total de 7786.4 kWh. Este valor es más de cuatro veces el consumo anual de un hogar promedio colombiano.

Si comparamos estas cifras con el consumo promedio de 1884 kWh anuales de un hogar colombiano, la energía generada por los paneles solares no solo cubriría el 100% del consumo eléctrico promedio, sino que además dejaría un excedente de 5902.4 kWh al año. Este excedente podría ser aprovechado de diversas formas, como el almacenamiento en baterías para su uso durante la noche o días nublados, o la inyección a la red eléctrica en un esquema de autoconsumo con compensación, generando incluso beneficios económicos adicionales para el hogar.

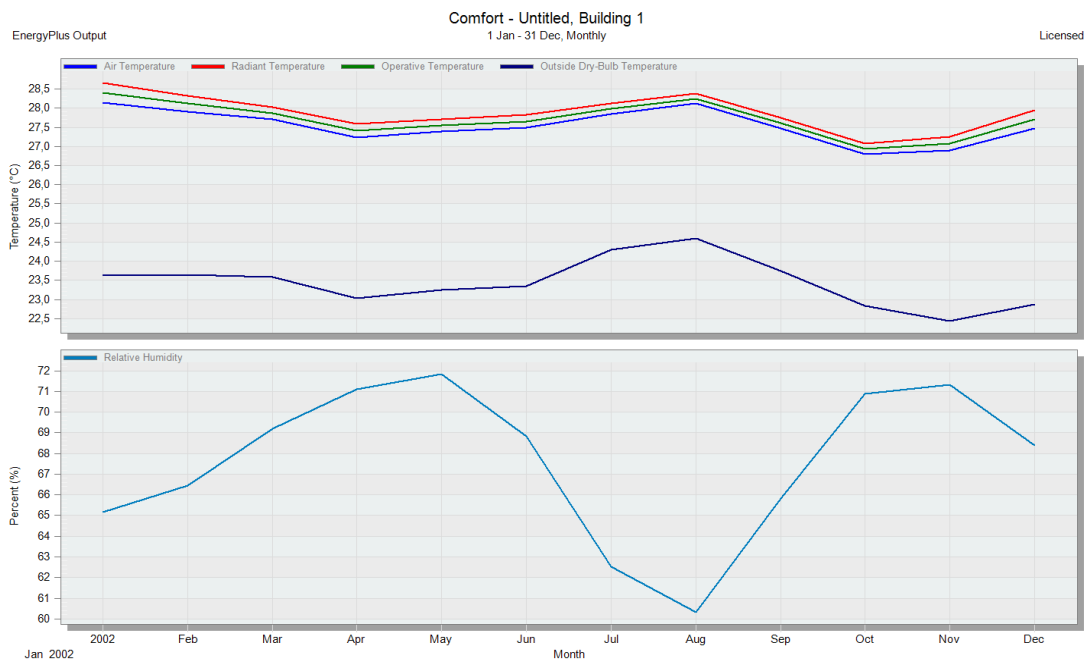
Propuesta: Evaluación de características

Simulación térmica

En primera instancia, la evaluación de las simulaciones térmicas realizadas en la vivienda permite concluir que, en promedio, el confort térmico anual se encuentra dentro del rango óptimo de 22°C a 27°C, lo que sugiere que las condiciones internas son generalmente adecuadas para los ocupantes. Sin embargo, se han identificado días específicos en los que las temperaturas internas superan dicho rango, lo que podría afectar la sensación de confort en esos momentos puntuales.

Figura 71.

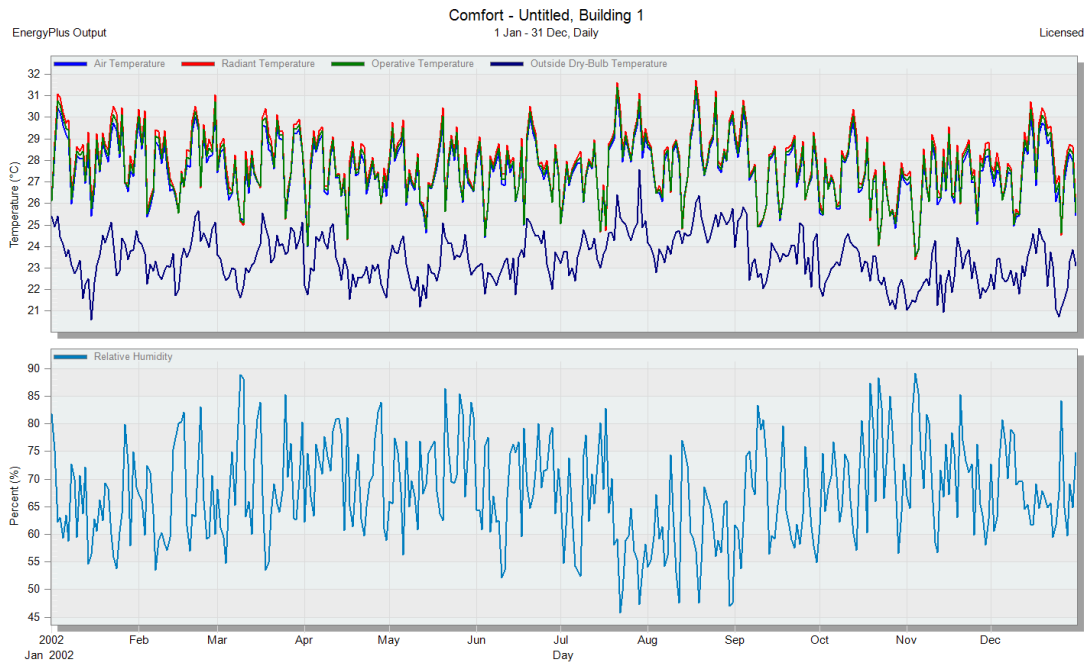
Simulación confort por mes



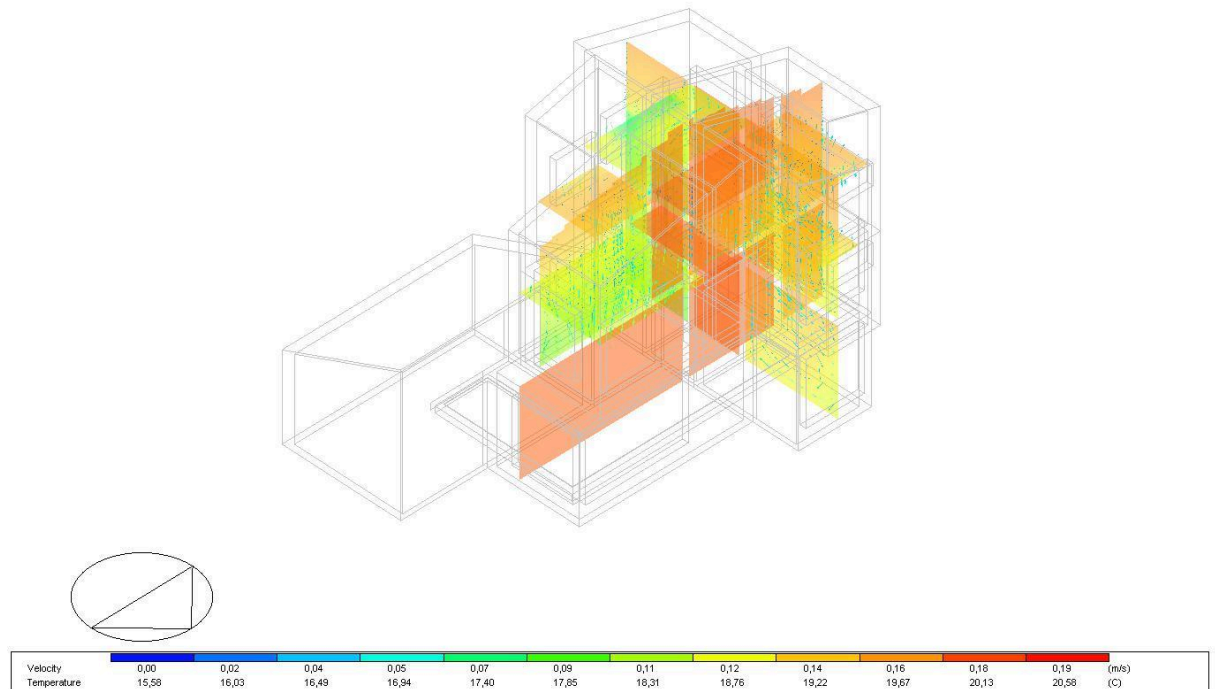
Nota: Elaboración propia mediante el programa design builder

Figura 72.

Simulación comfort por dias



Nota: Elaboración propia mediante el programa design builder

Figura 73.*Simulación confort al interior de la vivienda*

Nota: Elaboración propia mediante el programa design builder

Las causas principales de estas elevaciones de temperatura están asociadas a la incidencia de la radiación solar y a la absorción de esta por los materiales constructivos de la vivienda. Este fenómeno pone de manifiesto la necesidad de intervenir en el diseño térmico para minimizar la transferencia de calor desde el exterior hacia el interior.

En función de estos resultados, se propone la instalación de un aislante térmico en la cámara de aire de la envolvente de la vivienda. Se estima que un grosor de entre 3 cm y 5 cm de material aislante sería suficiente para reducir el impacto de la radiación solar, estabilizar las temperaturas internas y garantizar el confort térmico de forma más consistente a lo largo del año. Esta medida no solo mejorará el confort

de los residentes, sino que también podría contribuir a la eficiencia energética al disminuir la necesidad de sistemas de climatización activa.

Costos

Para la evaluación presupuestal del proyecto, se realizó el cálculo del costo de los principales elementos constructivos: el muro de madera, el entrepiso y la cubierta. En primer lugar, se determinó el valor del muro de madera considerando sus dimensiones estándar de 1,22 metros por 2,44 metros, resultando en un costo de 826.650 COP. Posteriormente, se tomó como referencia la misma medida para el análisis del entrepiso y la cubierta, permitiendo calcular su valor por metro cuadrado. Para el entrepiso, se estableció un costo de 227.266 COP por metro cuadrado, mientras que para la cubierta este valor asciende a 518.133 COP, como se detalla en la tabla correspondiente.

Tabla 5.

Elaboracion de costos por ítem

PRESUPUESTO CASA WOOD FRAME				INTEGRANTES:				
FECHA: 21 / 10 / 2024								
ITEM	DESCRIPCIÓN / ESPECIFICACIÓN	DIMENSIONES			UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
		LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO (cm)				
MURO DE MADERA=0, 15mts x 1,22 mts x 2,44mts	BASTIDOR (liston de madera)	400,00	18,50	0,41	UN	3,0	109,900	329,700
	LAMINA FIBROCEMENTO	122,00	0,60	244,00	UN	1,0	91,050	91,050
	PANELES OSB	122,00	0,95	244,00	UN	1,0	89,900	89,900
	SOLERA (liston de madera)	400,00	18,50	0,41	UN	2,0	109,900	219,800
	PERNO ENVEBIDO A PRESION	14,00	3,50	0,00	UN	2,00	29,100	58,200
	TORNILLO EXAGONAL CON TUERCA	8,50	0,50	0,20	UN	1,00	3,900	3,900
	TORNILLO AUTOPERFORANTE DE 3"	8,00	0,00	0,00	UN	1,00	6,900	6,900
PLATO CLAVABLE	12,50	2,00	2,00	UN	2,0	13,600	27,200	
								826,650
ENTRE PISO 122X 2,44 MTS	VIGUETA (liston de madera)	300,00	23,50	0,25	UN	3,0	60,000	180,000
	Perno Hexagonal Métrico zincado	20,00	10,00	0,00	UN	2,00	7,500	15,000
	Angulo De Refuerzo Galvanizado	3,80	0,30	3,50	UN	6,00	4,900	29,400
	Angulo De Refuerzo Galvanizado	4,00	0,30	7,00	UN	4,0	5,900	23,600
	Pino 2X3 Pulgadas 3.2 mts Cepillado	320,00	0,65	0,41	UN	2,0	36,900	73,800
	VIGA FINGER JOIN (liston de madera)	300,00	23,50	0,25	UN	6,0	60,000	360,000
								681,800
CUBIERTA 1,22 x 2,44 mts	VIGA (liston de madera)	300,00	23,50	0,25	UN	12,0	60,000	720,000
	LAMINA FIBROCEMENTO	122,00	0,60	244,00	UN	1,0	37,700	37,700
	Pino 2X3 Pulgadas 3.2 mts Cepillado	320,00	0,65	0,41	UN	2,0	36,900	73,800
	Perno Hexagonal Métrico zincado	20,00	10,00	0,00	UN	4,00	7,500	30,000
	TORNILLO AUTOPERFORANTE DE 4"	10,16	0,00	0,00	UN	1,00	7,900	7,900
	Angulo De Refuerzo Galvanizado	4,00	0,30	7,00	UN	4,0	5,900	23,600
	Plato Dentado 3"X6" Galvanizado	15,00	2,00	7,50	UN	2,0	8,900	17,800
	Teja Blanca Cresta Alta Upvc	590,00	1,07	0,20	UN	2,0	271,900	543,800
	Set X 40 De Fijacion Klar Cresta Baja Blanco	0,00	0,00	0,00	UN	1,0	80,200	80,200
	Soporte Sismo Y Viento Galvanizado	7,50	0,20	10,00	UN	4,0	4,900	19,600
								1.554,400
TOTAL								3.062.850

Nota: Elaboración propia

Con estos valores obtenidos, se procedió a calcular el costo de las tipologías de vivienda proyectadas en sus tres diferentes etapas. Este análisis permitió determinar el costo total estimado para cada tipo de vivienda, considerando los elementos previamente evaluados. Los resultados obtenidos están representados en la tabla anexa, lo que facilita su interpretación.

Tabla 6.

Costos de cada una de las etapas

PRESUPUESTO			
Tipología 2 Primer piso, etapa 3			
Item	Unidad de medida	Costo del metro cuadrado	Total
Entrepiso (m2)	94,86	\$227.266	\$21.558.453
Muro de madera	58,5	\$826.650	\$48.359.025
Tipología 2 Segundo piso, etapa 3			
Entrepiso	74,55	\$227.266	\$16.942.680
Muro de madera	46,5	\$826.650	\$38.439.225
Cubierta			
cubierta	94,86	\$518.133	\$49.150.096
Total			\$174.449.479
Total mas mano de obra (20%)			\$209.339.375

PRESUPUESTO			
Tipología 1 Primer piso, etapa 3			
Item	Unidad de medida	Costo del metro cuadrado	Total
Entrepiso (m2)	73,23	\$227.266	\$16.642.689
Muro de madera	58,5	\$826.650	\$48.359.025
Tipología 1 Segundo piso, etapa 3			
Entrepiso	52,02	\$227.266	\$11.822.377
Muro de madera	46,5	\$826.650	\$38.439.225
Cubierta			
cubierta	73,23	\$518.133	\$37.942.880
Total			\$153.206.196
Total mas mano de obra (20%)			\$183.847.435

PRESUPUESTO			
Tipología 2 Primer piso, etapa 2			
Item	Unidad de medida	Costo del metro cuadrado	Total
Entrepiso (m2)	58,18	\$227.266	\$13.222.336
Muro de madera	40,5	\$826.650	\$33.479.325
Tipología 2 Segundo piso, etapa 2			
Entrepiso (m2)	56,07	\$227.266	\$12.742.805
Muro de madera	46,5	\$826.650	\$38.439.225
Cubierta			
cubierta	58,18	\$518.133	\$30.144.978
Total			\$128.028.668
Total mas mano de obra (20%)			\$153.634.402

PRESUPUESTO			
Tipología 1 Primer piso, etapa 2			
Item	Unidad de medida	Costo del metro cuadrado	Total
Entrepiso (m2)	37,38	\$227.266	\$8.495.203
Muro de madera	32	\$826.650	\$26.452.800
Tipología 1 Segundo piso, etapa 2			
Entrepiso (m2)	34,37	\$227.266	\$7.811.132
Muro de madera	33,5	\$826.650	\$27.692.775
Cubierta			
cubierta	37,38	\$518.133	\$19.367.812
Total			\$89.819.722
Total mas mano de obra (20%)			\$107.783.666

PRESUPUESTO			
Tipología 2 Primer piso, etapa 1			
Item	Unidad de medida	Costo del metro cuadrado	Total
Entrepiso (m2)	37,15	\$227.266	\$8.442.932
Muro de madera	32,5	\$826.650	\$26.866.125
Tipología 2 Segundo piso, etapa 2			
Entrepiso (m2)	37,15	\$227.266	\$8.442.932
Muro de madera	33,5	\$826.650	\$27.692.775
Cubierta			
cubierta	39,15	\$518.133	\$20.284.907
Total			\$91.729.671
Total mas mano de obra (20%)			\$110.075.605

PRESUPUESTO			
Tipología 1 Primer piso, etapa 1			
Item	Unidad de medida	Costo del metro cuadrado	Total
Entrepiso (m2)	22,4	\$227.266	\$5.090.758
Muro de madera	18,5	\$826.650	\$15.293.025
Tipología 1 Segundo piso, etapa 2			
Entrepiso (m2)	18,02	\$227.266	\$4.095.333
Muro de madera	20,5	\$826.650	\$16.946.325
Cubierta			
cubierta	23,5	\$518.133	\$12.176.126
Total			\$53.601.567
Total mas mano de obra (20%)			\$64.321.881

Nota: Elaboración propia

Finalmente, se concluye que la propuesta es una opción viable para la construcción en el municipio de Mesitas. Los costos calculados no resultan excesivamente elevados, lo que convierte a este proyecto en una alternativa accesible y práctica para la comunidad. Su implementación representa una solución económica y funcional, adaptada a las necesidades locales y al contexto presupuestario de la población.

Conclusiones

En conclusión, se determina que es viable la creación de una propuesta utilizando el sistema *wood frame* para el municipio de El Colegio, Mesitas, ya que representa una alternativa concreta para mitigar el déficit habitacional. El entorno climático del municipio es favorable para la implementación de este sistema, y los costos calculados no resultan excesivamente elevados, lo que convierte a esta propuesta en una solución accesible, práctica y adaptada a las necesidades locales y al contexto presupuestario de la población.

Para lograr el impacto deseado, es indispensable la colaboración activa de diversas entidades, como la alcaldía municipal, las constructoras y el sector privado. Estas entidades deben trabajar conjuntamente para proporcionar soluciones complementarias que aborden de manera integral el creciente déficit de vivienda generado por el aumento demográfico en la región.

Una de las fortalezas de esta propuesta radica en la posibilidad de prefabricar elementos como muros, vigas y losas, lo que permitiría reducir costos y tiempos de construcción. Esta técnica no solo agilizaría la oferta de vivienda, sino que también garantiza una solución eficiente y oportuna frente a la creciente demanda habitacional.

Asimismo, se propone la instalación de un aislante térmico en la cámara de aire de la envolvente de la vivienda. Se estima que un grosor de entre 3 cm y 5 cm de material aislante sería suficiente para mitigar el impacto de la radiación solar, estabilizar las temperaturas internas y garantizar el confort térmico de forma más consistente a lo largo del año. Esta medida, además de mejorar el bienestar de los residentes, contribuiría a la eficiencia energética al reducir la necesidad de sistemas de climatización activa.

No obstante, es fundamental tomar precauciones al replicar esta propuesta en otros municipios con características climáticas y ambientales diferentes. Es necesario realizar un análisis detallado de las condiciones específicas de cada lugar, prestando especial atención a factores como la cimentación, la radiación solar y la humedad. Esto podría requerir adaptaciones adicionales, como el uso de rellenos térmicos específicos, para garantizar el adecuado desempeño del sistema en diversos contextos.

En resumen, la propuesta no solo ofrece una solución viable y económica, sino que también presenta un enfoque integral y adaptable para garantizar vivienda digna y accesible en el municipio de El Colegio, Mesitas, y en otras regiones con condiciones similares.

Lista de Referencia

Carvajalino Bayona, J. (2004). Autoconstrucción: Una solución habitacional.

Decreto 1077 de 2015: Colombia. (2015). Decreto 1077 de 2015, por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77216>

EOT del municipio de El Colegio: Documento de Seguimiento y Evaluación. Revisión general al Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de El Colegio.

https://drive.google.com/drive/folders/1B3xIWWkzf4a6_Aet_IHpl3-s5uCEQmPy

Fritz, A., & Ubilla, M. (2012). Manual de diseño, construcción, montaje y aplicación de envolventes para la vivienda de madera.

<https://www.madera21.cl/wp-content/uploads/2016/11/4.Manual-de-diseño.-Construcción-montaje-y-aplicación-de-envolventes-para-la-vivienda-de-madera-2012.pdf>

Gelabert, M., & González, P. (2013). Vivienda social progresiva: Una nueva perspectiva.

<http://scielo.sld.cu/pdf/au/v34n1/au030113.pdf>

Haramoto, E. (1998). Urbanismo integral: Teoría y práctica.

https://cursoinvi2011.files.wordpress.com/2011/03/haramoto_conceptos_basicos.pdf

Kahn, L. (1973). *La arquitectura del bienestar*.

Kopac. (s.f.). Técnicas de construcción modernas.

https://oa.upm.es/63283/1/TFG_Jun20_Kopac_San_Miguel_Anna.pdf

Ley 1429 de 2010: Colombia. (2010). Ley 1429 de 2010, por la cual se expide la Ley de Formalización y Generación de Empleo.

https://www.sic.gov.co/sites/default/files/normatividad/Ley_1429_2010.pdf

Ley 1780 de 2016: Colombia. (2016). Ley 1780 de 2016, por la cual se establecen disposiciones para promover el acceso a la vivienda digna.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=69573>

Ley 388 de 1997: Colombia. (1997). Ley 388 de 1997, por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, el Decreto Extraordinario 1420 de 1995 y se dictan otras disposiciones.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>

Ley 675 de 2001: Colombia. (2001). Ley 675 de 2001, por la cual se regula el régimen de propiedad horizontal. https://www.sic.gov.co/sites/default/files/normatividad/Ley_675_2001.pdf

López, L. (2019). *Arquitectura Modular: Versatilidad en Exposiciones Universales*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio Institucional.

http://oa.upm.es/54004/1/TFG_Lopez_Hita_Lucia.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2019, abril). *Primer balance de energía útil para Colombia y cuantificación de las pérdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética: Resumen ejecutivo BEU sector residencial y terciario*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Minas y Energía.

https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Balance_energia_util/BEU-Residencial.pdf

Municipio de El Colegio - Cundinamarca. (2023). Acuerdo No. 004 de 2023, Ajuste general al Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio El Colegio - Cundinamarca.

<https://www.elcolegio-cundinamarca.gov.co/normatividad/acuerdo-no-004-de-2023-ajuste-general-al-esquema-de>

Ospina Varón, A., & Bermúdez Obregón, R. (s.f.). La vivienda como derecho fundamental.

Santana, M. del C., Bonilla Tovar, J. F., & Castillo Sotomayor, C. A. (2015, noviembre 6). *Documento de trabajo proyecto general: Rango de consumo básico*. Minvivienda.

https://www.cra.gov.co/sites/default/files/marco-legal/2017-11/Documento_de_Trabajo_y_Participacion_Ciudadana_750.pdf

Serrentino, R. (s.f.). Arquitectura modular basada en la Teoría de políedros. Laboratorio de Sistemas de Diseño, 264-267. <http://papers.cumincad.org/data/works/att/2ed6.content.pdf>

Siza, A. (2006). Habitar el mundo: Reflexiones sobre la vivienda.

Tique Cañón, D. (2016). Diseño de estructuras en madera según la NSR10. Universidad Santo Tomás.

<https://hdl.handle.net/11634/2291>

Título G NSR-10 del Decreto 926 del 19/03/2010

https://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10_Titulo_G.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2024). Resolución Número 40150 de 2024: Por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP. Bogotá D.C., Colombia: Diario Oficial.

https://www.minenergia.gov.co/documents/11684/Resolución_40150_de_2024_compilada_con_los_cuatro_libros.pdf

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). (2009).

ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2007: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

Traducido al español por la Asociación Colombiana del Acondicionamiento del Aire y la Refrigeración (ACAIRE). Atlanta, GA: ASHRAE.

https://www.ditar.cl/archivos/Normas_ASHRAE/T0120ASHRAE-62.1-2007-sp-Ventil-p-CAAI.pdf