

**TENDENCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL NEGATIVO EN VIVIENDAS VIS
UNIFAMILIARES PARA GENERAR ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN, EN
EL BARRIO CARLOS PIZARRO DE LA CIUDAD DE SAN JUAN DE
PASTO**

NICOLE VALERIA CABRERA PANTOJA

**UNIVERSIDAD CESMAG
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y BELLAS ARTES
PROGRAMA DE ARQUITECTURA
SAN JUAN DE PASTO
2025**

TENDENCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL NEGATIVO EN VIVIENDAS VIS UNIFAMILIARES PARA GENERAR ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN, EN EL BARRIO CARLOS PIZARRO DE LA CIUDAD DE SAN JUAN DE PASTO

NICOLE VALERIA CABRERA PANTOJA

Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de arquitecto

Asesor:

ARMANDO JOSE QUIJANO VODNIZA
Magister en medio ambiente y desarrollo sostenible

**UNIVERSIDAD CESMAG
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y BELLAS ARTES
PROGRAMA DE ARQUITECTURA
SAN JUAN DE PASTO
2025**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, 17 de febrero de 2025

El pensamiento que se expresa
en esta obra es de exclusiva
responsabilidad del autor
y no compromete la ideología
de la Universidad CESMAG.

A Dios y a mis padres, quienes han sido el sostén fundamental en mi vida. Su constante amor y apoyo, tanto en mi educación académica como en mi desarrollo personal, ha sido invaluable. Todo mi progreso y logros son el fruto de su inquebrantable dedicación a lo largo del tiempo.

“La arquitectura no es más que un árbol, debe crecer en concordancia con su entorno”.
- Toyo Ito.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi profundo agradecimiento a Dios. Quiero reconocer su presencia constante durante mi tiempo en la universidad. Su sabiduría y amor han sido mi guía en cada paso del camino. Deseo que mis logros siempre honren su nombre y que Él siga siendo la base de mis sueños.

De igual manera, quiero manifestar un profundo agradecimiento a mis padres, quienes, con su inquebrantable apoyo y dedicación, me han impulsado a ser no solo una excelente arquitecta, sino también una persona excepcional. Es gracias a ellos que he podido enfrentar los desafíos con determinación y alcanzar mis metas con confianza. Su presencia ha sido un faro de luz en mi camino, guiándome hacia el éxito y recordándome constantemente la importancia de mantenerme fiel a mis principios y valores. Su constante aliento ha sido mi mayor motivación y su sacrificio, mi fuente de inspiración.

A mi increíble hermano, quien con su amor, dulzura y paciencia ha sido mi compañero de aventuras y apoyo emocional. En cada risa compartida y en cada abrazo reconfortante, encuentro toda la fortaleza para seguir adelante.

A mi esposo y compañero de vida, por toda la motivación día tras día, por su apoyo incondicional y por ser la esperanza que en ocasiones me hacía falta, su presencia en mi vida es un regalo invaluable. Juntos hemos superado obstáculos y celebrado victorias; estoy profundamente agradecida por tenerte a mi lado en este viaje. Este logro no es solo mío, es de ambos.

Además, deseo expresar mi gratitud al magíster Armando José Quijano Vodniza, mi asesor durante este importante proceso de aprendizaje e investigación. Su orientación y conocimiento han sido fundamentales en mi desarrollo profesional y personal. Igualmente, agradezco al magíster Mario Germán Martínez Caicedo, docente-guía; su invaluable aporte ha enriquecido mi trayectoria académica e investigativa.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	23
1. ASPECTOS GENERALES DEL TRABAJO DE GRADO	24
1.1 OBJETO O TEMA DE INVESTIGACIÓN	24
1.2 CONTEXTUALIZACIÓN	24
1.2.1 MACRO CONTEXTO	25
1.2.2 MICRO CONTEXTO	25
1.3.2 PREGUNTA PROBLEMA	26
1.4 JUSTIFICACIÓN	27
1.5 OBJETIVOS	29
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	29
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
1.6 ÁREA DE INVESTIGACIÓN	29
1.7 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	30
1.8 ANTECEDENTES	30
1.9 ESTADO DEL ARTE	35
1.10 MARCO TEÓRICO	38
1.10.1 TIPOLOGÍA DE VIVIENDA	38
1.10.2 ECO INDICADOR 99	38
1.10.3 CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE	39
1.10.4 VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL	40
1.11 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	41
1.12 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	42
1.13 METODOLOGÍA	43
1.13.1 PARADIGMA	43
1.13.2 ENFOQUE	43
1.13.3 MÉTODO	43
1.13.4 POBLACIÓN	44
1.13.5 MUESTRA	44

1.13.6 TIPO DE INVESTIGACIÓN	44
1.13.7 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	44
1.13.8 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	44
1.13.9 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.	45
2. IDENTIFICACIÓN DE LA TIPOLOGIA DE VIVIENDA	45
2.1 MATERIALIDAD DEL MÓDULO HABITACIONAL	46
2.1.1 ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	47
2.1.2 COLUMNAS EN CONCRETO	50
2.1.3 CUERPO DE COLUMNA	52
2.1.4 VIGAS CUMBRERAS EN CONCRETO	54
2.1.5 VIGAS AÉREAS EN CONCRETO	56
2.1.6 MAMPOSTERÍA EN MUROS	59
2.1.7 PUERTA Y VENTANERÍA	65
2.1.8 TEJAS DE FIBROCEMENTO	70
2.1.9 SUPERBOARD	74
2.1.10 PISO EN CONCRETO	76
2.1.11 CERÁMICA	77
3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS MATERIALES	80
3.1 DENSIDAD DE MATERIALES	81
3.2 ACERO ESTRUCTURAL	81
3.3 ACERO EN CONCRETO	82
3.4 CÁLCULO DEL IMPACTO EN MILIPUNTOS	82
4. EVALUACION DE LINEAMIENTOS DE CONSTRUCCION SOSTENIBLE APLICABLES AL CASO DE ESTUDIO	85
4.1 SISTEMA CONSTRUCTIVO	89
4.1.1 DETALLE DE CIMENTACIÓN	89
4.1.2 PISO EN CONCRETO	89
4.1.3 SOLERA BASE	91
4.1.4 ANCLAJES	91
4.1.5 MUROS EN SOLERAS	92

4.1.6 SOLERAS SUPERIORES.	92
4.1.7 VENTANAS	94
4.1.7.1 MARCO DE VENTANAS	95
4.1.8 PUERTAS	96
4.1.9 PLACA DE YESO	98
4.1.9.1 AISLAMIENTO EN FIBRAS DE VIDRIO.	98
4.1.9.2 TORNILLOS	98
4.1.10 LAMINA DE TETRAPAK RECICLADO	100
4.1.11 ESTRUCTURA DE TECHO	101
4.1.12 PINTURA	104
4.1.13 PROPUESTA DE COLOCACIÓN DE MONTAJES Y SOLERAS A ESTRUCTURA EXISTENTE.	104
5. CÁLCULO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA VIVIENDA CON MATERIALES PROPUESTOS	105
5.1 CÁLCULO DEL IMPACTO EN MILIPUNTOS	111
5.2 CÁLCULO DE IMPACTO AMBIENTAL TOTAL DE LA PROPUESTAS	116
5.3 CÁLCULO DE VIVIENDA REMODELADA ÚNICAMENTE EN MUROS INTERNOS	116
5.4 CÁLCULO DEL IMPACTO EN MILIPUNTOS VIVIENDA REMODELADA EN MUROS	122
6. COMPARACIÓN DE LA TENDENCIA DE IMPACTO DE LAS VIVIENDAS Y ESTRATEGIAS SOSTENIBLES RELACIONADAS AL ACV	125
6.1 ANÁLISIS DE CONDICIONES FÍSICAS	132
6.1.1 PROPUESTA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	134
6.2 REDES HIDROSANITARIAS VIVIENDA PROPUESTA	146
7. CONCLUSIONES	154
8. RECOMENDACIONES	156
9. BIBLIOGRAFIA	158
10. ANEXOS	162

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Urbanización Carlos Pizarro.	25
Figura 2. Vivienda tipo en el barrio Carlos Pizarro.	46
Figura 3. Planta de vigas de cimentación y zapatas de cimentación.	48
Figura 4. Tipos de columnas en la vivienda.	50
Figura 5. Tipos de columnas en la vivienda.	50
Figura 6. Planta de columnas.	51
Figura 7. Corte longitudinal, medida del cuerpo de la columna.	52
Figura 8. Descomposición forma de viga 1.	54
Figura 9. Descomposición forma de viga 2.	55
Figura 10. Descomposición forma de viga 3.	55
Figura 11. Planta vigas aéreas.	56
Figura 12. Planta de vigas aéreas 2.	57
Figura 13. Tipo 1 de mampostería en ladrillo, repello de una sola cara.	59
Figura 14. Tipo 2 de mampostería en ladrillo, repello de ambas caras.	60
Figura 15. Tipo 3 Mampostería con ventanas y puertas.	60
Figura 16. Mampostería figura tridimensional tipo triángulo.	61
Figura 17. Medidas de ventanas fachas principal.	65
Figura 18. Corte longitudinal vivienda, medidas de ventanas internas.	66
Figura 19. Corte transversal vivienda, medidas de ventana interna.	66
Figura 20. Planta de medidas de puertas y ventanas internas y externas.	67
Figura 21. Corte transversal, medición de tejas.	70
Figura 22. Corte longitudinal, medición de tejas.	70
Figura 23. Despiece del modelo de vivienda actual en el barrio Carlos Pizarro.	71
Figura 24. Modelo 3D Vista plata de las tejas de asbesto.	72
Figura 25. Planta láminas de superboard.	74
Figura 26. Piso de concreto.	76

Figura 27. Enchape de piso en todo el módulo de vivienda.	77
Figura 28. Enchape de baño.	78
Figura 29. Enchape de cocina.	78
Figura 30. Planta piso de vivienda actual y caracterización.	86
Figura 31. Axonometría de vivienda actual.	87
Figura 32. Axonometría de vivienda actual.	88
Figura 33. Detalle constructivo cimentación estructural.	90
Figura 34. Despiece cimentación.	90
Figura 35. Detalle de solera base y anclajes de unión.	91
Figura 36. Detalle de solera superior.	92
Figura 37. Despiece solera superior.	93
Figura 38. Detalle muro de soleras.	94
Figura 39. Detalle de muro ventana.	95
Figura 40. Detalle de planta para ventana.	96
Figura 41. Detalle de planta para puerta.	96
Figura 42. Detalle de muro puerta.	97
Figura 43. Detalle panel yeso y fibras.	98
Figura 44. Detalle muro con panel yeso.	99
Figura 45. Perfil de tejas de Tetrapak.	100
Figura 46. Caballete en Tetrapak reciclado.	101
Figura 47. Detalle de techo.	102
Figura 48. Despiece de vivienda propuesta.	103
Figura 49. Detalle unión de solera a columna.	117
Figura 50. Detalle de muro propuesto a columnas y piso.	118
Figura 51. Comparación de impacto ambiental de los tres tipos de vivienda, actual, remodelada y propuesta	125
Figura 52. Impacto total de ambas viviendas.	130
Figura 53. Comparación de impacto ambiental de materiales.	131
Figura 54. Condiciones físicas del barrio.	132
Figura 55. Ubicación vivienda tipo 1.	134

Figura 56. Ubicación vivienda tipo 2.	134
Figura 57. Ubicación vivienda tipo 3.	135
Figura 58. Ubicación vivienda tipo 4.	135
Figura 59. Histórico de consumo de energía.	140
Figura 60. Cubierta vivienda con módulos fotovoltaicos 1.	142
Figura 61. Plano de módulos fotovoltaicos vivienda tipo 1.	142
Figura 62. Cubierta vivienda con módulos fotovoltaicos 2.	143
Figura 63. Plano de módulos fotovoltaicos vivienda tipo 2.	143
Figura 64. Plano de módulos fotovoltaicos vivienda tipo 3.	144
Figura 65. Plano de módulos fotovoltaicos vivienda tipo 3.	144
Figura 66. Plano de módulos fotovoltaicos vivienda tipo 4.	145
Figura 67. Plano de módulos fotovoltaicos vivienda tipo 4.	145
Figura 68. Precipitación en Pasto.	146
Figura 69. Consumo mensual de agua vivienda analizada.	148
Figura 70. Mecanismo del tanque de agua.	150
Figura 71. 3D de la instalación de tuberías en el proyecto.	152
Figura 72. Planta de la instalación de tuberías en el proyecto.	153

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Inventario de materiales de vivienda.	47
Cuadro 2. Cálculo de volumen vigas y zapatas de cimentación.	49
Cuadro 3. Cálculo de volumen de cuerpo de columna y columnas.	53
Cuadro 4. Cálculo de volumen de vigas cumbreras y vigas aéreas.	58
Cuadro 5. Cálculo de volumen de mampostería en ladrillo.	62
Cuadro 6. Cálculo de volumen de mortero de pega.	63
Cuadro 7. Herramienta para cálculo de áreas y volúmenes de pintura.	64
Cuadro 8. Cálculo de volumen de vidrio y marcos de ventanas.	68
Cuadro 9. Herramienta para cálculo de puertas y marcos de puerta.	69
Cuadro 10. Cálculo de volúmenes de láminas y caballete de fibrocemento.	73
Cuadro 11. Herramienta para cálculo de volumen de lámina de superboard.	75
Cuadro 12. Herramienta para cálculo de volumen de piso de concreto	77
Cuadro 13. Herramienta para cálculo de volumen de cerámica.	79
Cuadro 14. Indicadores de impacto ambiental según material.	80
Cuadro 15. Cálculo final de la masa del concreto y acero.	82
Cuadro 16. Cálculo de impacto medio ambiental en mPt.	83
Cuadro 17. Matriz de impacto de los materiales de la vivienda actual.	83
Cuadro 18. Medida de impacto de cada material en vivienda actual.	84
Cuadro 19. Áreas de las zonas de la vivienda actual.	87
Cuadro 20. Herramienta para cálculo de cimentación ciclópea.	106
Cuadro 21. Herramienta para cálculo de suelo en concreto.	106
Cuadro 22. Herramienta para cálculo de solera de madera.	106
Cuadro 23. Herramienta para cálculo de fibra de vidrio.	107
Cuadro 24. Herramienta para cálculo de la masa de soleras en madera.	107
Cuadro 25. Herramienta para cálculo de acero de piezas para montaje.	107
Cuadro 26. Herramienta para cálculo de pintura.	108
Cuadro 27. Herramienta para cálculo de marcos y vidrio de ventanas.	109
Cuadro 28. Herramienta para cálculo de puertas internas y externas.	110
Cuadro 29. Herramienta para cálculo de tejas de poli aluminio reciclado.	110
Cuadro 30. Reciclado de basura de diferentes materiales.	112
Cuadro 31. Factor de eficiencia horaria de la maquinaria.	113
Cuadro 32. Factor de eficiencia del operador y mantenimiento.	113
Cuadro 33. Indicador de electricidad kWh.	114
Cuadro 34. Cálculo de impacto medio ambiental de la propuesta.	115
Cuadro 35. Matriz de impacto de los materiales de la vivienda actual.	116

Cuadro 36. Medida de impacto de la vivienda propuesta.	116
Cuadro 37. Cálculo de mampostería exterior.	119
Cuadro 38. Cálculo del mortero de la mampostería en ladrillo.	120
Cuadro 39. Herramienta para cálculo de fibra de vidrio en vivienda intervenida.	121
Cuadro 40. Cálculo de la masa de soleras de madera en vivienda intervenida.	121
Cuadro 41. Herramienta para panel yeso en vivienda intervenida.	121
Cuadro 42. Cálculo de impacto medio ambiental en mPt vivienda intervenida.	122
Cuadro 43. Matriz de impacto de los materiales de la vivienda actual.	122
Cuadro 44. Medida de impacto de la vivienda intervenida.	123
Cuadro 45. Consumo de combustible por hora de trabajo.	127
Cuadro 46. Estudio solar vivienda tipo 1.	136
Cuadro 47. Estudio solar vivienda tipo 2.	137
Cuadro 48. Estudio solar vivienda tipo 3.	138
Cuadro 49. Estudio solar vivienda tipo 4.	139
Cuadro 50. Cálculo de captación de aguas lluvias vivienda propuesta.	147
Cuadro 51. Consumo promedio por persona para estratos 1, 2 y 3 en 2014	147
Cuadro 52. Calculo m3 por zona y usuario.	148

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Masas de los materiales	162
Anexo 2. Herramienta para cálculo de volumen y masa de acero.	162
Anexo 3. Cálculo de la masa en vigas y zapatas de cimentación.	164
Anexo 4. Cálculo de la masa de columnas y cuerpo de columnas.	164
Anexo 5. Cálculo de la masa de vigas cumbreras y aéreas.	164
Anexo 6. Herramienta para cálculo de la masa de muros en ladrillo.	165
Anexo 7. Herramienta para cálculo de la masa de mortero.	165
Anexo 8. Herramienta para cálculo de la masa de pintura.	165
Anexo 9. Herramienta para cálculo de la masa de cerámica.	166
Anexo 10. Cálculo de la masa de vidrio y marco de ventanas.	166
Anexo 11. Cálculo de la masa de marcos de puertas y puertas.	166
Anexo 12. Cálculo de la masa de láminas de fibrocemento.	167
Anexo 13. Cálculo de la masa de tejas y piso de concreto.	168
Anexo 14. Ficha técnica de marco de ventana en PVC reciclado de la marca Deceunick Colombiana	168
Anexo 15. Ficha técnica de fibra de vidrio.	169
Anexo 16. Ficha técnica de tejas en polialuminio reciclado.	171
Anexo 17. Ficha técnica de pintura reciclada.	173
Anexo 18. Informe módulos fotovoltaicos vivienda 2, similar al de la vivienda 1	174
Anexo 19. Informe fotovoltaico de la vivienda 4, similar al de la vivienda 3	180
Anexo 20. Ficha técnica del tanque recolector de aguas pluviales y ficha técnica del tanque separador de grasas.	186

GLOSARIO

CABALLETE DE TECHO: También conocido como cumbrera, es un accesorio que facilita la unión en los cambios de dirección sobre las vigas horizontales. Está diseñado para cubrir la intersección de techos con dos pendientes, con el objetivo de unificar y dar un acabado continuo a la cubierta.

CARGA DE TRABAJO: La proporción de la capacidad total de trabajo que está siendo utilizada durante la operación del equipo.

CIMENTACIÓN CICLOPEA: Es una técnica de cimentación superficial que pertenece al grupo de las cimentaciones superficiales. En este tipo de cimentación, las cargas de las columnas se transmiten a la cimentación. Se utiliza principalmente en terrenos muy blandos en los que no se logra llegar a suelo firme. En suelos muy firmes, no hay necesidad de realizar una cimentación de este tipo.

CONTROL BOMBA: Sistema que regula el suministro de agua, conectándose automáticamente al suministro de agua potable cuando el nivel de agua de lluvia es bajo.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE: La cantidad de combustible utilizado por una máquina durante su operación, generalmente medido en litros (L).

CONVERSIÓN DE COMBUSTIBLE A ENERGÍA: Proceso de calcular la energía producida por la cantidad de combustible consumido. Por ejemplo, un litro de diésel equivale aproximadamente a 10.96 kWh.

CUBIERTA TELESCÓPICA: Cubierta ajustable en altura e inclinación que sella el depósito al nivel del suelo y puede ser transitable según el tipo de instalación.

DEPÓSITO CARAT XL: Tanque soterrado de gran capacidad, fabricado por la empresa Graf, diseñado para la recolección y almacenamiento de agua de lluvia.

ECO INDICADOR 99: Es una metodología de evaluación del impacto ambiental que se utiliza para medir y cuantificar la sostenibilidad de productos y procesos a lo largo de su ciclo de vida. Este método evalúa el impacto ambiental en diversas categorías, como el efecto sobre la salud humana, la calidad del ecosistema y el agotamiento de recursos. Los resultados se expresan en unidades llamadas "milipuntos".

EXTRACCIÓN: Proceso mediante el cual el agua de lluvia impulsada por una bomba se distribuye a diversas tomas de consumo, sustituyendo alrededor del 50% del agua potable sin pérdida de confort.

EFICIENCIA DEL EQUIPO: Un factor que representa la efectividad con la que un equipo convierte la energía consumida en trabajo útil. Se expresa como un porcentaje o fracción.

FIBRA DE VIDRIO: Material compuesto de finos filamentos de vidrio, utilizado como aislante térmico y acústico en la construcción.

FILTRO: Componente que limpia el agua antes de almacenarla en el depósito, garantizando su calidad. Existen diversos sistemas de filtración según las necesidades específicas.

GASTO ENERGÉTICO: La cantidad de energía consumida por un equipo o maquinaria durante su operación. Se mide típicamente en kilovatios-hora (kWh).

INDICADOR DE ELECTRICIDAD BV EUROPA (UCPTE): Un factor utilizado para calcular el impacto ambiental de la energía consumida, especialmente en términos de bajo voltaje (<1000 Volt).

IMPACTO AMBIENTAL: Efecto que las actividades humanas, como la construcción, tienen sobre el medio ambiente.

RADIACIÓN SOLAR: Es la energía emitida por el Sol, recibida por una superficie específica en un tiempo determinado, crucial para la eficiencia de los paneles solares.

INVERSORES: Dispositivos que convierten la corriente continua (CC) generada por los paneles fotovoltaicos en corriente alterna (CA) utilizable en la red eléctrica doméstica.

KWP (KILOVATIOS PICO): Medida de la potencia máxima que puede generar un sistema fotovoltaico en condiciones ideales de luz solar.

KWH (KILOVATIOS-HORA): Unidad de energía que representa el consumo de mil vatios durante una hora.

LOSA DE CIMENTACIÓN: Placa de concreto armado que distribuye el peso de la estructura sobre el terreno.

LÁMINAS DE TETRAPAK: Material propuesto para reducir el impacto ambiental, a partir de envases de Tetrapak reciclados que contienen polietileno y aluminio. El proceso de fabricación incluye la fusión del aluminio y plástico, seguido por un secado, recubrimiento con una película de plástico, y prensado en caliente para formar una placa resistente. Finalmente, el material se moldea en forma de teja.

MAMPOSTERÍA: Técnica de construcción que utiliza unidades individuales, como ladrillos o piedras, unidas con mortero.

MILIPUNTOS: Unidad de medida utilizada para cuantificar el impacto ambiental en evaluaciones detalladas que equivale a un kilogramo de desechos producidos por persona.

MÓDULO HABITACIONAL: Unidad básica de construcción que puede ser combinada con otras para formar una vivienda completa.

MÓDULO FOTOVOLTAICO: Conjunto de celdas solares interconectadas que generan electricidad al convertir la luz solar en energía eléctrica.

MICROFILTRO: Dispositivo que filtra partículas finas (0.1 mm) del agua de lluvia después de ser bombeada, ideal para su uso en lavadoras, fácil de limpiar y no requiere reemplazo.

ORIENTACIÓN DE PANELES: Dirección en la que se colocan los paneles solares para maximizar la captación de luz solar, influyendo en su eficiencia.

POTENCIA DEL MOTOR (KW): La cantidad de energía que el motor puede producir por unidad de tiempo, medida en kilovatios (kW).

PANELES SOLARES: Dispositivos compuestos por celdas fotovoltaicas que capturan la energía del sol y la convierten en electricidad.

POTENCIA DE GENERACIÓN: Capacidad máxima de producción de electricidad de un sistema fotovoltaico, medida en kilovatios pico (kWp).

PERFIL DE TEJA DE TETRAPAK: Diseño específico de las tejas de Tetrapak reciclado, moldeadas en caliente para adquirir su forma característica, según se muestra en la figura del documento.

REBOSADERO: Componente del sistema de tanques que elimina la capa flotante de partículas ligeras (como polen) cuando el depósito alcanza su capacidad máxima.

SISTEMA DE BATERÍAS: Conjunto de baterías que almacenan la energía producida por los paneles fotovoltaicos para su uso posterior, especialmente útil cuando no hay luz solar.

SOFTWARE PV*SOL: Programa utilizado para simular y diseñar sistemas fotovoltaicos, permitiendo adaptar modelos 3D de viviendas a ubicaciones específicas y analizar su eficiencia energética.

SEPARADOR DE GRASAS SAPHIR: Dispositivo utilizado en instalaciones donde las aguas residuales contienen grasa, compuesto por un área de precipitación, un colector de grasa, un colector de lodo y una toma de muestras. El sistema reduce el caudal del agua residual, permitiendo que los sólidos se hundan y las grasas floten, antes de que el agua residual fluya al alcantarillado.

SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE AGUA DE LLUVIA: Conjunto de componentes y mecanismos diseñados para captar, filtrar, almacenar y utilizar agua de lluvia para diversos usos no potables en una vivienda.

TEJAS DE FIBROCEMENTO: Material de cobertura para techos, compuesto de cemento y fibras, resistente y duradero.

TETRAPACK: Es una empresa multinacional fundada en Suecia, que diseña y produce soluciones de envasado de cartón y procesamiento para la Industria alimentaria.

TIPOLOGÍA DE VIVIENDA: Clasificación de las viviendas según sus características estructurales, materiales y métodos de construcción.

TIEMPO DE OPERACIÓN (H): El período durante el cual el equipo está en funcionamiento, medido en horas.

VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL: Es aquella que se desarrolla para garantizar el derecho a la vivienda de los hogares de menores ingresos, que cumple con los estándares de calidad en diseño urbanístico, arquitectónico y de construcción sostenible, y cuyo valor no exceda los 135 Salarios Mínimos Legales Mensuales Vigentes (SMLMV).

VIGAS AÉREAS: Elementos estructurales horizontales que soportan cargas y las distribuyen a las columnas o muros.

VIGAS CUMBRERAS: Vigas situadas en la parte superior de una estructura de techo, que soportan las cargas del techo.

ZNSHINE PV-TECH - ZXM6-NH144-450/M: Marca y modelo específico de los módulos fotovoltaicos utilizados en el proyecto, conocidos por su alta eficiencia y durabilidad

ZAPATA DE ENTRADA TRANQUILA: Elemento que facilita la sedimentación de partículas finas en el fondo del depósito, evitando el arremolinamiento y mejorando la oxigenación del agua.

RESUMEN

El sector de la construcción ha sido reconocido a nivel global como una de las principales causas de impacto ambiental, manifestando efectos considerables tanto de manera directa como indirecta en el entorno. En la ciudad de San Juan de Pasto, se ha observado un incremento en los proyectos de construcción, lo cual ha aumentado la presión sobre el ecosistema al introducir y generar diversos tipos de contaminantes.

Por este motivo, este estudio se enfoca en analizar la tendencia del impacto ambiental y las problemáticas asociadas a las viviendas de interés social en la ciudad de San Juan de Pasto. El objetivo es identificar los impactos negativos más relevantes relacionados con estas construcciones y sus materiales.

Para lograrlo, se emplea el eco-indicador 99, el cual se encuentra adaptado a la norma ISO 14040, específicamente en la fase c, *evaluación de impacto ambiental* ligado a los materiales utilizados. El propósito es comprender su alcance y grado de afectación en el medio ambiente, así como analizar las problemáticas que surgen con estas construcciones. Con estos datos, se busca proporcionar elementos y estrategias que contribuyan a una planificación futura más sostenible para estas viviendas. El objetivo final es mitigar el impacto ambiental negativo implementando métodos más eficientes y sostenibles.

A lo largo de este estudio, se realiza un inventario detallado de las viviendas en su estado actual. Esto permite cuantificar las afectaciones ambientales y evaluar su tendencia de impacto. Posteriormente, se interpretan los resultados para identificar los materiales que generan mayores implicaciones negativas. Se propone reemplazar estos materiales con alternativas que minimicen el impacto ambiental, haciendo uso de materiales con un indicador de menor valor al actual. Además, se apoya en estrategias de construcción sostenible para lograr una gestión más óptima de los recursos naturales en este tipo de proyectos, tales como el uso energía fotovoltaica y tanques de reserva.

Palabras clave: Ciclo de vida, Mitigación, Impacto ambiental, Eco indicador 99, Vivienda VIS.

ABSTRACT

The construction sector has been globally recognized as one of the leading sources of environmental impact, causing substantial effects directly or indirectly within the environment. The San Juan de Pasto city has seen a surge in construction projects, increasing pressure on the ecosystem by introducing and generating various pollutants.

Therefore, this study focuses on analyzing the environmental impact trends and issues associated with social housing in San Juan de Pasto. The aim is to identify the most significant negative impacts related to these constructions and their materials, all evaluated within the context of this research project.

To achieve this, the eco-indicator 99 is used as a tool to quantify environmental impacts associated with the materials used. The goal is to understand their extent and degree of impact on the environment, along with analyzing the issues arising from these constructions. The intent is to provide elements and strategies that contribute to a more sustainable future planning for these residences. The ultimate objective is to mitigate negative environmental impacts by implementing more efficient and sustainable methods.

Throughout this study, a comprehensive inventory of the current state of housing is conducted. This allows for quantifying environmental impacts and assessing their impact trends. Subsequently, the results are interpreted to identify materials causing the most significant negative implications. The proposal involves replacing these materials with alternatives that minimize environmental impact. Additionally, it relies on sustainable construction strategies to optimize the use of natural resources in these types of projects

Keywords: Eco indicator 99, Environmental effects, Social interest housing.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de la población mundial ha incrementado de manera significativa la demanda de recursos naturales extraídos del medio ambiente. Según las Naciones Unidas, la población global se ha multiplicado más de tres veces desde mediados del siglo XX, alcanzando los 8,000 millones de personas en noviembre de 2022. Este aumento contrasta con los 2,500 millones registrados en 1950 y puede relacionarse directamente con el impacto ambiental, descrito de forma general en la ecuación propuesta por Paul Ehrlich y John Holdren en la década de 1970: $I = PAT$. En esta ecuación, I representa el impacto ambiental, P la población, A la afluencia o nivel de consumo, y T la tecnología empleada. Este modelo ayuda a analizar cómo el tamaño de la población, el estilo de vida y las herramientas tecnológicas influyen en problemas ambientales como el cambio climático, la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales.

En el contexto de Colombia, el sector de la construcción tiene un impacto significativo. Según el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), este sector consume el 60% de los recursos naturales no renovables y el 40% de la energía del país, además de representar aproximadamente el 10% del consumo total de agua a nivel nacional. Asimismo, genera más de 22 millones de toneladas de escombros cada año, lo que evidencia su alta contribución a los desafíos ambientales.

Es así como en este contexto se encuentran herramientas para cuantificar el impacto de los materiales que afectan el medio ambiente. En este caso, se utiliza el Eco-indicador 99 como herramienta para determinar la tendencia de impacto de una vivienda tipo de interés social (VIS). Su concepto, según el Ministerio de Vivienda, reúne los elementos que aseguran su calidad de vida, estándar de planificación urbana, arquitectónica y de la construcción, por lo cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026. En cumplimiento de lo establecido en el artículo 91 de la Ley 388 de 1997, se estableció que la vivienda de interés social es aquella que se desarrolla para garantizar el derecho a la vivienda de los hogares de menores ingresos, que cumple con los estándares de calidad en diseño urbanístico, arquitectónico y de construcción sostenible, y cuyo valor no exceda de 135 Salarios Mínimos Legales Mensuales Vigentes (SMLMV).

Por lo anterior, el proyecto de investigación se realiza en San Juan de Pasto, departamento de Nariño. El objetivo es conocer la tendencia de los efectos ambientales de las viviendas unifamiliares de interés social, como es el caso del barrio Carlos Pizarro, que se toma como caso de estudio para conocer diferentes problemáticas ambientales relacionadas con la edificación y desarrollo de este tipo de viviendas. Para ello, se calculan indicadores de impacto con base en el Eco-indicador 99, que es un método de análisis de daño o impacto que modela el deterioro causado por una emisión utilizando análisis de objetivo, exposición, efectos y, finalmente, análisis de daño usando la unidad mili puntos. Esto permite

concluir la inclinación del impacto causado al medio ambiente y qué problemas se derivan del mismo.

Para finalizar, los resultados obtenidos arrojan una idea de cómo se están construyendo las viviendas de interés social en San Juan de Pasto. Asimismo, evidencian el uso de materiales que tienen un fuerte impacto en el medio ambiente y en las personas que allí habitan, dejando a plena vista un país considerablemente insostenible en el campo ambiental si no se toman las medidas preventivas correspondientes. Por lo tanto, se plantea una propuesta orientada a mitigar los impactos ambientales mediante la implementación de estrategias de construcción sostenible. Esto incluye una adecuada selección de materiales y la incorporación de prácticas que promuevan la sostenibilidad en las viviendas.

Este estudio podrá ser tomado como referencia para futuros proyectos de vivienda de interés social, convirtiéndose en una base para la construcción sostenible.

1. ASPECTOS GENERALES DEL TRABAJO DE GRADO

1.1 OBJETO O TEMA DE INVESTIGACIÓN

La investigación se enfoca en los problemas ambientales y la falta de proyección en la construcción de viviendas de interés social en San Juan de Pasto, debido a que no se está teniendo en cuenta la sostenibilidad ambiental en el desarrollo arquitectónico. Por lo tanto, se ha seleccionado el barrio Carlos Pizarro como un caso de estudio modelo para analizar esta problemática.

Es crucial entender que las acciones humanas han tenido un impacto negativo sobre el paisaje natural y los componentes del medio ambiente. En este contexto, el nivel de afectación está mayormente influenciado por la elección de materiales utilizados en el proceso constructivo del hábitat humano. En años recientes, se ha prestado mayor atención a las causas y efectos de esta transformación, especialmente debido a la disminución de las fuentes de energía no renovable a nivel mundial, la degradación de los recursos naturales y la generación de desequilibrios ecológicos y climáticos.

Por lo tanto, es necesario identificar los impactos ambientales más significativos y los problemas que estas construcciones están generando, con el fin de comprender la tendencia del impacto. Esto permitirá proponer medidas para mitigar su efecto directo en el medio ambiente y mejorar la calidad de estas viviendas para las personas que las habitan.

1.2 CONTEXTUALIZACIÓN

La investigación se desarrolla en el departamento de Nariño-Colombia, el cual está situado en la zona septentrional del continente suramericano y según los datos registrados en CORPOÑARIÑO dentro del plan de Gestión Ambiental 2016-2036,

se ubica entre los 00°31"08" y 02°41"08" de latitud norte y los 76°51"19" y 79°01"34" de longitud oeste, adicionalmente, limita al norte con el departamento del Cauca, en el extremo suroeste con la frontera de la República del Ecuador, al oriente con los departamentos de Putumayo y Cauca, y al occidente con el Océano Pacífico.

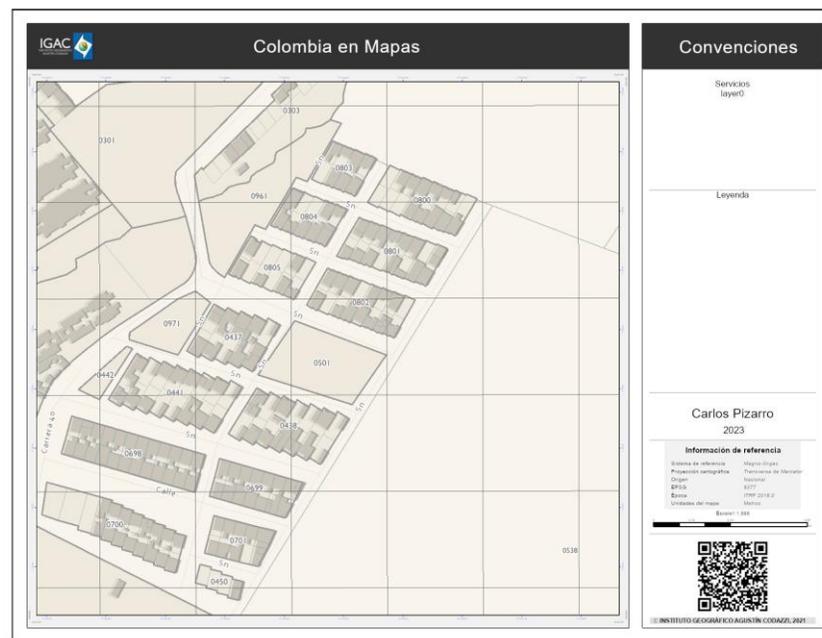
1.2.1 Macro contexto

El sitio de investigación de este estudio está ubicado en la ciudad de San Juan de Pasto en el municipio de Pasto, el cual es la capital administrativa del departamento de Nariño, ubicado en la parte oriental del departamento y en la parte suroeste de Colombia. Además, en el ámbito político administrativo se encuentra dividido en 12 comunas y 17 corregimientos en toda su extensión que equivale a 2.367 hectáreas, asimismo la sede de este municipio se encuentra a una altura de 2.527 metros sobre el nivel del mar. y es capaz de preservar un gran entorno natural dentro de la periferia, estando en el espacio de una ciudad media, que está en constante evolución a lo largo del tiempo.

1.2.2 Micro contexto

El presente estudio se desarrolla en la comuna 12 de la ciudad de San Juan del Departamento de Nariño cuenta con 98.400m² aproximadamente y 9.8 hectáreas, específicamente en el barrio Carlos Pizarro, el cual se ubica al oriente de la ciudad de Pasto, entre la vía oriente que conduce al departamento del Putumayo y la Comuna 10.

Figura 1. Urbanización Carlos Pizarro.



Fuente: INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC. Colombia en mapas (en línea). En: Colombia potencia de vida (Bogotá D.C): 2021 (consultada: 24, agosto, 2023). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.colombiaenmapas.gov.co/>.

1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.3.1 Planteamiento del problema

En la ciudad de Pasto, entre los años 2021 y 2024, se han radicado aproximadamente 20 proyectos de viviendas de interés social (VIS) a través de Comfamiliar de Nariño, que incluyen tanto apartamentos como casas. Sin embargo, estos proyectos no contemplan de manera adecuada los efectos ambientales derivados de este tipo de construcciones. Esta situación refleja una problemática que afecta no solo al medio ambiente, sino también al desarrollo arquitectónico de estas viviendas. Es crucial tener en cuenta que la arquitectura no solo da forma a los espacios habitables, sino que también influye de manera directa en el entorno natural y en la calidad de vida de las personas, lo que subraya la importancia de integrar criterios ambientales en el diseño y la construcción.

La falta de una selección adecuada y del uso de materiales que minimicen el impacto ambiental, junto con la ausencia de un enfoque bioclimático en los diseños, ha dado lugar a edificaciones que no optimizan el uso de recursos naturales, como la luz solar y el agua de lluvia. Esto genera un impacto significativo en el entorno natural y en la organización territorial, afectando negativamente la sostenibilidad y la calidad de vida de los habitantes.

Además, no existen planes de mitigación que aborden estos problemas sin alterar la naturaleza residencial de las viviendas VIS. Esta carencia de estrategias agrava los efectos ambientales, perpetuando prácticas constructivas que no contribuyen a la calidad del medio ambiente ni a la resiliencia del territorio.

Finalmente, es importante resaltar que, si no se adelanta un estudio que permita la búsqueda de materiales que causen impacto ambiental, ni se logra proponer alternativas de mitigación, esta se verá reflejada en el impacto exponencial que tendrá en los siguientes años, tanto en el entorno como para las personas que la habitan.

1.3.2 Pregunta problema

¿Cuál es el impacto medio ambiental que generan los materiales de construcción de la vivienda VIS unifamiliar en el barrio Carlos Pizarro en la ciudad de San Juan de Pasto, y qué estrategias de mitigación pueden implementarse con base en estos resultados?

1.4 JUSTIFICACIÓN

Es relevante estudiar el impacto ambiental generado por estas viviendas, especialmente en la ciudad de San Juan de Pasto, debido a su densificación, confort y ciclo de vida. Se destaca la importancia del análisis del espacio y la estructura arquitectónica para adoptar prácticas de construcción viables que contribuyan a reducir el deterioro ambiental de las viviendas remodeladas o generadas en el barrio Carlos Pizarro. Esto implica determinar qué tipo de material es efectivo o no para la construcción de viviendas de interés social, ya sea dentro del sector de trabajo o en posibles proyectos dentro de la ciudad, teniendo en cuenta el estudio bioclimático y de suelos realizado. Esta investigación enfatiza la responsabilidad social desde la empresa que avala la construcción de las viviendas, el diseñador del espacio, hasta el consumidor.

Inicialmente, el estudio se centra en los residentes del barrio Carlos Pizarro, considerando que todas las viviendas en esta área presentan una tipología común. Se analizan las estrategias de mitigación con el objetivo de asegurar un período de funcionamiento igual o superior a la vida útil actual. El ingeniero Néstor Iparraguirre afirma que “Desde el punto de vista contable e impositivo, se adopta como vida útil de un inmueble la de 50 años. Pero la experiencia histórica en todo el mundo ha demostrado que pueden ejecutarse viviendas que cumplan con estándares medios de ahorro energético que resulten en una vida útil de 70, 100 o más años con un mantenimiento de bajo costo”¹.

El estudio de los materiales que componen la vivienda de interés social en el barrio Carlos Pizarro en la ciudad de Pasto contribuirá al conocimiento general de la investigación que se ha venido realizando para determinar el impacto ambiental que ocasiona la construcción de este tipo de viviendas.

En caso de proponer diferentes alternativas de mitigación medioambiental estas pueden evocar a que a futuro se ejecuten estudios donde se apliquen y mediante una evaluación se puedan comprobar, dando paso a la verificación de dichos aportes realizados para la construcción de las viviendas.

Por medio del eco indicador 99 como herramienta principal se realiza un análisis de variables dentro de las cuales se pueden encontrar el impacto de los materiales y el tiempo, evaluando los efectos ambientales negativos de los materiales que se manejan actualmente en la vivienda de interés social, así como las condiciones de confort y habitabilidad, y permitir así, determinar si la planeación y los procesos

¹ IPARRAGUERRI, Nestor. La vida útil de la vivienda social debe ser el eje de la planificación de obra (en línea). En: UNICER Instituto de Investigación y desarrollo. (Buenos Aires): 2017 (consultada: 10, agosto, 2023). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.unicer.com.ar/notas/buenas-practicas102017.html>.

constructivos de las edificaciones están cumpliendo con la conservación y preservación del medio ambiente.

Por ende el uso de esta herramienta es fundamental para cuantificar los impactos ambientales de los materiales de construcción. Este método permite obtener una calificación precisa de los impactos ambientales generados, lo que resulta esencial para evaluar la sostenibilidad de las opciones constructivas en el sector de las viviendas VIS unifamiliares. Además, el Eco Indicador 99 no solo facilita la medición del impacto ambiental de los materiales en el contexto de esta investigación, sino que también ofrece un modelo replicable para estudios similares, permitiendo generar gráficas comparativas que potencian la toma de decisiones informadas y contribuyen a aumentar el nivel de sostenibilidad en proyectos de construcción.

Esta herramienta, por lo tanto, se presenta como un elemento clave para evaluar de manera integral los materiales utilizados y su impacto en el medio ambiente, lo cual es crucial para promover prácticas más sostenibles en la construcción de viviendas.

Es fundamental establecer políticas y regulaciones ambientales más estrictas para promover la construcción sostenible en el sector de las viviendas VIS unifamiliares. Estas regulaciones deben enfocarse en fomentar el uso de materiales sostenibles y en la implementación de prácticas de construcción que respeten el medio ambiente. La necesidad de estas políticas se respalda por los resultados de la investigación, que destacan la importancia de crear programas educativos y de concienciación dirigidos a arquitectos, constructores y propietarios de viviendas VIS unifamiliares, con el fin de incentivar la adopción de prácticas de construcción que contribuyan a la reducción del impacto ambiental.

Asimismo, se sugiere fortalecer la colaboración con la industria de la construcción para desarrollar soluciones innovadoras que minimicen el impacto ambiental de las viviendas VIS unifamiliares, utilizando herramientas como el Eco Indicador 99. Esta colaboración puede facilitar el desarrollo de estrategias que promuevan la sostenibilidad sin comprometer la funcionalidad y calidad de las viviendas. Además, se recomienda la implementación de análisis de ciclo de vida para evaluar el impacto ambiental de las viviendas a lo largo de todo su ciclo de vida, lo que permitirá identificar áreas específicas de mejora y optimizar los procesos constructivos para garantizar un menor impacto ambiental en el futuro.

Dentro de los estándares de construcción de viviendas, se encuentra la organización "Consejo Colombiano de Construcción Sostenible", la cual ofrece un apartado que resalta las buenas prácticas de VIS, avalado por un respaldo internacional. En sus publicaciones, se aborda un significado relevante para la investigación, según se menciona por los autores. "A pesar de que este concepto evoluciona a través del tiempo, la construcción sostenible es la práctica de planear, diseñar, construir, operar y habitar proyectos de construcción, con el fin de que sean económicamente eficientes, minimicen su impacto negativo en el ambiente y

maximicen su impacto positivo en los usuarios y en las comunidades a lo largo de su ciclo de vida”².

La investigación da paso a la creación de nuevos materiales de construcción para mitigar los problemas medioambientales que causan los mismos, mediante las estrategias que se desarrollan en el estudio.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Proponer estrategias de mitigación para reducir el impacto ambiental generado por los materiales utilizados en las viviendas de interés social unifamiliares en el barrio Carlos Pizarro, en la ciudad de San Juan de Pasto, mediante el uso del Eco Indicador 99 de la norma ISO 14040

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar la tipología de vivienda a analizar con el fin de realizar un inventario de los materiales que disponen.
- Diagnosticar los materiales que generan mayor deterioro ambiental a través del eco indicador 99 para diseñar herramientas de medición de impacto.
- Establecer lineamientos de construcción viables ambientalmente sobre el caso de estudio, con el fin de generar un modelo de aplicación para este tipo de proyectos.
- Comparar la tendencia del impacto ambiental en los tres tipos de vivienda de los materiales propuestos con los tradicionales, a fin de ser utilizados como planeación para futuras construcciones VIS.

1.6 ÁREA DE INVESTIGACIÓN

El estudio se realiza dentro del área de investigación “medio ambiente”, pues mediante evidencias y argumentos se demuestra el impacto ambiental que generan los materiales implementados en viviendas de interés social en la ciudad de San Juan de Pasto, los cuales no solo tienen implicaciones a nivel barrial sino municipal, afectando, por ende, el confort y la calidad de vida de los habitantes. Así mismo, el estudio aporta diferentes estrategias que hacen factible la realización de un modelo de vivienda enfocado en crear sostenibilidad, enlazando de este modo el

² PARDO, Andrés Felipe, et al. Introducción a la construcción sostenible (en línea). En: Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (Bogotá): 2020 (consultada 10, agosto , 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.cccs.org.co/wp/mitigacion/guia-introduccion-a-la-construccion-sostenible/>.

componente medioambiental con el ámbito de construcción, arrojando resultados que proporcionen el desarrollo de una ciudad sostenible, permitiendo así la mitigación del impacto ambiental.

1.7 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

El estudio se desarrolla bajo la línea de investigación “ciudad, paisaje y territorio”, pues se desenvuelve en el área de conexión directa entre construcciones, en este caso VIS y las afectaciones medioambientales que son resultado del uso de diferentes materiales, los cuales generan impacto al entorno, permitiendo cuantificar el estado actual que promueve un entendimiento del fenómeno urbano así como estrategias que permiten reemplazar el modelo actual de construcción, integrando así la funcionalidad que requiere una vivienda de interés social, sin postergar los impactos ambientales que proyectan el desarrollo urbano de la ciudad hacia un panorama sostenible, permitiendo obtener beneficios, tanto a los usuarios, como la mitigación del impacto dentro del tejido urbano

1.8 ANTECEDENTES

Estudiantes del programa de ingeniería de la Universidad Católica de Colombia llevaron a cabo un estudio sobre el impacto ambiental generado por las viviendas de interés social. El proyecto seleccionado para este estudio es Altos de la Villa, ubicado en el departamento de Boyacá, Colombia, específicamente en la ciudad de Tunja, en la dirección Diagonal 66 - N.º 10 – 54.

Para ello, se llevaron a cabo diversas actividades, como salidas de campo, investigaciones y la recopilación de información de fuentes virtuales, bibliográficas y marcos legales, así como estudios sobre climatología y el sistema hídrico.

Los datos del boletín climatológico mensual del IDEAM se utilizaron como base para realizar los estudios mencionados. La evaluación de impactos ambientales consta de tres etapas fundamentales, las cuales se basan en una adecuada recopilación de información bibliográfica que permita estimar, de manera cualitativa y cuantitativa mediante una matriz, los impactos asociados a este proyecto.

La metodología utilizada se basa en la ecuación presentada en el libro *Evaluación de Impacto Ambiental*.

$$Im = M * I * P \text{ Ecuación}$$

Donde Im corresponde al impacto, M corresponde a magnitud, I corresponde a importancia y P corresponde a peso del factor.

Dentro de las conclusiones destacadas el autor menciona:

Se determinó que el elemento ambiental más afectado fue el aire, esto debido a la emisión de gases, la emisión de material particulado y

emisión de ruido que se generan durante la construcción del proyecto, frente a esto se puede concluir que este impacto es inherente a cualquier tipo de proyecto de vivienda ya sea VIS o no VIS y que se puede mitigar con estrategias de construcción sostenibles durante el proceso de construcción³.

El autor menciona otra conclusión importante dentro del trabajo de investigación, en la cual indica:

Se evidencio que, debido a la construcción del proyecto VIS, se generó una afectación positiva al elemento socioeconómico del sector. Esto fue impulsado principalmente por la generación de empleo, por la activación del comercio y la industria, derivado de la construcción de la obra, este impacto es mayor en tipología de vivienda VIS que en uno no VIS, sin embargo, en cualquiera de los dos casos el impacto positivo podría ser aún mayor si se utilizaran estrategias de diseño sostenible⁴.

Es importante destacar que, aunque la metodología no corresponde a ninguna fase específica del ciclo de vida ni al Eco Indicador 99, su relevancia para la investigación radica en que permite realizar el análisis del impacto ambiental de este tipo de viviendas.

El segundo estudio analizado fue desarrollado por el Doctor Franz Caldero Uribe, un artículo de investigación titulado "Evaluación del mejoramiento del confort térmico con la incorporación de materiales sostenibles en viviendas en autoconstrucción en Bosa, Bogotá, Colombia".

El problema del confort se considera una condición básica en un entorno habitable que satisface la necesidad de protección y de contar con un espacio propio, independientemente de cómo reaccione este espacio ante las variables climáticas.

En este texto, el autor aborda la problemática del confort térmico como una condición fundamental del hábitat desde una perspectiva ambiental. Se sugiere analizar alternativas al uso de materiales sostenibles en la construcción de viviendas en lugar de los materiales tradicionales actuales. Además, se busca determinar si el uso de estos nuevos materiales puede mejorar el confort térmico, dado que este aspecto es recurrente en los estudios relacionados con la sostenibilidad de las viviendas.

³ DIAZ MALDONADO, Javier Felipe. Diagnóstico de impactos ambientales de proyectos de viviendas VIS y VIP en la ciudad de Tunja. Trabajo de grado en Ingeniería Civil. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Programa de Ingeniería Civil, 2020. p. 89.

⁴ DIAZ MALDONADO, Javier Felipe. Diagnóstico de impactos ambientales de proyectos de viviendas VIS y VIP en la ciudad de Tunja. Trabajo de grado en Ingeniería Civil. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Programa de Ingeniería Civil, 2020. p. 89.

El caso de estudio es una casa en proceso de autoconstrucción en Colombia donde aún no se han realizado estudios de análisis térmico de su tipología, debido a que al ser un país en vías de desarrollo, los hábitats endémicos o informales no toman en cuenta el aspecto bioclimático, el autor del proyecto aplicó la siguiente metodología para el caso de estudio: Se siguió el protocolo definido por la norma ISO 7730 para analizar los aspectos climatológicos del entorno, comunes en este tipo de investigaciones (como temperatura, humedad, velocidad del viento, entre otros). Posteriormente, se llevó a cabo una caracterización de los materiales existentes con el propósito de evaluar su inercia térmica utilizando herramientas estáticas de análisis de confort térmico, como la figura de Mahoney y el diagrama de Givoni.

Con el propósito de mitigar las deficiencias detectadas, se realizaron selecciones de materiales considerando aspectos como economía, sostenibilidad y conductividad. Se descubrió que el Tetrapak (producto de reciclaje) cumplía con dichas condiciones. El autor señala:

Aunque el fibrocemento y el Tetrapak tenían precios similares, se encontraron otros aspectos favorables para usar este último: leve disminución en la conductividad térmica y baja contaminación generada por un material que es producto del reciclaje. No obstante, se comprobó que, si se usaba solamente una teja de este material, no se obtenía el aislamiento térmico necesario, por lo que, además de las tejas exteriores, se usaron láminas Tetrapak para conformar un falso techo que le permitiera al hábitat tener un cámara de aire entre los dos elementos⁵.

Como resultado, el autor, mediante nuevas mediciones y la comparación con la nueva cubierta, pudo observar que la diferencia entre la temperatura exterior e interior se amplió en 6 grados, disminuyendo el déficit de confort térmico hasta 13 grados que presentaba la vivienda en horas específicas; además, de que permitió disminuir las emisiones de CO₂ en un 80%.

El autor llega a la conclusión de que es posible mejorar las condiciones de confort utilizando materiales sostenibles, sustituyendo materiales altamente contaminantes sin afectar el presupuesto destinado para la construcción.

Otra de las investigaciones analizadas fue la de los estudiantes de doctorado en Tecnología Avanzada del Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (Ciitec), Unidad Azcapotzalco, del Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México, los cuales han desarrollado un concreto fotovoltaico que mediante componentes orgánicos logra recrear el funcionamiento que realizan las plantas el cual se denomina

CALDERON URIBE, Franz. Evaluación del mejoramiento del confort térmico con la incorporación de materiales sostenibles en viviendas en autoconstrucción en bosa. Bogotá, Colombia. En: Scielo. Revista hábitat sustentable. Diciembre, 2019, Vol. 9, N°. 2. p. 37.

fotosíntesis. Este concreto logra absorber la luz solar convirtiéndola en energía la cual es cargada a los tomacorrientes permitiendo el paso de corriente eléctrica.

Los institutos tecnológicos siguen investigando para desarrollar un tipo de hormigón que cumpla con todos los requisitos estructurales necesarios para su aplicación en la construcción de aceras, puentes, cimientos, etc., mientras que al mismo tiempo pueda aprovecharse su capacidad para almacenar energía eléctrica de manera ecológica y sostenible. Esta energía podría ser utilizada para alimentar electrodomésticos, cargar dispositivos móviles y también para iluminación arquitectónica, entre otros usos.

Gutiérrez y Sierra, afirmaron “En la actualidad, el rubro de los llamados concretos avanzados busca un aumento en la resistencia a la compresión a la par de una mayor durabilidad que prolongue el tiempo de vida útil de una construcción”⁶.

En resumen, la investigación sugiere posibilidades prometedoras para su empleo en ingeniería sísmica y blindaje arquitectónico. Sin embargo, el uso actual se ve restringido por las regulaciones del Reglamento de Construcción de la Ciudad de México, que no contemplan la resistencia máxima de diseño ofrecida por estos materiales. Se necesitarán futuras investigaciones para abordar metodologías que permitan su aplicación, especialmente en una ciudad con riesgo sísmico como la capital del país.

Dentro de la investigación realizada por estudiantes de la universidad distrital de Colombia En el contexto de la creciente preocupación por los impactos ambientales de la industria de la construcción, el artículo de Bautista Gordillo y Loaiza Elizalde (2017) aborda la importancia de implementar estrategias de sostenibilidad en la construcción de viviendas de interés social en Colombia. La construcción tradicional ha sido identificada como una de las principales actividades responsables de la generación de residuos, uso intensivo de energía y agua, y la transformación del entorno natural, lo que produce una significativa huella ecológica. Por ello, el estudio propone alternativas sostenibles que podrían ser implementadas en el país, resaltando la necesidad de superar las barreras de desconocimiento y falta de normatividad en este campo.

Entre las estrategias propuestas, destacan el uso eficiente de recursos naturales mediante el diseño bioclimático, la iluminación natural y la incorporación de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, grises y subterráneas. En el ámbito de los materiales, se promueve el uso de concreto reciclado, bloques de tierra comprimida y eco-cemento, materiales que no solo disminuyen la dependencia de recursos no renovables, sino que también representan alternativas económicas viables. Además, se resalta el papel de las certificaciones ambientales, como LEED y el

⁶ GUTIÉRREZ OBESO, Orlando y SIERRA MÁRQUEZ, Euxis Kismet. Estudiantes de doctorado en Tecnología Avanzada del Centro de Investigación e Innovación Tecnológica. Ciudad de México. Entrevista publicada, 2019.

Sello Ambiental Colombiano para Edificaciones Sostenibles (SAC-ES), las cuales evalúan y garantizan la sostenibilidad de las edificaciones.

El artículo subraya la importancia de la educación y sensibilización como herramientas clave para fomentar la adopción de estas prácticas. Se propone capacitar tanto a las empresas constructoras como a los usuarios finales sobre los beneficios de la sostenibilidad, no solo en términos ambientales, sino también económicos, al reducir costos operativos a través de la eficiencia energética y el ahorro de agua. Adicionalmente, se destaca la necesidad de una acción gubernamental decidida, mediante la formulación de políticas públicas que incentiven el uso de estas técnicas y establezcan sanciones para quienes incumplan las normativas relacionadas.

Finalmente, los autores plantean la necesidad de evaluar los impactos ambientales de las edificaciones desde una perspectiva de ciclo de vida, abarcando desde el diseño hasta la demolición, con el fin de garantizar la reducción de emisiones de CO₂, el consumo de agua y la generación de desechos. Estas estrategias representan un enfoque integral que no solo busca mitigar los impactos negativos de la construcción, sino también transformar esta actividad en un motor para el desarrollo sostenible en Colombia.

De igual manera en la investigación presentada por Ortiz et al. (2010) presentan un enfoque integral para evaluar el impacto ambiental en la construcción mediante la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV). Este estudio, aplicado a un edificio típico en Cataluña, analiza las etapas de fabricación de materiales, transporte, consumo de energía en la construcción y gestión de residuos. La investigación destaca que la fase de fabricación de materiales es la más impactante, contribuyendo en un 88.3% al cambio climático, con materiales como el acero galvanizado y la cal presentando los mayores aportes negativos debido a sus altos niveles de emisiones y consumo de recursos.

Se estudiaron tres escenarios de gestión de residuos (vertedero, incineración y reciclaje), concluyendo que la incineración es efectiva en la recuperación de energía, especialmente para residuos peligrosos, mientras que el reciclaje es la mejor opción para reducir el consumo de recursos no renovables. Asimismo, se resalta la importancia de optimizar el diseño constructivo desde etapas iniciales mediante el uso de materiales de menor impacto y técnicas sostenibles.

Los resultados subrayan que los eco-indicadores son herramientas clave para medir impactos ambientales en categorías como cambio climático, agotamiento de recursos, consumo de agua, acidificación y eutrofización. Estos permiten tomar decisiones informadas, promoviendo la sostenibilidad en el sector constructivo y reduciendo los impactos negativos de la industria.

Este antecedente es relevante para investigaciones orientadas a la mitigación del impacto ambiental en la construcción, especialmente en viviendas de interés social,

donde la incorporación de estrategias sostenibles puede transformar los procesos constructivos en modelos más responsables con el medio ambiente.

1.9 ESTADO DEL ARTE

El análisis del ciclo de vida (ACV) tuvo su origen casi al mismo tiempo en Estados Unidos y Europa. El primer estudio documentado de este tipo se llevó a cabo en 1969 por el Midwest Research Institute (MRI) para Coca-Cola, con el objetivo principal de reducir el consumo de recursos y, en consecuencia, disminuir las emisiones al medio ambiente. Durante la década de 1970, las investigaciones en este campo continuaron. Instituciones como Franklin Associates Ltd., en colaboración con el MRI, desarrollaron más de 60 estudios empleando métodos de balance entre entradas y salidas, además de incluir cálculos relacionados con el consumo de energía. Entre 1970 y 1974, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos realizó nueve evaluaciones de envases para bebidas. Sin embargo, estos estudios revelaron que el ACV no era adecuado para cualquier contexto, especialmente para pequeñas empresas, debido a los elevados costos, el tiempo que demanda y el nivel de detalle requerido en la gestión interna de las compañías privadas.

En Europa, investigaciones similares sobre el análisis del ciclo de vida (ACV) comenzaron en la década de 1960. En Reino Unido, Lan Boustead realizó un estudio enfocado en la energía utilizada en la fabricación de envases de diversos materiales, como vidrio, plástico, acero y aluminio, específicamente para bebidas. Sin embargo, fue en los años ochenta cuando la aplicación del ACV experimentó un notable crecimiento, es así como se desarrollaron métodos para evaluar el impacto ambiental de los productos en distintas categorías.

La Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) desempeñó un papel fundamental al liderar las discusiones científicas relacionadas con el ACV. En 1993, esta organización formuló el primer código internacional conocido como *Code of Practice for Life Cycle Assessment*, que buscaba estandarizar la metodología empleada en los estudios de ACV.

Posteriormente, la Organización Internacional de Normalización (ISO) contribuyó significativamente a este progreso al establecer una estructura estandarizada para el ACV. Esto incluyó la unificación de métodos, procedimientos y terminologías, además del desarrollo de nuevas etapas, metodologías y herramientas informáticas diseñadas específicamente para implementar el ACV en plantas industriales y otras aplicaciones.

Es así cómo surge la metodología empleada para la evaluación del ACV que se encuentra en el apartado de la norma ISO 14040, el eco indicador 99, el cual está destinado al diseño de productos, finalmente publicado en 1999 el cual en su

manual especifica que “Los Eco-Indicadores son números que expresan el impacto ambiental total de un proceso o producto”⁷.

Por otra parte el concepto de desarrollo sostenible, introducido en la década de 1980, marcó un hito al establecer las bases de las políticas socioeconómicas modernas, enfocadas en proteger el medio ambiente y preservar los recursos naturales. En este contexto, surgió también el concepto de construcción sostenible, orientado a reducir y gestionar los residuos generados en las actividades constructivas, minimizar el uso de recursos, prevenir la contaminación, y contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Estas ideas están estrechamente vinculadas con los principios del análisis del ciclo de vida (ACV), ya que ambos buscan mitigar los impactos ambientales a lo largo de todo el proceso productivo.

Desde 1969, con la primera Ley de Política Ambiental Nacional en Estados Unidos, la evaluación de impacto ambiental (EIA) comenzó a tomar relevancia como herramienta de gestión ambiental, convirtiéndose en obligatoria en proyectos financiados con recursos públicos a partir de 1979. En Europa, la EIA fue implementada a través de una directiva de la Comunidad Económica Europea en 1985, ampliándose progresivamente en los años siguientes para abarcar proyectos con efectos significativos sobre el medio ambiente. En España, esta normativa se adaptó en 1986 y posteriormente se amplió para incluir un mayor número de actividades, consolidando su papel como herramienta regulatoria.

El manejo de residuos en la construcción también ha evolucionado significativamente. En 1999, el Informe Symonds de la Comisión Europea destacó la disparidad en la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) entre los países europeos. Mientras que algunos, como los Países Bajos, ya reciclaban una gran parte de estos residuos, otros, como España, presentaban rezagos en esta área. A partir de este informe, las administraciones públicas comenzaron a desarrollar planes nacionales para gestionar y reducir los RCD, estableciendo medidas que promovieran su reutilización y reciclaje. En España, a partir de 2008, se hizo obligatorio incluir un estudio de gestión de residuos en los proyectos constructivos, integrando acciones específicas para minimizar su generación y fomentar prácticas sostenibles.

“La construcción de vivienda urbana en Colombia, a lo largo de un siglo no muestra la inclusión de criterios o conceptos de gestión ambiental, significativos o vinculantes a través de políticas públicas específicas. Sin embargo, esfuerzos teóricos y académicos, han marcado la vanguardia con la aplicación de principios de sostenibilidad ambiental de manera aislada, procurando su articulación en las

⁷ GOEDKOOOP, Mark; EFFTING, Suzzane y COLLINGNO, Marcel. Anexo eco indicador 99: Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del Ciclo de Vida. Tercera edición. Lugar de publicación: Amersfoort-Países Bajos. PRé Consultans B.V. 1999. Pág. A5. Consultado: 5 de mayo de 2024.

políticas del desarrollo sostenible”⁸ de acuerdo al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible el (MADS), son iniciativas importantes para impulsar la arquitectura sostenible dentro del país que se miran reflejados en las prácticas de construcción actualmente empleadas, como por ejemplo, el desarrollado por Zapata y Restrepo en la construcción sostenible en proyectos de vivienda de interés prioritario (VIP) en Medellín representa un enfoque integral para reducir los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida de las edificaciones, desde la construcción hasta la operación y demolición. Este enfoque busca optimizar el desempeño ambiental y energético de las viviendas mediante el uso de materiales alternativos como ladrillos cerámicos modificados, los cuales integran recursos reciclados como combustibles sólidos recuperados (CSR) y cenizas volantes. Estos materiales permiten reducir el consumo de recursos no renovables, minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir la generación de residuos.

En términos de sostenibilidad, los ladrillos modificados presentan beneficios significativos, como la reducción de hasta un 25 % de los impactos ambientales en comparación con los ladrillos tradicionales.

El análisis del ciclo de vida (ACV), basado en la normativa ISO 14040, se utilizó para evaluar el impacto de los materiales en categorías clave como el cambio climático, haciendo uso del eco indicador 99, el consumo de recursos energéticos y las emisiones de dióxido de carbono.

Así mismo el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) en alianza con GBCI y USGBC, promovió el sistema LEED para comunidades la cual es una herramienta internacional diseñada para planificar, diseñar y operar comunidades sostenibles, buscando minimizar el impacto ecológico y fomentar el desarrollo urbano equilibrado.

"Con 21 proyectos registrados, Colombia se posiciona como un líder regional en la implementación de LEED para Comunidades"⁹ Actualmente, Colombia es el segundo país a nivel global con más proyectos registrados en esta modalidad, después de China. Desde 2021, el país ha mantenido un promedio de seis proyectos anuales, concentrados principalmente en Valle del Cauca, Bogotá y Antioquia. La certificación LEED para Comunidades evalúa categorías clave como procesos integrativos, transporte, eficiencia energética, gestión del agua y restauración de ecosistemas.

⁸ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Cartilla Criterios Ambientales Diseño y Construcción de Vivienda Urbana. En: Bogotá, Colombia. 2013. p 25.

⁹ CONSEJO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. LEED para Comunidades en Colombia: Informe de Impacto. En: Bogotá, Colombia. 2024. p 4.

1.10 MARCO TEÓRICO

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una metodología ampliamente utilizada para evaluar los impactos ambientales asociados con un producto, proceso o actividad a lo largo de su ciclo de vida completo. Este enfoque permite identificar y cuantificar los impactos ambientales desde la extracción de materias primas hasta la disposición final, incluyendo todas las etapas intermedias como la fabricación, distribución, uso y fin de vida útil del producto.

La Norma ISO 14040 establece los principios y procedimientos para realizar un ACV de manera sistemática y consistente. Esta norma define cuatro fases principales del ACV: definición del objetivo y alcance, análisis del inventario, evaluación del impacto e interpretación de resultados.

La fase de definición del objetivo y alcance es crucial para establecer los límites y objetivos del estudio de ACV. Aquí se determina qué aspectos del ciclo de vida del producto se van a analizar y qué impactos ambientales se van a evaluar.

En la fase de análisis del inventario se recopilan y cuantifican todas las entradas y salidas de materiales, energía y residuos asociados con el producto o proceso en cuestión. Esta fase proporciona una visión detallada de los flujos de recursos y los impactos ambientales potenciales en cada etapa del ciclo de vida.

La evaluación del impacto consiste en evaluar los efectos ambientales de las entradas y salidas identificadas en la fase de análisis del inventario. Se utilizan modelos y métodos para estimar los impactos en categorías específicas, como el cambio climático, la acidificación, la eutrofización, entre otros.

Finalmente, la interpretación de resultados implica analizar y comunicar los hallazgos del estudio de ACV. Se evalúan las implicaciones ambientales de los resultados y se identifican áreas de mejora potencial para reducir los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida del producto.

1.10.1 Tipología de vivienda

Como tal, La tipología es el estudio de tipos básicos capaces de formar normas pertenecientes al lenguaje de la arquitectura. Puede referirse a la disposición de los pisos de una residencia, como el número de dormitorios, baños, etc.

La vivienda es más que un mero objeto fijo; constituye un entorno dinámico en constante cambio y ajuste, donde los habitantes desarrollan sus actividades diarias. Es esencial que el diseño de la vivienda se adecúe a las demandas de los residentes y a las características del entorno circundante.

1.10.2 Eco indicador 99

El Eco-indicador 99 es una metodología de evaluación del ciclo de vida (LCA, por sus siglas en inglés) que se utiliza para medir y comparar los impactos ambientales de productos y procesos.

Aunque el Análisis del Ciclo de Vida (Life Cycle Assessment o LCA) es una buena herramienta para valorar el comportamiento ambiental de un producto, y aunque es utilizada a menudo por los diseñadores, LCA supone una gran inversión de tiempo y dinero. Los diseñadores tienen que tomar numerosas decisiones, especialmente cuando se trata de productos complejos. Además, los resultados del LCA no suelen inclinarse claramente hacia un producto o material frente a otro, sino que deben ser valorados e interpretados. El Eco-indicador 99 es un método LCA especialmente destinado al diseño de productos, y ha demostrado ser una poderosa herramienta para los diseñadores a la hora de interpretar los resultados de los LCA mediante sencillos números o unidades, los llamados Eco-indicadores¹⁰.

El Eco-indicador 99 se enfoca en tres principales categorías de impacto ambiental:

- Daño a la salud humana: Incluye enfermedades, efectos tóxicos y otros impactos que afectan la salud de las personas.
- Daño a la calidad del ecosistema: Considera la pérdida de biodiversidad, efectos en los ecosistemas y en la fauna y flora.
- Agotamiento de recursos: Evalúa el uso de recursos naturales y su agotamiento, como minerales y combustibles fósiles.

1.10.3 Construcción sostenible

De acuerdo con Mojica y Cuellar¹¹ La premisa fundamental en la integración de materiales sostenibles en la industria de la construcción es la reducción del consumo de recursos escasos y perjudiciales para el medio ambiente. Se busca, en este sentido, disminuir la dependencia de metales escasos, metales pesados y minerales extraídos de manera intensiva, así como evitar la utilización persistente de materiales derivados del petróleo y maderas provenientes de las selvas tropicales. Además, se pretende minimizar la utilización de empaques y envolturas

¹⁰ GOEDKOOP, Mark; EFFTING, Suzzane y COLLINGNO, Marcel. Anexo eco indicador 99: Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del Ciclo de Vida. Tercera edición. Lugar de publicación: Amersfoort-Países Bajos. PRÉ Consultans B.V. 1999. Pág. 4. Consultado: 5 de octubre de 2023. Disponible en la dirección electrónica: https://proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Herramientas/Eco%20indicador%2099%20ca.pdf.

¹¹ MOGICA, Paola y CUELLA, Sergio. Construcciones sostenibles: materiales de bajo impacto ambiental. En: Industria y Comercio Superintendencia (Bogotá): noviembre, 2022 (consultada: 13, octubre, 2023). Disponible en la dirección electrónica: https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/2022/Construcciones_Boletin.pdf

de un solo uso, así como evitar la disposición de materiales de construcción y residuos tóxicos en rellenos sanitarios, cuerpos de agua o ecosistemas naturales. Para orientar el proceso de construcción hacia prácticas más sostenibles, es esencial que los edificios sean concebidos con la capacidad de ser desmantelados, transformables y reciclables. Esto implica la elección de materiales con un menor impacto ambiental, preferiblemente no tóxicos o capaces de degradarse de manera natural. Es fundamental garantizar que los materiales residuales resultantes del proceso de reciclaje sean inofensivos para el medio ambiente y la salud humana.

Cuando se abordan los problemas ambientales en la arquitectura, ya sea en edificaciones ecológicas, bioclimáticas, sostenibles, energéticamente eficientes o de diseño verde, una de las críticas más frecuentes se refiere a la apariencia visual de las obras relacionadas con estos enfoques.

Según el Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible¹², en su cartilla criterios ambientales para el diseño y construcción, la arquitectura sostenible reflexiona sobre el impacto ambiental de todos los procesos implicados en una vivienda, las técnicas de construcción que supongan un mínimo deterioro ambiental, la ubicación de la vivienda y su impacto con el entorno, el consumo de energía en el funcionamiento, esto quiere decir en el uso, y su impacto, llegando inclusive al reciclado de los materiales cuando la casa ha cumplido su función y se derriban

1.10.4 Vivienda de interés social

Según el Decreto 949 del año 2022, en Colombia la Vivienda de Interés Social (VIS) es aquella que reúne los elementos que aseguran su habitabilidad, estándares de calidad en diseño urbanístico, arquitectónico y de construcción, cuyo valor máximo es de ciento treinta y cinco salarios mínimos legales mensuales vigentes (135 smlm).

La esencia de la arquitectura social va más allá de simplemente erigir viviendas económicas; se centra en el desarrollo de comunidades dinámicas y cohesionadas. Esto conlleva no solo la planificación de alojamientos asequibles, sino también la creación de áreas públicas seguras y de fácil acceso, la prestación de servicios de calidad y oportunidades laborales, así como la promoción de una participación activa de los residentes en la toma de decisiones que impactan en sus vidas.

¹² COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana. En: Colombia Potencia de la Vida. (Bogotá, D.C): Julio, 2012 (Consultada: 1, noviembre, 2023). Disponible en la dirección electrónica: https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Cartilla_Criterios_Ambientales_Diseño_y_Construcción_de_Vivienda_Urbana.pdf.

Según el proyecto desarrollado por el CCCS, *Estrategias para la vivienda de interés social sostenible en Colombia*¹³, es esencial implementar diversas estrategias que aseguren tanto la eficiencia energética como la reducción de la huella de carbono, sin dejar de priorizar el bienestar de los ocupantes y la optimización de los recursos. Estas estrategias incluyen: bienestar, carbono embebido, carbono operacional, confort térmico, eficiencia energética, emisiones de GEI, habitabilidad, medidas pasivas, materialidad y medidas activas.

1.11 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

El uso de variables cuantificables, a través del eco indicador 99, son fundamentales porque permiten obtener datos numéricos precisos y medibles de las condiciones en las que se encuentran los materiales que conforman las diferentes viviendas de interés social dentro del área de estudio y cómo estos contribuyen al impacto medioambiental, lo que brinda objetividad y rigurosidad a los resultados obtenidos. Al contar con valores cuantitativos, se facilita el análisis estadístico y la aplicación de métodos de inferencia que fortalecen la validez y confiabilidad de los hallazgos.

En este sentido, se han seleccionado dos variables principales para llevar a cabo la investigación: La masa y el impacto

La masa de los materiales utilizados en las viviendas de interés social es un aspecto clave a considerar. Se refiere a la cantidad de materia en cada material, medida en kilogramos (kg). La importancia de introducir la masa como una variable cuantificable radica en su relación con el Eco-indicador 99, el cual engloba los marcadores de impacto ambiental en milipuntos (mPt) por cada kg de material.

Al considerar la masa como una variable cuantificable, se pueden realizar cálculos tendenciales del impacto de la materialidad de la tipología de vivienda.

Esto significa que, al conocer la masa de los materiales usados, es posible obtener datos aproximados sobre el impacto ambiental de la construcción. Estos datos son necesarios para evaluar y comparar el rango de impacto general de las viviendas.

Al tener acceso al valor mencionado, se pueden ejecutar estimaciones más precisas y tomar decisiones informadas sobre los materiales a emplear en futuras construcciones de viviendas de interés social.

Por otro lado, el impacto ambiental se refiere a los efectos negativos que tienen las viviendas de interés social sobre el medio ambiente, incluyendo la emisión de gases de efecto invernadero, la generación de residuos y la degradación del suelo, entre otros.

¹³ CONSEJO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. VIS 4.0: Estrategias para la vivienda de interés social sostenible en Colombia 2024. En: Bogotá, Colombia. 2024. p 14.

Para evaluar y cuantificar el impacto ambiental de los materiales utilizados en las viviendas, se lleva a cabo un análisis detallado. En primer lugar, se calcula la masa de cada uno de los materiales que conforman el módulo de vivienda en estudio. Esto permite determinar cuánta masa tiene cada material por unidad de volumen y establecer una base sólida para el análisis. Posteriormente, se emplea una hoja de cálculo especialmente diseñada para asignar el indicador de impacto ambiental correspondiente a cada material. Este indicador se establece en la cartilla del Eco-indicador 99, la cual abarca diversos aspectos ambientales, desde la generación hasta el consumo energético asociado a la creación del producto.

Es fundamental conocer las unidades de impacto del eco indicador 99 para comprender el termino milipuntos, la cartilla del eco indicador planea que.

“Punto Eco-indicador” (Pt). En las listas de Eco-indicadores se emplea normalmente la unidad de milipuntos (mPt), es decir: $700 \text{ mPt} = 0.7 \text{ Pt}$.

Es decir, 1mPt equivale a 1kg de desecho producido por personas.

Una vez asignados los indicadores de impacto, se procede a obtener las cifras de impacto ambiental en mili puntos. Estas cifras representan la magnitud del impacto ambiental generado por la cantidad de material empleado en la construcción de las viviendas.

La introducción de variables cuantificables, como la masa de los materiales y las cifras de impacto ambiental, permite realizar análisis comparativos y tomar decisiones informadas para mitigar el impacto ambiental. Además, estos datos cuantitativos respaldan la transparencia y la objetividad en la evaluación del impacto ambiental de las viviendas.

1.12 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

El uso del eco indicador 99 como instrumento para medir el impacto ambiental de las viviendas de interés social permitirá identificar que ciertos materiales utilizados en su construcción tienen un mayor impacto negativo en comparación con otros.

Considerando que las viviendas de interés social son construidas en gran escala y con recursos limitados, es necesario evaluar el impacto ambiental de los materiales usados en su construcción. Se hipotetiza que el eco indicador 99, al considerar los marcadores de impacto en “milipuntos” por cada kg de material, permitirá obtener información valiosa sobre el impacto que cada uno de ellos tiene en el medio ambiente.

La hipótesis se basa en la premisa de que ciertos materiales, debido a su composición o proceso de fabricación el cual se estipula en el indicador de cada material en la cartilla del eco indicador 99, pueden generar un mayor impacto ambiental en comparación con otros. Al aplicar este indicador, que cuantifica el

impacto en una unidad de medida específica, se podrá determinar el nivel de impacto ambiental de cada material y establecer comparaciones entre ellos.

En consecuencia, se espera que esta investigación revele que mediante el estudio del impacto ambiental de los materiales empleados en las viviendas de interés social, como aquellos que podrían generar altas emisiones de gases de efecto invernadero durante su producción o que requieren grandes cantidades de energía para su fabricación, tengan un mayor impacto ambiental en comparación con otros materiales más sostenibles y eco-amigables.

1.13 METODOLOGÍA

1.13.1 Paradigma

La investigación se inscribe en el paradigma del Positivismo el cual busca el conocimiento objetivo y basado en la evidencia empírica. Al utilizar este paradigma, se busca obtener resultados precisos y verificables que respalden la investigación.

Además, el paradigma positivista busca establecer relaciones causales y leyes generales. En el contexto del impacto ambiental en viviendas de interés social, el eco indicador 99 permite identificar patrones y tendencias de impacto ambiental en diferentes materiales. Esto facilita la formulación de leyes o principios generales sobre el impacto ambiental en este tipo de viviendas y proporciona una base sólida para la toma de decisiones y la implementación de estrategias.

1.13.2 Enfoque

El Eco Indicador 99 es la herramienta que se usa para la utilización de mediciones y datos cuantitativos para evaluar el impacto ambiental de los materiales empleados en la construcción de viviendas. Este indicador proporciona una herramienta objetiva y específica (milipuntos) para analizar cómo cada material contribuye al ciclo de vida ambiental de una vivienda, desde su extracción y fabricación hasta su disposición final.

1.13.3 Método

La metodología se basa en el método científico, debido a su enfoque riguroso y sistemático. El método científico implica la formulación de una hipótesis, que en este caso es la suposición de que ciertos materiales utilizados en las viviendas de interés social tienen un mayor impacto ambiental en comparación con otros. Luego, se lleva a cabo una recolección de datos y una evaluación objetiva utilizando el eco-indicador 99 como herramienta de medición.

Además, el método científico se basa en la observación y la recopilación sistemática de datos empíricos, teniendo en cuenta las variables que determinan la veracidad del mismo, dentro de los cuales se encuentran la masa de los materiales y el

impacto medio ambiental. En este caso, se recopilan datos sobre la densidad de los materiales, la cantidad, el tiempo todos estos relacionados con el impacto ambiental.

1.13.4 Población

La población objeto de este estudio corresponde a las 237 viviendas de interés social que conforman el barrio Carlos Pizarro.

1.13.5 Muestra

La muestra para el objeto de estudio es no probabilística, lo que significa que no se utiliza un nivel de confianza ni un margen de error. En su lugar, se seleccionaron 28 viviendas de las 237 que conforman el barrio Carlos Pizarro. Es importante destacar que estas 28 viviendas se dividen en 4 tipos, según su ubicación respecto al norte, con el fin de realizar un análisis bioclimático. Las viviendas fueron seleccionadas bajo los siguientes criterios:

- Todas las viviendas tienen un solo nivel.
- Todas tienen la misma distribución arquitectónica.
- Todas poseen los mismos materiales.

1.13.6 Tipo de investigación

La investigación se clasifica como explicativa, ya que busca establecer una relación de causa y efecto entre dos variables específicas: el tipo de materiales empleados en la construcción de Viviendas de Interés Social (VIS) y el impacto ambiental resultante. La masa de los materiales utilizados se considera la variable independiente, mientras que el impacto ambiental generado es la variable dependiente. El objetivo es determinar cómo la masa de los materiales influye en el impacto ambiental y, una vez identificado el impacto total, determinar la reducción lograda con los materiales propuestos. Para evaluar este aspecto, las variables utilizadas son el impacto medido en mPt y el tiempo medido en meses.

1.13.7 Diseño de investigación

El diseño de investigación adoptado es no experimental. Esto se debe a que los materiales utilizados en la construcción de las viviendas de interés social (VIS) en el barrio Carlos Pizarro no pueden ser manipulados. La selección de estos materiales fue una decisión tomada por los diseñadores y dueños de las viviendas del barrio, y no pueden ser modificados para los propósitos de esta investigación.

1.13.8 Técnicas de recolección de la información

Para el caso de estudio cuantitativo bajo el eco indicador 99 se usa la técnica de recolección de información, Se utiliza como insumos en el cálculo del impacto

ambiental total, considerando factores como la cantidad de material utilizado, su procedencia y su impacto en el ciclo de vida.

En el contexto del eco indicador 99 permite cuantificar y comparar el impacto ambiental de diferentes materiales, lo que ayuda a identificar opciones más sostenibles y tomar decisiones informadas en cuanto a la selección de materiales en términos de su impacto ambiental.

1.13.9 Instrumentos de recolección de la información.

Para la recolección de la información se realizará diferentes tablas en formato Excel, las cuales exponen en diferentes graficas la correlación que tienen las variables de masa e impacto a través del eco indicador 99, convirtiéndose en una hoja de cálculo, dentro de la cual se asigna el indicador de impacto establecido, según el instrumento previamente analizado y obteniéndose las cifras de impacto ambiental en mili puntos.

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TIPOLOGÍA DE VIVIENDA

Para dar inicio a la investigación se analiza la tipología de vivienda identificada en el barrio Carlos Pizarro la cual se caracteriza por ser predominantemente unifamiliar y adosada (ver Figura 2).

Es importante destacar que las viviendas de este barrio no fueron construidas por empresas constructoras ni como parte de un programa de ayuda gubernamental. Fueron los propios propietarios de los lotes quienes llevaron a cabo la edificación de sus viviendas, siguiendo una misma tipología.

Estas viviendas comparten notables similitudes con las casas de interés social construidas en las proximidades del municipio de Nariño. Esta observación sugiere una uniformidad en el diseño y distribución de las viviendas en el área estudiada. Se destaca que la casa típica en este barrio consta de sala-comedor, cocina, un baño, tres habitaciones y una zona de lavado. Además, se resalta la posible influencia de políticas de vivienda de interés social en la planificación y construcción de las casas en el barrio Carlos Pizarro.

En lo que respecta al uso de materiales en la vivienda del barrio Carlos Pizarro, se destaca la presencia de materiales convencionales, los cuales son comunes en muchas viviendas de interés social. Entre estos materiales se incluyen el concreto y el hierro.

El uso de concreto y hierro en la construcción de estas viviendas es un reflejo de prácticas estándar en el sector de la construcción, especialmente en proyectos que buscan una combinación de durabilidad, economía y eficiencia en la construcción. Estos materiales son conocidos por su resistencia y capacidad de soportar las demandas estructurales a lo largo del tiempo.

Figura 2. Vivienda tipo en el barrio Carlos Pizarro.



Fuente. Esta investigación.

2.1 MATERIALIDAD DEL MÓDULO HABITACIONAL

Una vez identificado el tipo de vivienda, se lleva a cabo un análisis exhaustivo de los materiales utilizados en el módulo habitacional en su estado actual dentro de la zona de estudio específica. El objetivo es cuantificar los diversos impactos de cada componente de construcción de la edificación. Para obtener estos datos de manera precisa, se emplea la metodología del análisis de ciclo de vida de la norma ISO 14040 con ayuda del eco indicador 99. Esta metodología permite inicialmente generar un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para el módulo construido. En esta etapa, se recolectan todos los datos de la materialidad que constituyen el módulo arquitectónico de vivienda de interés social en el barrio Carlos Pizarro.

Junto a lo anterior, en esta primera fase del estudio se desarrolla una herramienta de cálculo específica para la tipología de vivienda de interés social que se investiga. Esta herramienta permite una determinación más eficiente de los materiales empleados en el proceso de construcción, así como sus respectivas cantidades. Para lograrlo, se categorizan y organizan cada uno de los elementos que forman parte de la vivienda, considerando sus valores y características, variables previamente mencionadas. Los elementos correspondientes se encuentran diligenciados en el cuadro 1.

Cuadro 1. Inventario de materiales de vivienda.

INVENTARIO DE MATERIALES DE VIVIENDA
Ladrillo común recocido en muros
Mortero de unión
Pintura acrílica
Concreto reforzado 3000 PSI para columnas, vigas de cimentación, zapatas, vigas aéreas, vigas cumbreras y piso
Laminas de fibrocemento para tejado
Cerámica para piso y enchape de pared
Lamina de hierro para puertas y marcos de ventanas
Madera tipo pino para puertas y marcos de ventanas
Vidrio de 4mm
Laminas de superboard para cielo raso

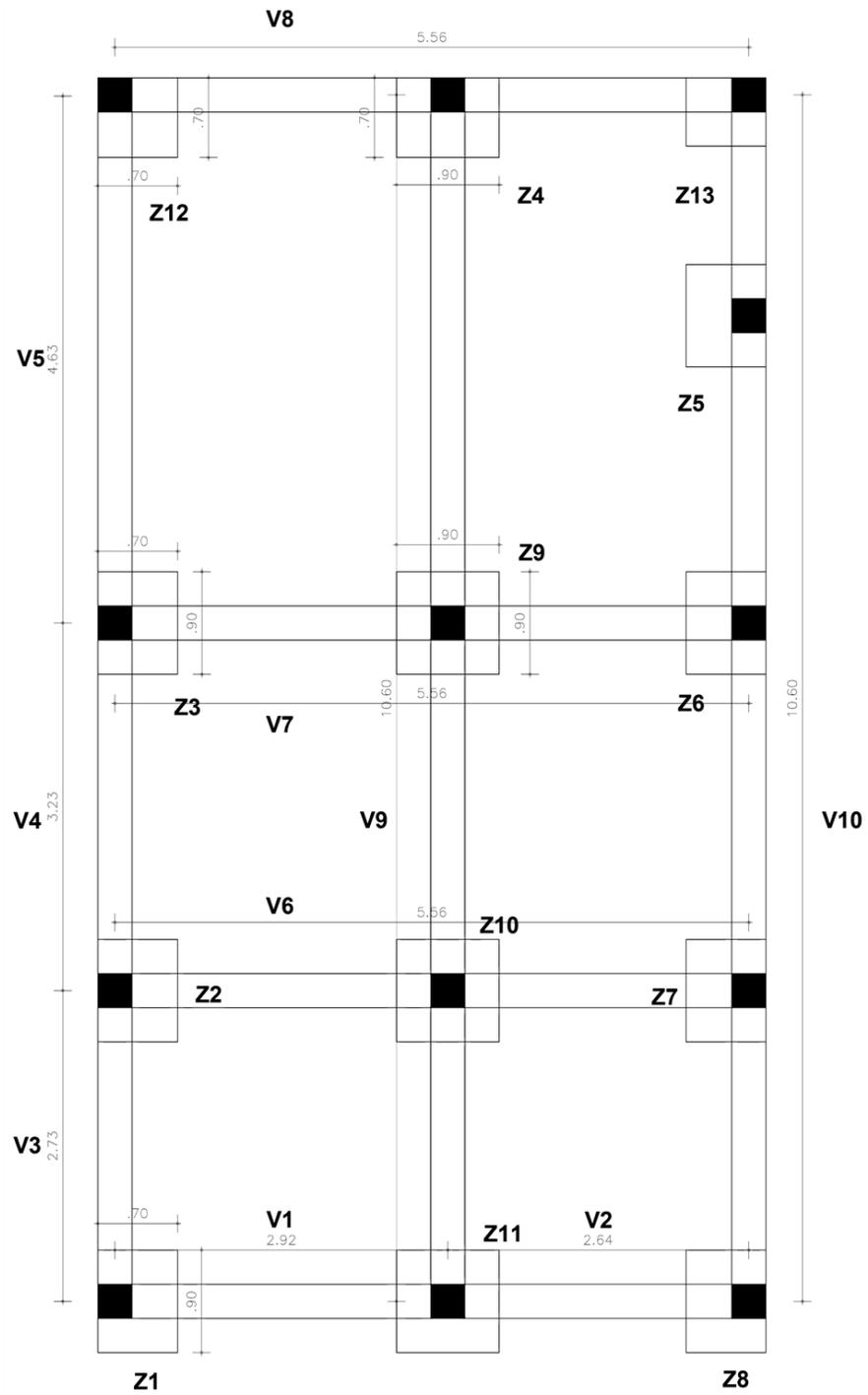
Fuente. Esta investigación.

2.1.1 Zapatas y vigas de cimentación

Una vez completado el inventario general de materiales para la edificación (Cuadro 1), el siguiente paso consiste en calcular las áreas y volúmenes correspondientes a cada uno de ellos. Esto permitirá determinar la masa en kg, un dato esencial para posteriormente analizar la tendencia del impacto negativo ambiental. En particular, se emplean el eco indicador 99 y la unidad mPt como instrumentos para determinar el indicador ambiental por kg/m³ de material, lo que contribuirá a una evaluación más detallada de los efectos ambientales.

Dentro de la primera fase del análisis para determinar el volumen de cada material, se lleva a cabo un desglose de los componentes a nivel estructural. Esto conduce al estudio de las vigas de cimentación y zapatas. Para el cálculo adecuado, se considera el tipo de figura tridimensional que representan (prisma rectangular con base rectangular) y se aplican las fórmulas correspondientes para calcular su volumen (ver Figura 3)

Figura 3. Planta de vigas de cimentación y zapatas de cimentación.



Fuente. Esta investigación.

Cuadro 2. Cálculo de volumen vigas y zapatas de cimentación.

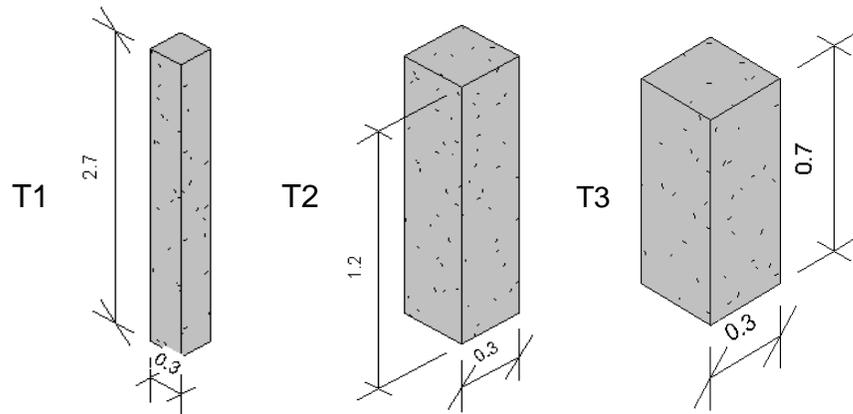
INVENTARIO DE MATERIALES								
MATERIAL	ID	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	AREA M2	H	VOLUMEN M3
VIGAS DE CIMENTACIÓN EN CONCRETO	VC1	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	2,92	0,30	0,88	0,32	0,28
	VC2	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	2,64	0,30	0,79	0,32	0,25
	VC3	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	2,73	0,30	0,82	0,32	0,26
	VC4	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	3,23	0,30	0,97	0,32	0,31
	VC5	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	4,63	0,30	1,39	0,32	0,44
	VC6	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	5,56	0,30	1,67	0,32	0,53
	VC7	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	5,56	0,30	1,67	0,32	0,53
	VC8	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	5,56	0,30	1,67	0,32	0,53
	VC9	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	10,60	0,30	3,18	0,32	1,02
	VC10	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	10,60	0,30	3,18	0,32	1,02
TOTAL M3								5,19
ZAPATAS DE CIMENTACIÓN EN CONCRETO	ZAPATA L, 1	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16
	ZAPATA L, 2	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16
	ZAPATA L, 3	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16
	ZAPATA L, 4	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16
	ZAPATA L, 5	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16
	ZAPATA L, 6	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16
	ZAPATA L, 7	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16
	ZAPATA L, 8	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16
	ZAPATA C, 9	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,90	0,90	0,81	0,25	0,20
	ZAPATA C, 10	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,90	0,90	0,81	0,25	0,20
	ZAPATA C, 11	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,90	0,90	0,81	0,25	0,20
	ZAPATA E, 12	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,70	0,70	0,49	0,25	0,12
	ZAPATA E, 13	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,70	0,70	0,49	0,25	0,12
TOTAL M3								2,11

Fuente: Esta investigación.

2.1.2 Columnas en concreto

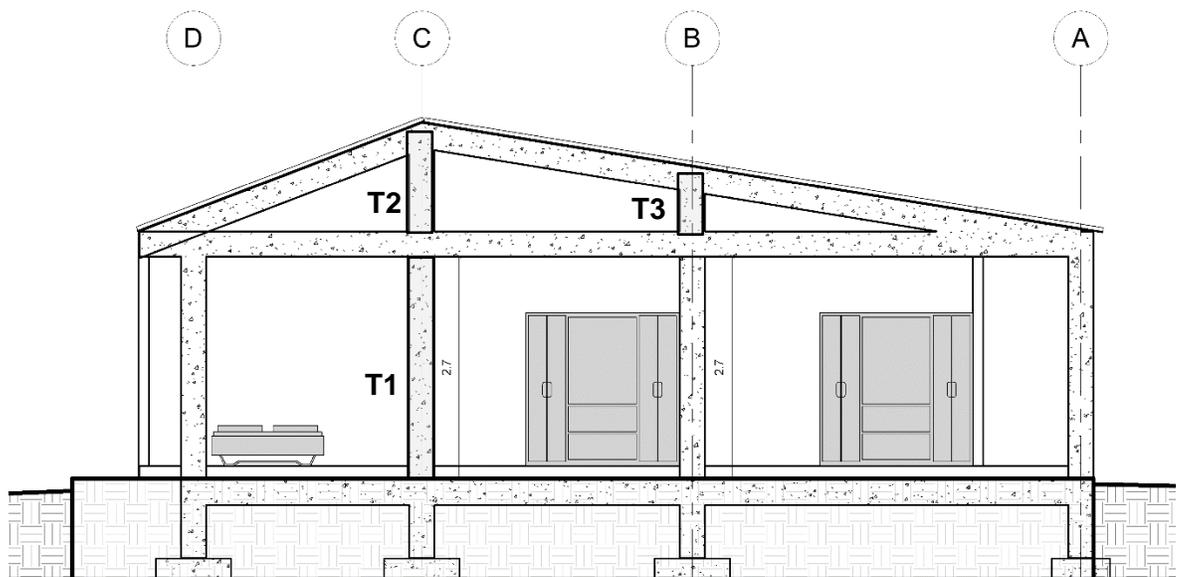
En el análisis de los componentes estructurales de las viviendas de interés social, se enfatiza la importancia de las columnas en el sistema de soporte del edificio. Se realizan cálculos para determinar el área y volumen de estas columnas. Se consideran tres tipos de columnas con tres dimensiones distintas. El primer tipo se mide desde su conexión con las vigas de cimentación hasta su encuentro con las vigas cumbreras, mientras que los tipos 2 y 3 abarcan desde la viga cumbreira hasta la viga aérea (Figura 4, 5 y 6, Cuadro 3).

Figura 4. Tipos de columnas en la vivienda.



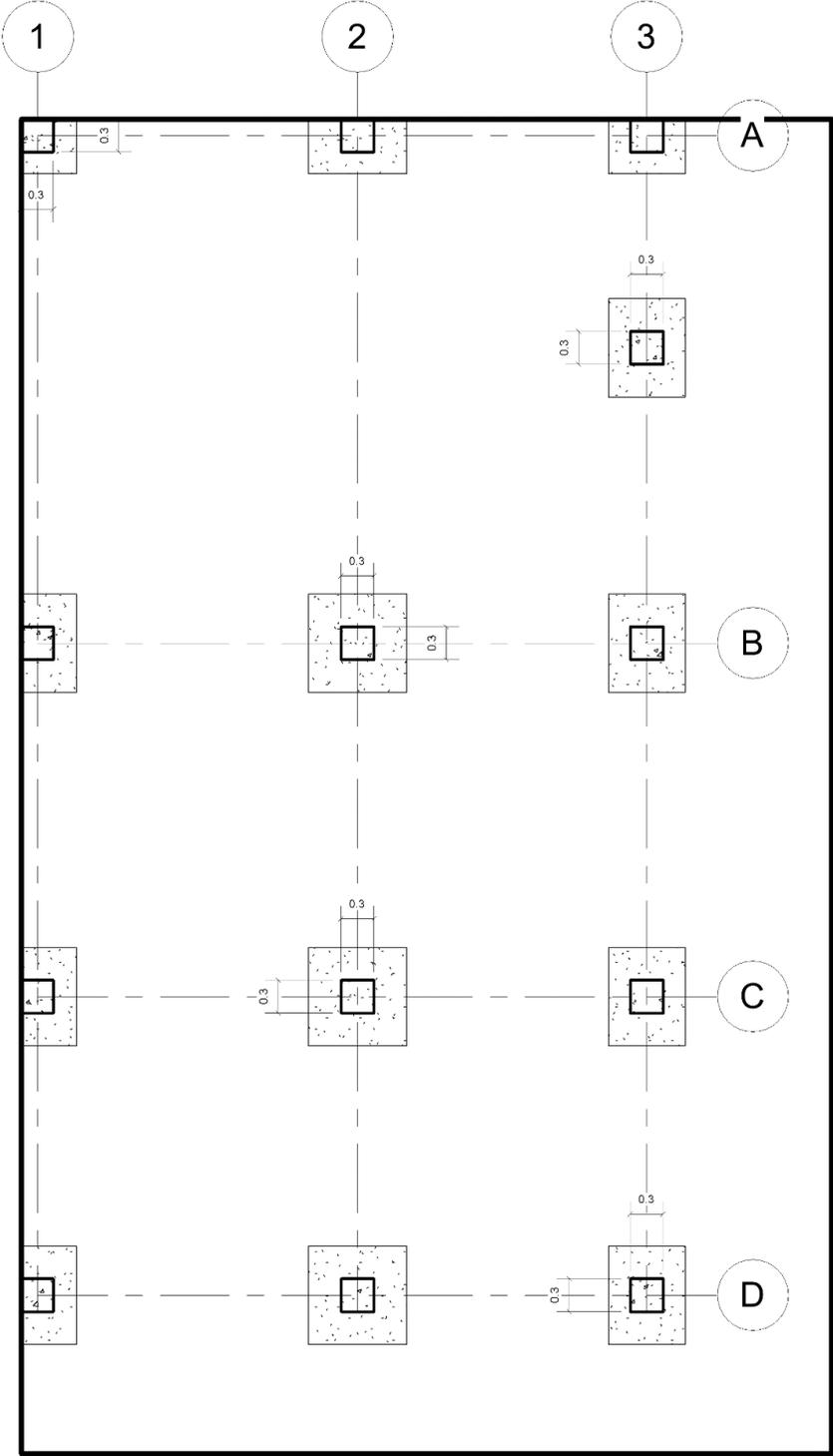
Fuente: Esta investigación.

Figura 5. Tipos de columnas en la vivienda.



Fuente: Esta investigación.

Figura 6. Planta de columnas.

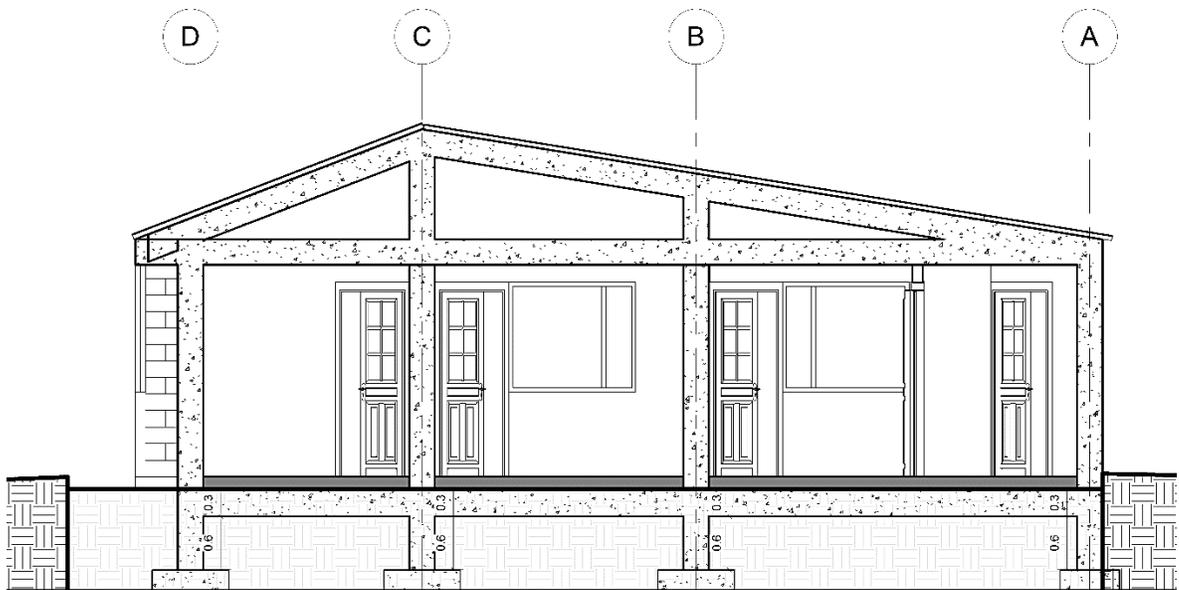


Fuente: Esta investigación.

2.1.3 Cuerpo de columna

En los elementos finales del análisis, se centra en el cuerpo de las columnas en el interior de la estructura de la vivienda. Estas columnas se encuentran a una distancia de 40 cm desde la superficie de la construcción hasta la estructura de cimentación. En este caso, se aplica la misma fórmula utilizada para calcular el volumen de una columna, con la única diferencia de ajustar la altura, ya que estas columnas tienen una forma de prisma con base rectangular, como se muestra en la Figura 7 y Cuadro 3.

Figura 7. Corte longitudinal, medida del cuerpo de la columna.



Fuente. Esta investigación.

Cuadro 3. Cálculo de volumen de cuerpo de columna y columnas.

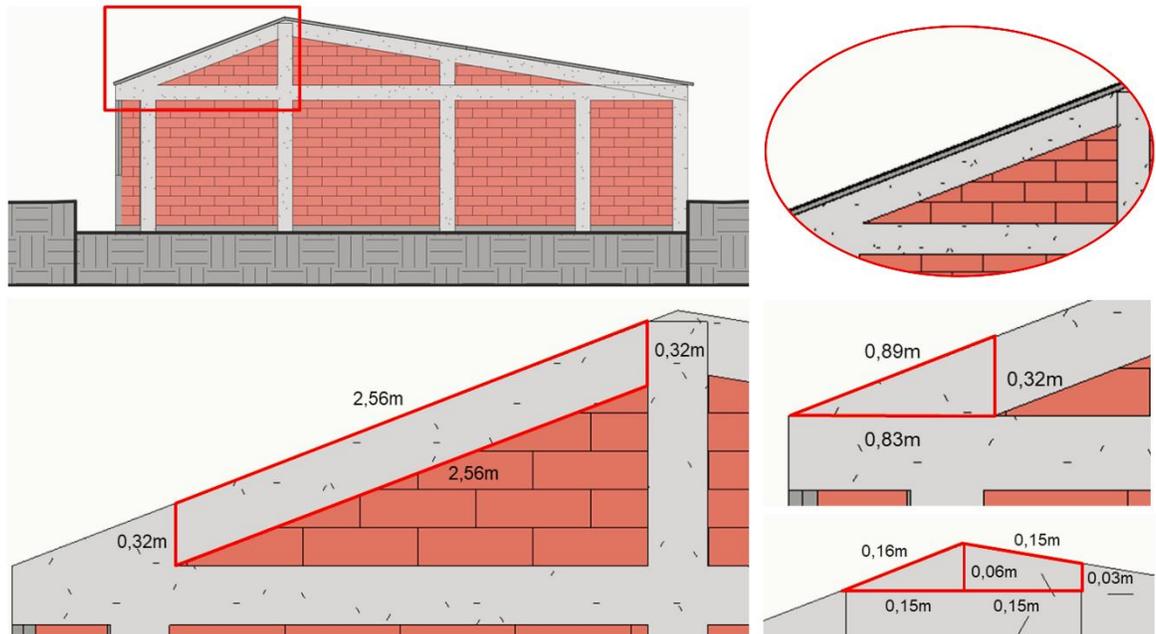
INVENTARIO DE MATERIALES								
MATERIAL	ID	FORMA	FORMULA	BASE 1	BASE 2	M2	H	VOLUMEN M3
CUERPO COLUMNAS EN CONCRETO	CC1	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06
	CC2	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06
	CC3	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06
	CC4	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06
	CC5	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06
	CC6	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06
	CC7	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06
	CC8	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06
	CC9	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06
	CC10	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06
	CC11	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06
	CC12	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06
	CC13	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06
TOTAL M3								0,74
MATERIAL	ID	FORMA	FORMULA	BASE 1	BASE 2	M2	H	VOLUMEN M3
COLUMNAS EN CONCRETO	T1 C1	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27
	T1 C2	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27
	T1 C3	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27
	T1 C4	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27
	T1 C5	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27
	T1 C6	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27
	T1 C7	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27
	T1 C8	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27
	T1 C9	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27
	T1 C10	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27
	T1 C11	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27
	T1 C12	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27
	T1 C13	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27
	T2 C14	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	1,24	0,11
	T2 C15	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	1,24	0,11
	T2 C16	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	1,24	0,11
	T3 C17	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,7	0,06
	T3 C18	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,7	0,06
	T3 C19	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA V=Abx h$	0,30	0,30	0,09	0,7	0,06
TOTAL M3								3,62

Fuente: Esta investigación.

2.1.4 Vigas cumbreiras en concreto

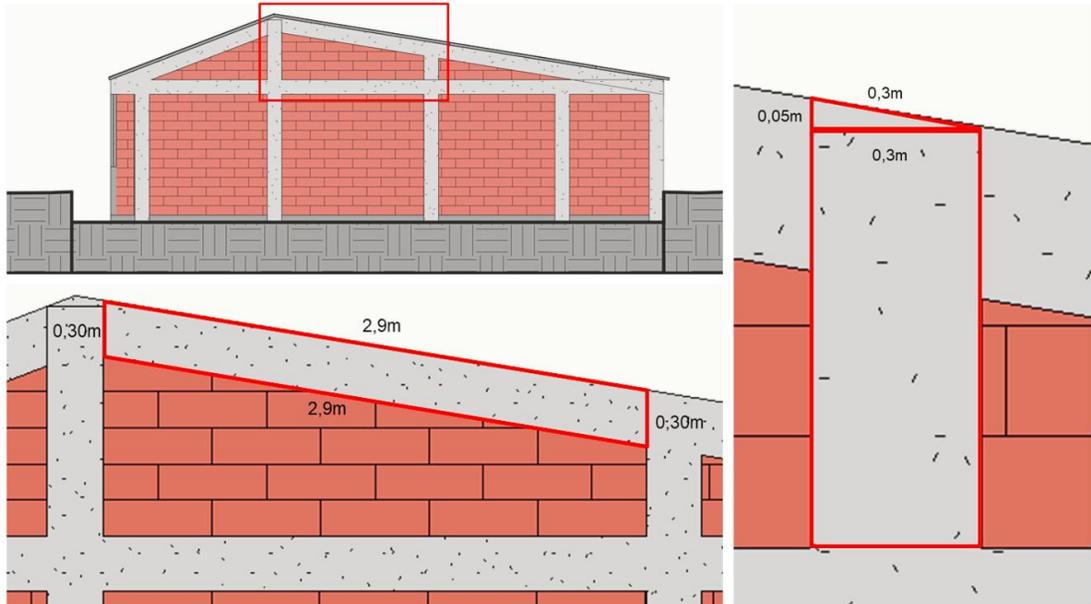
El siguiente aspecto a examinar en este componente trata sobre las vigas cumbreiras de concreto, utilizadas principalmente para proteger la cresta de los techos, es decir, la unión entre las dos inclinaciones en la cumbre de la estructura de la edificación y sostener el techo que en este caso es de fibrocemento. En este caso, se emplean fórmulas específicas de área y volumen. Sin embargo, debido a la unión entre estas vigas y las columnas, la figura tridimensional se ve afectada, lo que reduce el volumen de concreto en esta área. Por esta razón, es necesario dividir la viga de manera que se pueda calcular y restar el volumen de concreto correspondiente a la columna (ver Figura 8, 9 y 10, cuadro 4).

Figura 8. Descomposición forma de viga 1.



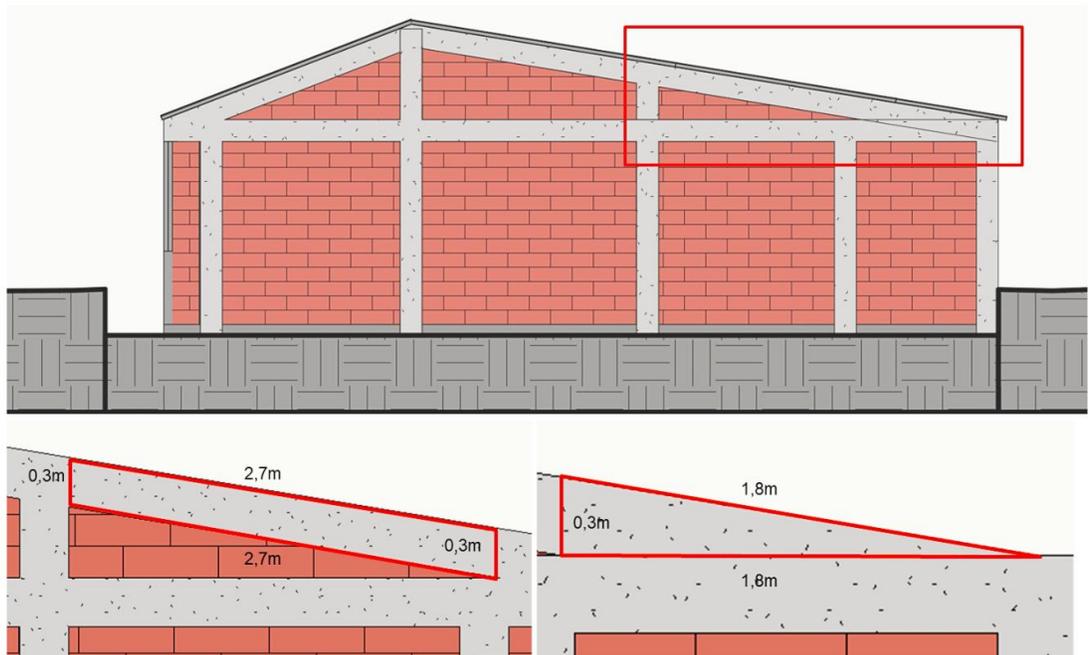
Fuente: Esta investigación.

Figura 9. Descomposición forma de viga 2.



Fuente: Esta Investigación.

Figura 10. Descomposición forma de viga 3.

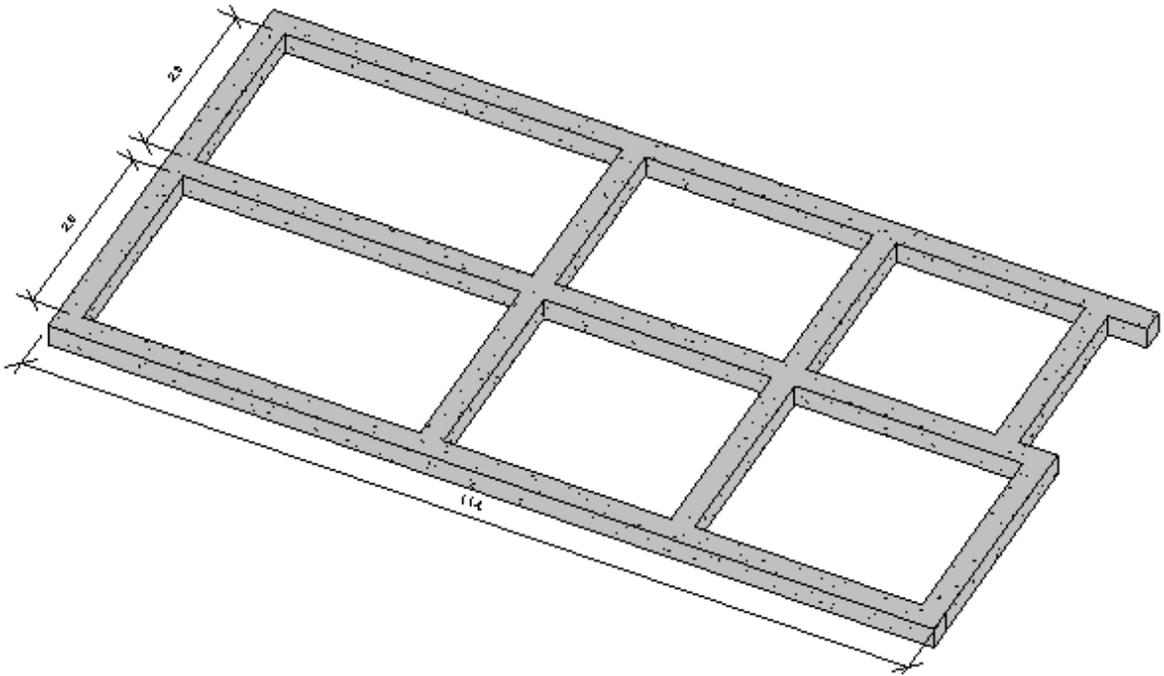


Fuente: Esta investigación.

2.1.5 Vigas aéreas en concreto

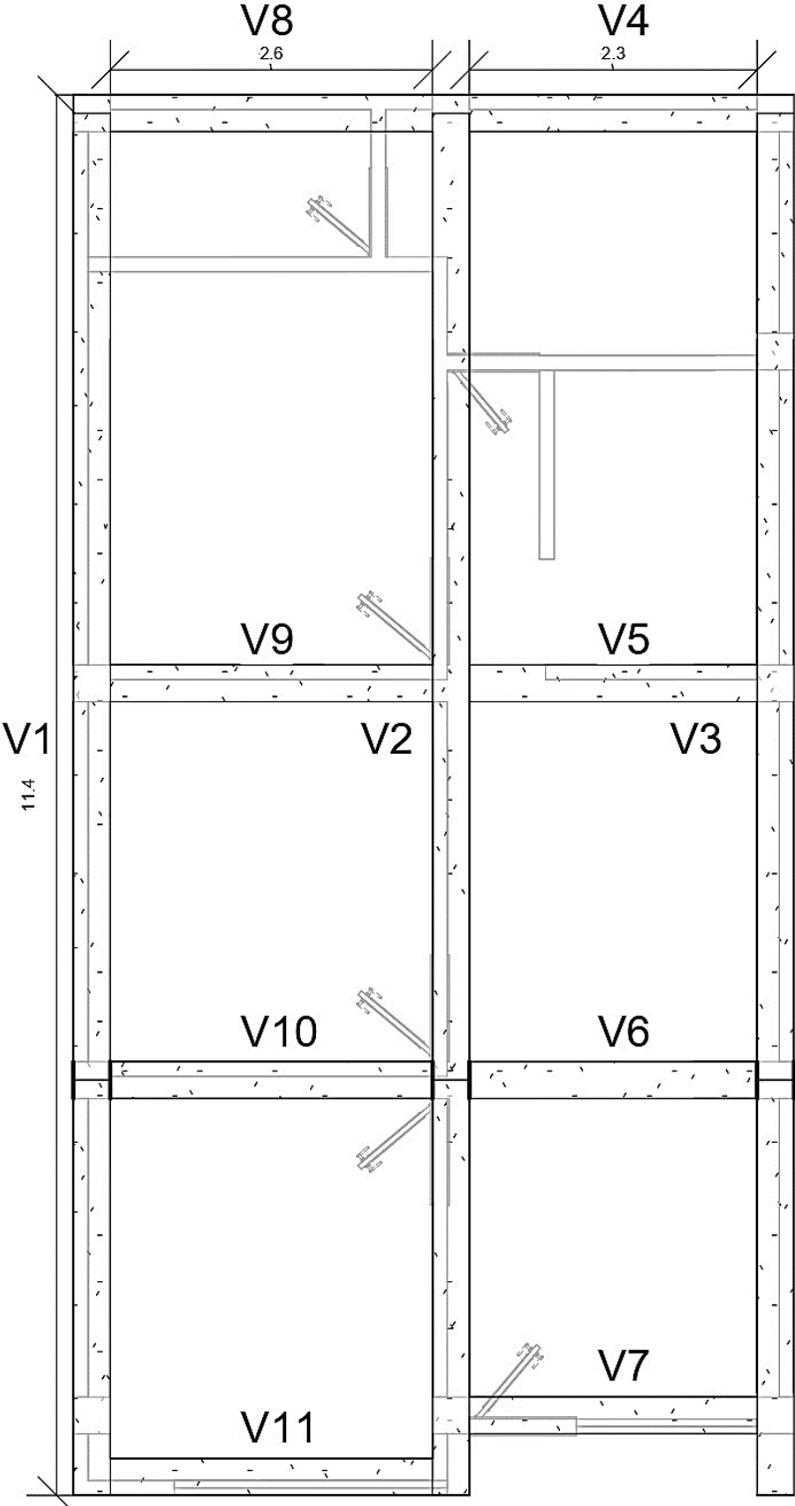
El siguiente elemento a analizar son las vigas aéreas, las cuales se sitúan sobre las columnas Tipo 1 (las columnas principales) y tienen la función de unir la estructura de la vivienda, distribuyendo las cargas desde el techo hasta las columnas para proporcionar estabilidad y equilibrio a la construcción. Para calcular estas vigas, se retoman los cálculos previamente utilizados en las columnas, ya que su forma tridimensional corresponde a la de un prisma rectangular (Figura 11 y 12, cuadro 4).

Figura 11. Planta vigas aéreas.



Fuente: Esta investigación.

Figura 12. Planta de vigas aéreas 2.



Fuente: Esta investigación.

Cuadro 4. Cálculo de volumen de vigas cunbreras y vigas aéreas.

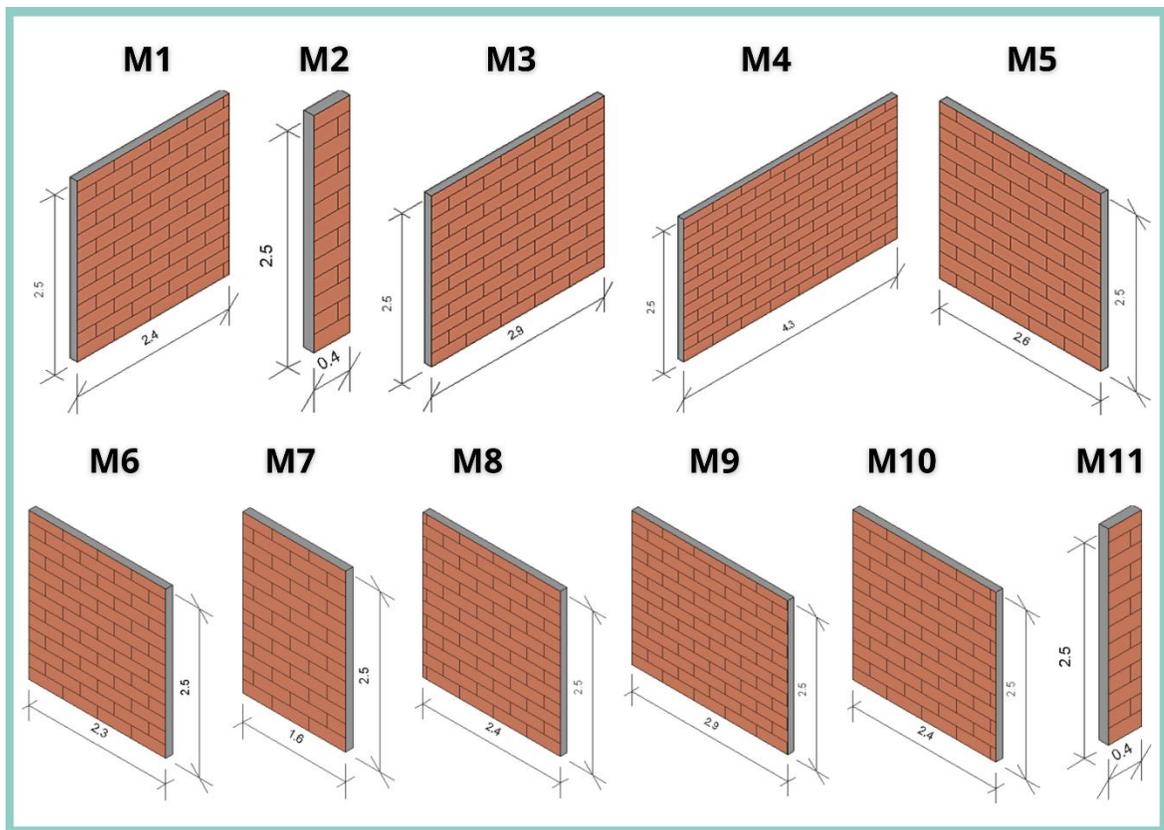
INVENTARIO DE MATERIALES								
MATERIAL	ID	FORMA	FORMULA	AREA BASE	ALTURA	VOLUMEN M3		
VIGAS CUMBRERAS EN CONCRETO	V1	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2 \quad \quad V=Abx \ h$	0,37	0,30	0,11		
	V2	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2 \quad \quad V=Abx \ h$	0,37	0,30	0,11		
	V3	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2 \quad \quad V=Abx \ h$	0,37	0,30	0,11		
	V4	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2 \quad \quad V=Abx \ h$	0,004	0,30	0,0012		
	V5	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2 \quad \quad V=Abx \ h$	0,004	0,30	0,0012		
	V6	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2 \quad \quad V=Abx \ h$	0,004	0,30	0,0012		
	V7	PRISMA TRAPEZOIDAL, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2*h \quad \quad V=Abx \ h$	0,00013	0,30	0,00004		
	V8	PRISMA TRAPEZOIDAL, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2*h \quad \quad V=Abx \ h$	0,00013	0,30	0,00004		
	V9	PRISMA TRAPEZOIDAL, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2*h \quad \quad V=Abx \ h$	0,00013	0,30	0,00004		
	V10	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,90	2,40	2,16		
	V11	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,90	2,40	2,16		
	V12	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,90	2,40	2,16		
	V13	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,90	2,90	2,61		
	V14	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,90	2,90	2,61		
	V15	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,90	2,90	2,61		
	V16	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2 \quad \quad V=Abx \ h$	0,008	0,30	0,0023		
	V17	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2 \quad \quad V=Abx \ h$	0,008	0,30	0,0023		
	V18	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2 \quad \quad V=Abx \ h$	0,008	0,30	0,0023		
	V19	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2 \quad \quad V=Abx \ h$	0,27	0,30	0,0810		
	V20	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2 \quad \quad V=Abx \ h$	0,27	0,30	0,0810		
	V21	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=BxA/2 \quad \quad V=Abx \ h$	0,27	0,30	0,0810		
	V22	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,90	2,60	2,34		
	V23	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,90	2,60	2,34		
	V24	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,90	2,60	2,34		
TOTAL M3						21,92		
MATERIAL	ID	FORMA	FORMULA	AREA 1	AREA 2	AREA BASE	ALTURA	VOLUMEN M3
VIGAS AEREAS EN CONCRETO	V1	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,30	0,30	0,09	11,40	1,03
	V2	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,30	0,30	0,09	11,40	1,03
	V3	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,30	0,30	0,09	11,40	1,03
	V4	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,30	0,30	0,09	2,34	0,21
	V5	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,30	0,30	0,09	2,34	0,21
	V6	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,30	0,30	0,09	2,34	0,21
	V7	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,30	0,30	0,09	2,34	0,21
	V8	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,30	0,30	0,09	2,60	0,23
	V9	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,30	0,30	0,09	2,60	0,23
	V10	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,30	0,30	0,09	2,60	0,23
	V11	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=BxA \quad \quad V=Abx \ h$	0,30	0,30	0,09	2,60	0,23
TOTAL M3						4,86		

Fuente: Esta investigación.

2.1.6 Mampostería en muros

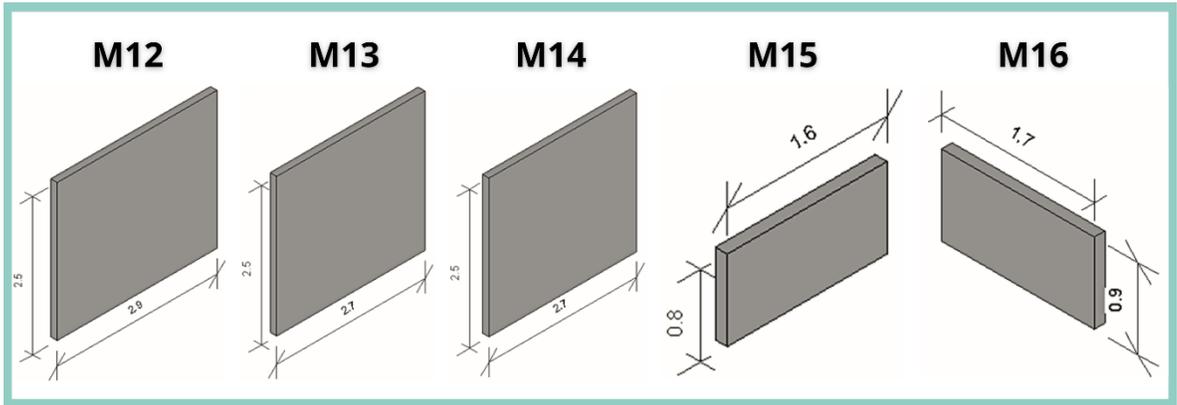
En el siguiente paso del análisis, se efectúa el cálculo de área y volumen de los muros que constituyen la edificación. Para ello, se determina inicialmente la forma de cada uno de estos muros. Se han identificado cuatro tipos de muros con características diferentes. Gracias a esta clasificación, se puede establecer la fórmula adecuada para cada tipo de muro, facilitando así la obtención de los valores precisos requeridos para un análisis detallado posterior. Además, en este apartado se detalla el repello y la pintura de todos los muros correspondientes. Se utiliza la misma estructura de cálculo de volúmenes, variando el espesor de cada material (Figura 13, 14, 15 y 16, cuadro 5, 6 y 7).

Figura 13. Tipo 1 de mampostería en ladrillo, repello de una sola cara.



Fuente: Esta investigación.

Figura 14. Tipo 2 de mampostería en ladrillo, repello de ambas caras.



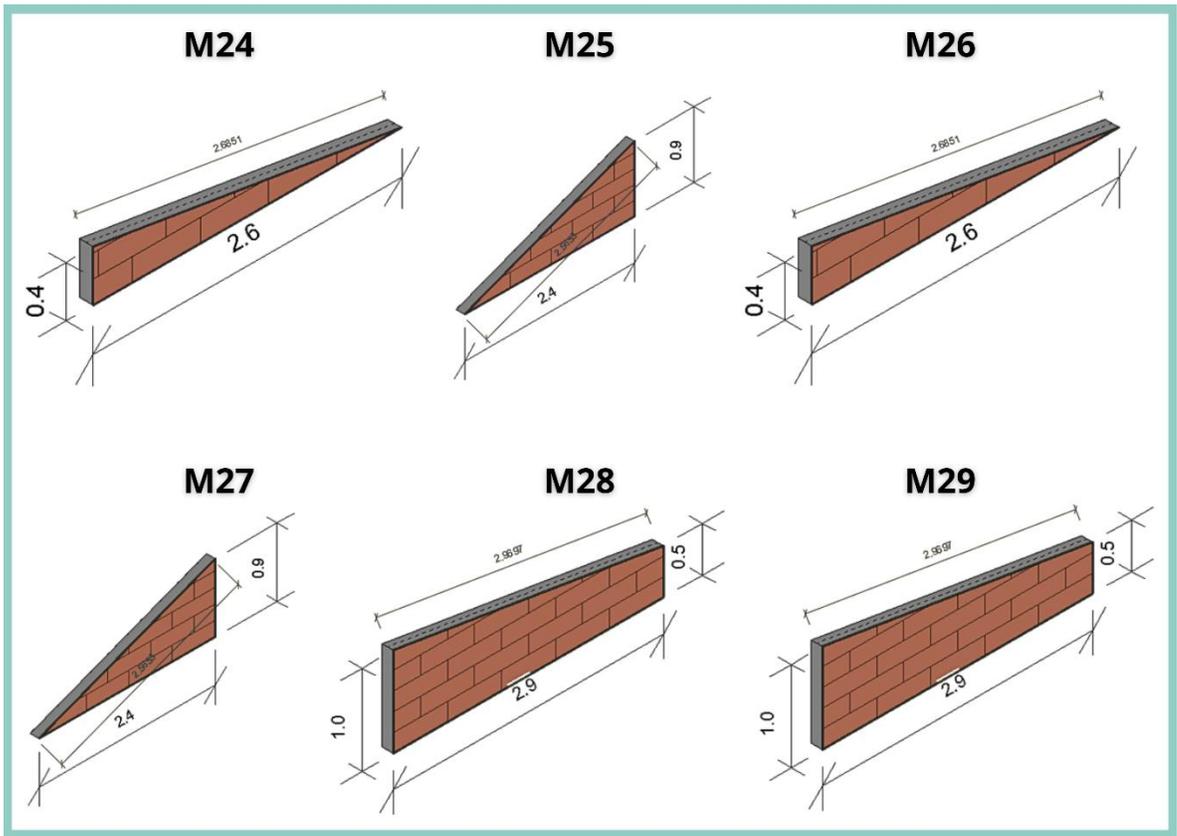
Fuente: Esta investigación.

Figura 15. Tipo 3 Mampostería con ventanas y puertas.



Fuente: Esta investigación.

Figura 16. Mampostería figura tridimensional tipo triángulo.



Fuente: Esta investigación.

Cuadro 5. Cálculo de volumen de mampostería en ladrillo.

INVENTARIO DE MATERIALES									
MATERIAL	MURO	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ANCHURA	VOLUMEN M3		
MUROS EN LADRILLO	M1	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,40	2,50	0,12	0,72		
	M2	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	0,40	2,50	0,12	0,12		
	M3	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,90	2,50	0,12	0,87		
	M4	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	4,30	2,50	0,12	1,29		
	M5	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,60	2,50	0,12	0,78		
	M6	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,30	2,50	0,12	0,69		
	M7	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	1,60	2,50	0,12	0,48		
	M8	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,40	2,50	0,12	0,72		
	M9	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,90	2,50	0,12	0,87		
	M10	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,40	2,50	0,12	0,72		
	M11	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	0,40	2,50	0,12	0,12		
	M12	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,90	2,50	0,12	0,87		
	M13	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,70	2,50	0,12	0,81		
	M14	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,70	2,50	0,12	0,81		
	M15	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	1,60	0,80	0,12	0,15		
	M16	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	1,70	0,80	0,12	0,16		
	TOTAL M3							10,19	
									VOLUMEN DE PUERTAS Y VENTANAS
									RESTA
	M17	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,30	2,5	0,12	0,69	0,54	0,15
	M18	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,40	2,5	0,12	0,72	0,23	0,49
	M19	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	3,00	2,5	0,12	0,90	0,47	0,43
	M20	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	3,30	2,5	0,12	0,99	0,45	0,54
	M21	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	1,30	2,5	0,12	0,39	0,20	0,19
	M22	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	3,00	2,5	0,12	0,90	0,45	0,45
	M23	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,60	2,5	0,12	0,78	0,40	0,38
	TOTAL M3								2,63
	M24	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A= b^*h/2 \mid Vp= Ab^*h$		1,08		0,12	0,13	
	M25	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A= b^*h/2 \mid Vp= Ab^*h$		0,52		0,12	0,06	
	M26	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A= b^*h/2 \mid Vp= Ab^*h$		1,08		0,12	0,13	
M27	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A= b^*h/2 \mid Vp= Ab^*h$		0,52		0,12	0,06		
TOTAL M3							0,38		
M8	PRISMA TRAPECIO, BASE RECTANGULAR	$A= B^*b/2 \times h \mid Vp= Ab^* h$		4,20		0,12	0,50		
M9	PRISMA TRAPECIO, BASE RECTANGULAR	$A= B^*b/2 \times h \mid Vp= Ab^* h$		5,20		0,12	0,62		
TOTAL M3							1,13		
TOTAL FINAL M3							14,33		

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 6. Cálculo de volumen de mortero de pega.

INVENTARIO DE MATERIALES										
MATERIAL	MURO	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ANCHURA	VOLUMEN M3			
MORTERO	M1	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,40	2,50	0,01	0,06			
	M2	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	0,40	2,50	0,01	0,01			
	M3	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,90	2,50	0,01	0,07			
	M4	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	4,30	2,50	0,01	0,11			
	M5	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,60	2,50	0,01	0,07			
	M6	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,30	2,50	0,01	0,06			
	M7	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	1,60	2,50	0,01	0,04			
	M8	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,40	2,50	0,01	0,06			
	M9	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,90	2,50	0,01	0,07			
	M10	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,40	2,50	0,01	0,06			
	M11	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	0,40	2,50	0,01	0,01			
	M12 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,90	2,50	0,01	0,07			
	M13 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,70	2,50	0,01	0,07			
	M14 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,70	2,50	0,01	0,07			
	M15 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	1,60	0,80	0,01	0,01			
	M16 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	1,70	0,80	0,01	0,01			
	M12 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,90	2,50	0,01	0,07			
	M13 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,70	2,50	0,01	0,07			
	M14 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,70	2,50	0,01	0,07			
	M15 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	1,60	0,80	0,01	0,01			
	M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	1,70	0,80	0,01	0,01			
	TOTAL M3							1,08		
									VOLUMEN DE PUERTAS Y VENTANAS	RESTA
	M17	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,30	2,5	0,01	0,06	0,05	0,01	
	M18 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,40	2,5	0,01	0,06	0,02	0,04	
	M19 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	3,00	2,5	0,01	0,08	0,04	0,04	
	M20 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	3,30	2,5	0,01	0,08	0,04	0,04	
	M21 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	1,30	2,5	0,01	0,03	0,01	0,02	
	M18 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,40	2,5	0,01	0,06	0,02	0,04	
	M19 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	3,00	2,5	0,01	0,08	0,04	0,04	
M20 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	3,30	2,5	0,01	0,08	0,04	0,04		
M21 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	1,30	2,5	0,01	0,03	0,01	0,02		
M22 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,60	2,5	0,01	0,07	0,04	0,03		
M22 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	2,60	2,5	0,01	0,07	0,02	0,05		
M23	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	3,00	2,5	0,01	0,08	0,03	0,04		
TOTAL M3									0,41	
M24	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A= b \cdot h/2 \mid Vp= Ab \cdot h$		0,005		0,01	0,0001			
M25	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A= b \cdot h/2 \mid Vp= Ab \cdot h$		0,01		0,01	0,0001			
M26	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A= b \cdot h/2 \mid Vp= Ab \cdot h$		0,005		0,01	0,0001			
M27	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A= b \cdot h/2 \mid Vp= Ab \cdot h$		0,01		0,01	0,0001			
TOTAL M3							0,0003			
M8	RISMA TRAPECIO, BASE RECTANGULA	$A= B \cdot b/2 \times h \mid Vp= Ab \cdot h$		0,002		0,01	0,00			
M9	RISMA TRAPECIO, BASE RECTANGULA	$A= B \cdot b/2 \times h \mid Vp= Ab \cdot h$		1,002		0,01	0,01			
TOTAL M3							0,01			
TOTAL FINAL M3							1,51			

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 7. Herramienta para cálculo de áreas y volúmenes de pintura.

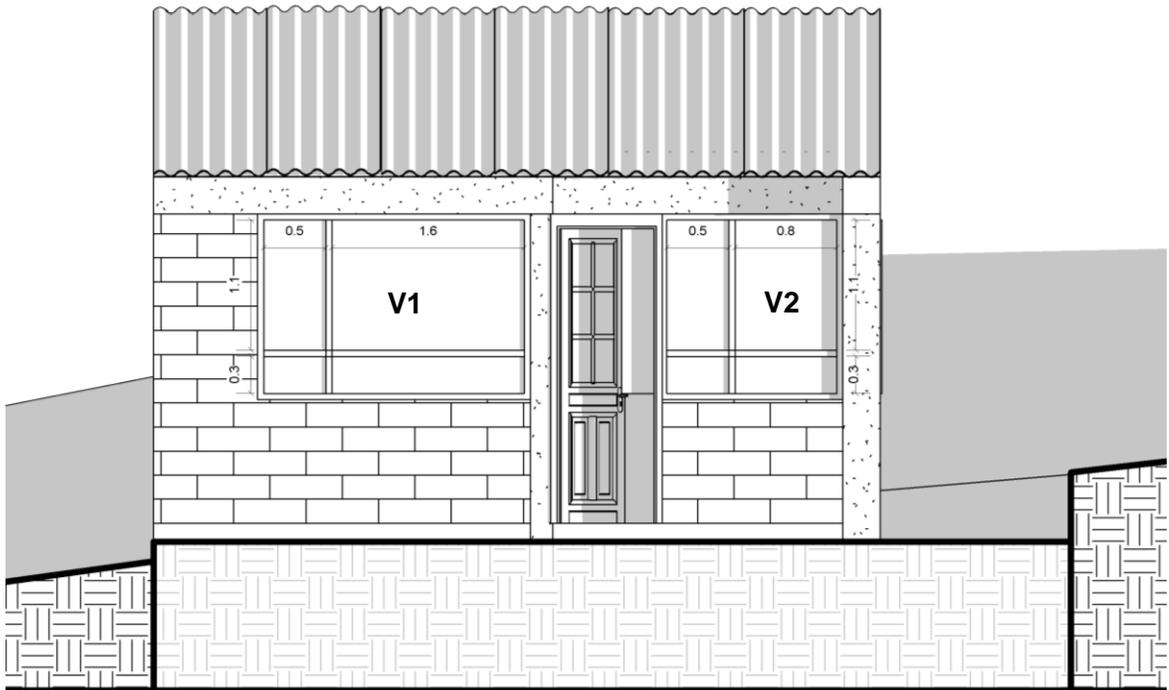
INVENTARIO DE MATERIALES										
MATERIAL	MURO	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ANCHURA	VOLUMEN M3			
PINTURA	M1	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,40	2,50	0,005	0,03			
	M2	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	0,40	2,50	0,005	0,01			
	M3	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,90	2,50	0,005	0,04			
	M4	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	4,30	2,50	0,005	0,05			
	M5	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,60	2,50	0,005	0,03			
	M6	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,30	2,50	0,005	0,03			
	M7	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	1,60	2,50	0,005	0,02			
	M8	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,40	2,50	0,005	0,03			
	M9	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,90	2,50	0,005	0,04			
	M10	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,40	2,50	0,005	0,03			
	M11	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	0,40	2,50	0,005	0,01			
	M12 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,90	2,50	0,005	0,04			
	M13 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,70	2,50	0,005	0,03			
	M14 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,70	2,50	0,005	0,03			
	M15 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	1,60	0,80	0,005	0,01			
	M16 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	1,70	0,80	0,005	0,01			
	M12 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,90	2,50	0,005	0,04			
	M13 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,70	2,50	0,005	0,03			
	M14 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,70	2,50	0,005	0,03			
	M15 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	1,60	0,80	0,005	0,01			
	M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	1,70	0,80	0,005	0,01			
	TOTAL M3							0,54	VOLUMEN DE	RESTA
									PUERTAS Y VENTANAS	
	M17	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,30	2,5	0,005	0,03	0,02	0,01	
	M18 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,40	2,5	0,005	0,03	0,01	0,02	
	M19 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	3,00	2,5	0,005	0,04	0,02	0,02	
	M20 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	3,30	2,5	0,005	0,04	0,02	0,02	
	M21 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	1,30	2,5	0,005	0,02	0,01	0,01	
	M18 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,40	2,5	0,005	0,03	0,01	0,02	
	M19 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	3,00	2,5	0,005	0,04	0,02	0,02	
M20 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	3,30	2,5	0,005	0,04	0,02	0,02		
M21 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	1,30	2,5	0,005	0,02	0,01	0,01		
M22 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,60	2,5	0,005	0,03	0,02	0,01		
M22 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	2,60	2,5	0,005	0,03	0,02	0,01		
M23	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B*H*A$	3,00	2,5	0,005	0,04	0,02	0,02		
TOTAL M3									0,19	
TOTAL M3									0,73	

Fuente: Esta investigación.

2.1.7 Puerta y ventanería

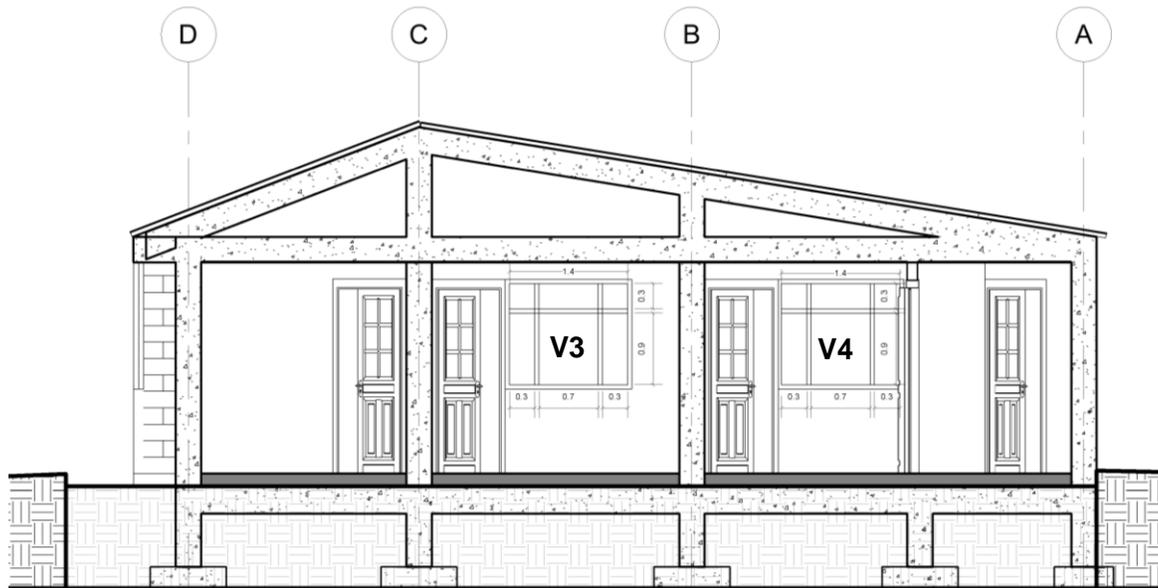
En la continuación del análisis, se procede a examinar el componente de puertas y ventanas dentro del módulo de vivienda. Este análisis incluye el cálculo del área y volumen de los respectivos marcos. Al igual que en las etapas anteriores, se recopilan datos para calcular el área y volumen de cada elemento, ya sea una puerta o una sección de vidrio. Se emplea la fórmula apropiada según la forma específica de cada elemento, como se detalla en las figuras 17, 18, 19 y 20, así como en los Cuadros 8 y 9.

Figura 17. Medidas de ventanas fachas principal.



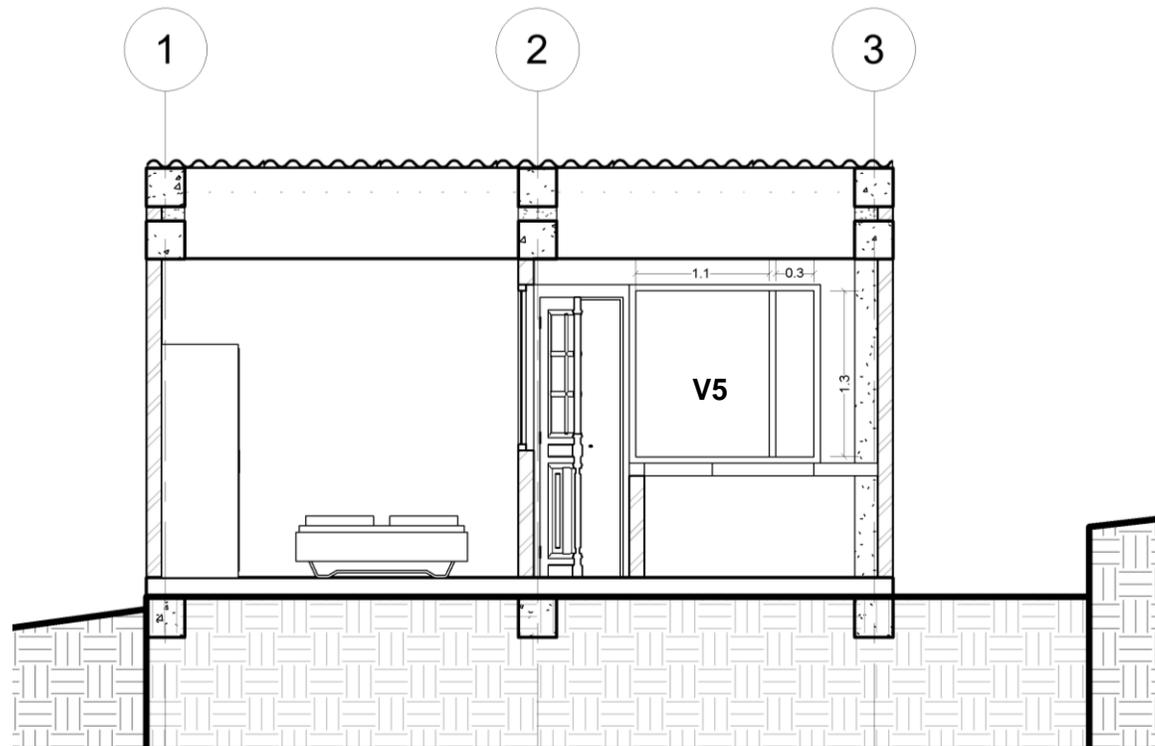
Fuente: Esta investigación.

Figura 18. Corte longitudinal vivienda, medidas de ventanas internas.



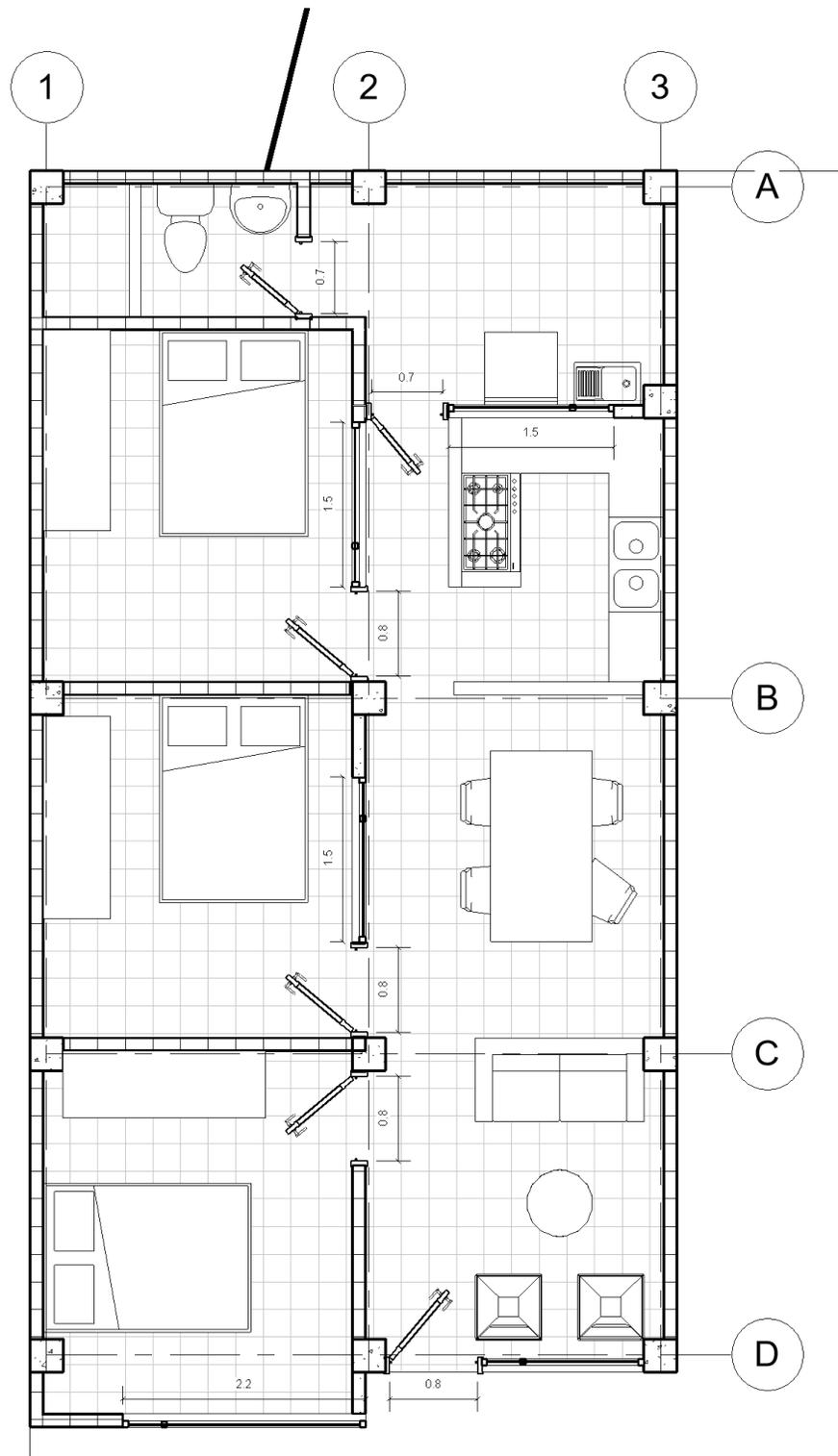
Fuente: Esta investigación.

Figura 19. Corte transversal vivienda, medidas de ventana interna.



Fuente: Esta investigación.

Figura 20. Planta de medidas de puertas y ventanas internas y externas.



Fuente: Esta investigación.

Cuadro 8. Cálculo de volumen de vidrio y marcos de ventanas.

INVENTARIO DE MATERIALES							
MATERIAL	ZONAS	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ESPESOR	VOLUMEN M3
VIDRIO VENTANAS 4MM	VENTANA 1	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,5	1,1	0,004	0,0022
	VENTANA 1 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	1,6	1,1	0,004	0,0070
	VENTANA 1 B	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	1,6	0,3	0,004	0,0019
	VENTANA 1 C	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,5	0,3	0,004	0,0006
	VENTANA 2	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,5	1,1	0,004	0,0022
	VENTANA 2 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,8	1,1	0,004	0,0035
	VENTANA 2 B	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,5	0,3	0,004	0,0006
	VENTANA 2 C	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,8	0,3	0,004	0,0010
	VENTANA 3	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,3	0,3	0,004	0,0004
	VENTANA 3 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,7	0,3	0,004	0,0008
	VENTANA 3 B	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,3	0,3	0,004	0,0004
	VENTANA 3 C	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,3	0,9	0,004	0,0011
	VENTANA 3 D	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,7	0,9	0,004	0,0025
	VENTANA 3 E	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,3	0,9	0,004	0,0011
	VENTANA 4	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,3	0,3	0,004	0,0004
	VENTANA 4 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,7	0,3	0,004	0,0008
	VENTANA 4 B	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,3	0,3	0,004	0,0004
	VENTANA 4 C	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,3	0,9	0,004	0,0011
	VENTANA 4 D	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,7	0,9	0,004	0,0025
	VENTANA 4 E	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,3	0,9	0,004	0,0011
VENTANA 5	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	1,0	1,3	0,004	0,0052	
VENTANA 5 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,4	1,3	0,004	0,0021	
TOTAL M3							0,039
MATERIAL	ZONAS	FORMULA	AREA HUECO	AREA VENTANA	AREA MARCO	ESPESOR	VOLUMEN M3
MARCO VENTANAS EN HIERRO	VENTANA 1	$A_m = A_h - A_v \quad V = A_m \cdot E \quad P = V \cdot P$	3,30	2,94	0,36	0,05	0,02
	VENTANA 2	$A_m = A_h - A_v \quad V = A_m \cdot E \quad P = V \cdot P$	2,25	1,82	0,43	0,05	0,02
	VENTANA 3	$A_m = A_h - A_v \quad V = A_m \cdot E \quad P = V \cdot P$	1,95	1,56	0,39	0,05	0,02
	VENTANA 4	$A_m = A_h - A_v \quad V = A_m \cdot E \quad P = V \cdot P$	1,95	1,56	0,39	0,05	0,02
	VENTANA 5	$A_m = A_h - A_v \quad V = A_m \cdot E \quad P = V \cdot P$	2,10	1,82	0,28	0,05	0,01
TOTAL M3							0,09

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 9. Herramienta para cálculo de puertas y marcos de puerta.

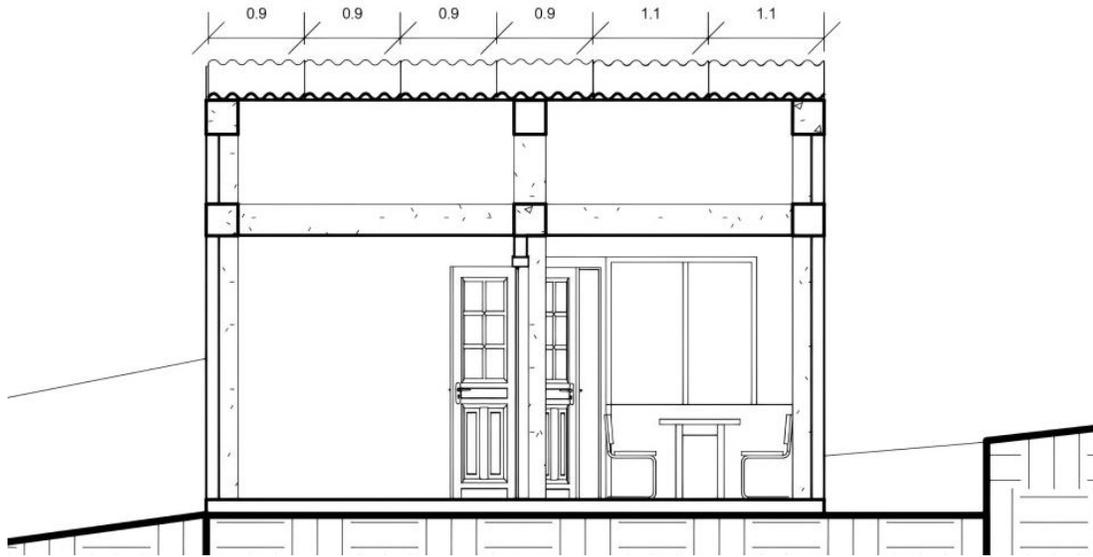
INVENTARIO DE MATERIALES							
MATERIAL	ZONAS	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ESPESOR	VOLUMEN M3
PUERTAS INTERNAS Y EXTERNAS EN MADERA Y LAMINA DE HIERRO	PUERTA LAMINA 1 EXTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	0,80	2,40	0,020	0,0384
	PUERTA LAMINA 2 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	0,70	2,20	0,020	0,03
	PUERTA MADERA 1 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	0,80	2,20	0,350	0,616
	PUERTA MADERA 2 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	0,80	2,20	0,350	0,616
	PUERTA MADERA 3 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	0,80	2,20	0,350	0,616
	PUERTA MADERA 4 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V= B \cdot H \cdot A$	0,70	2,20	0,020	0,03
TOTAL M3							1,948
MATERIAL	ZONAS	FORMULA	AREA HUECO	AREA PUERTA	AREA MARCO	ESPESOR	VOLUMEN M3
MARCO PUERTAS EN MADERA	PUERTA LAMINA 1 EXTERNA	$Am= Ah - Av \quad V= Am \cdot E \quad P= V \cdot P$	2,25	1,92	0,33	0,05	0,02
	PUERTA LAMINA 2 INTERNA	$Am= Ah - Av \quad V= Am \cdot E \quad P= V \cdot P$	1,67	1,54	0,13	0,05	0,01
	PUERTA MADERA 1 INTERNA	$Am= Ah - Av \quad V= Am \cdot E \quad P= V \cdot P$	1,94	1,76	0,18	0,1	0,02
	PUERTA MADERA 2 INTERNA	$Am= Ah - Av \quad V= Am \cdot E \quad P= V \cdot P$	1,94	1,76	0,18	0,1	0,02
	PUERTA MADERA 3 INTERNA	$Am= Ah - Av \quad V= Am \cdot E \quad P= V \cdot P$	1,94	1,76	0,18	0,1	0,02
TOTAL M3							0,08

Fuente: Esta investigación.

2.1.8 Tejas de fibrocemento

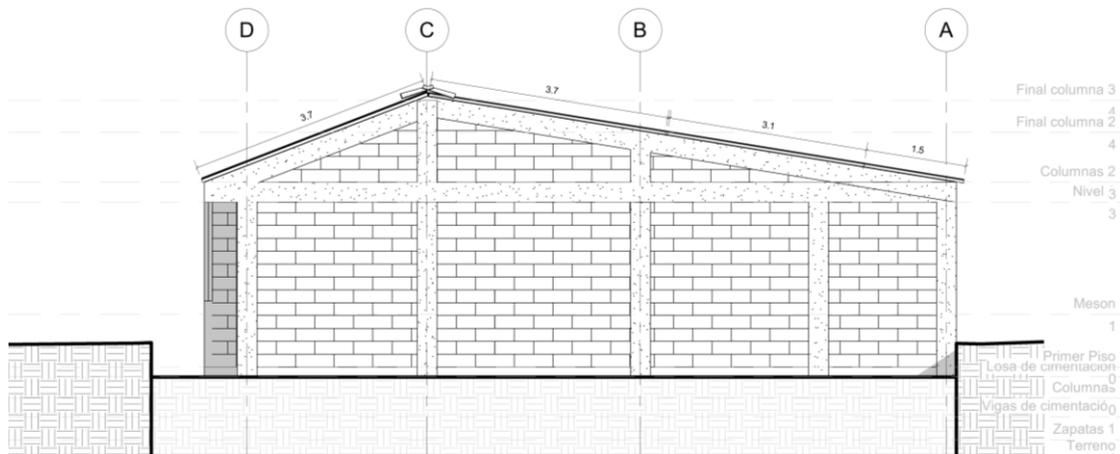
En esta sección, nos enfocamos en las tejas de fibrocemento utilizadas en la edificación. Para calcular los valores de área y volumen, primero comenzamos por contabilizar la cantidad de tejas, y luego aplicamos las medidas de área y volumen según sus especificaciones, las cuales nos proporciona el programa Revit. Este proceso nos ofrece la información necesaria para llevar a cabo un análisis detallado de estas tejas (Figura 21, 22, 23 y 24, cuadro 10).

Figura 21. Corte transversal, medición de tejas.



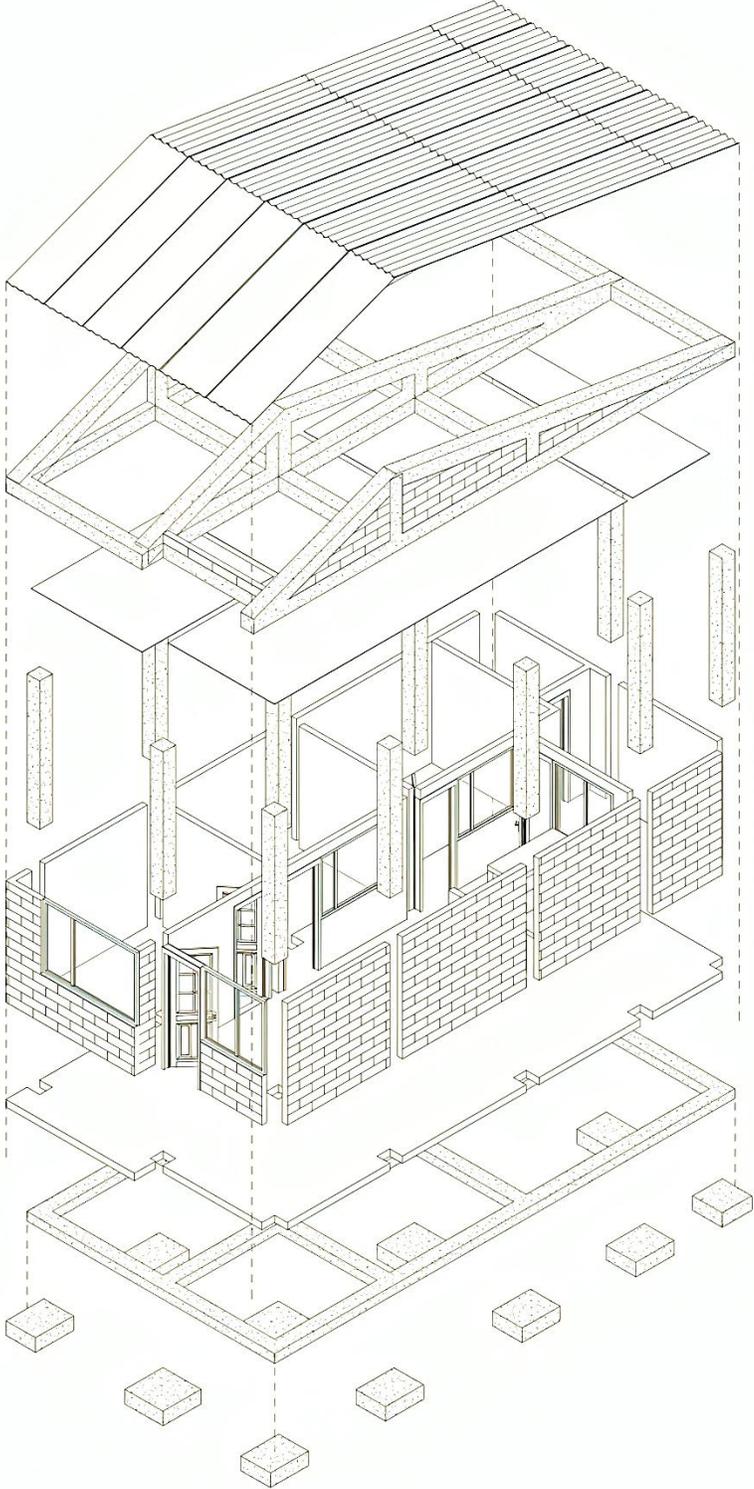
Fuente: Esta investigación.

Figura 22. Corte longitudinal, medición de tejas.



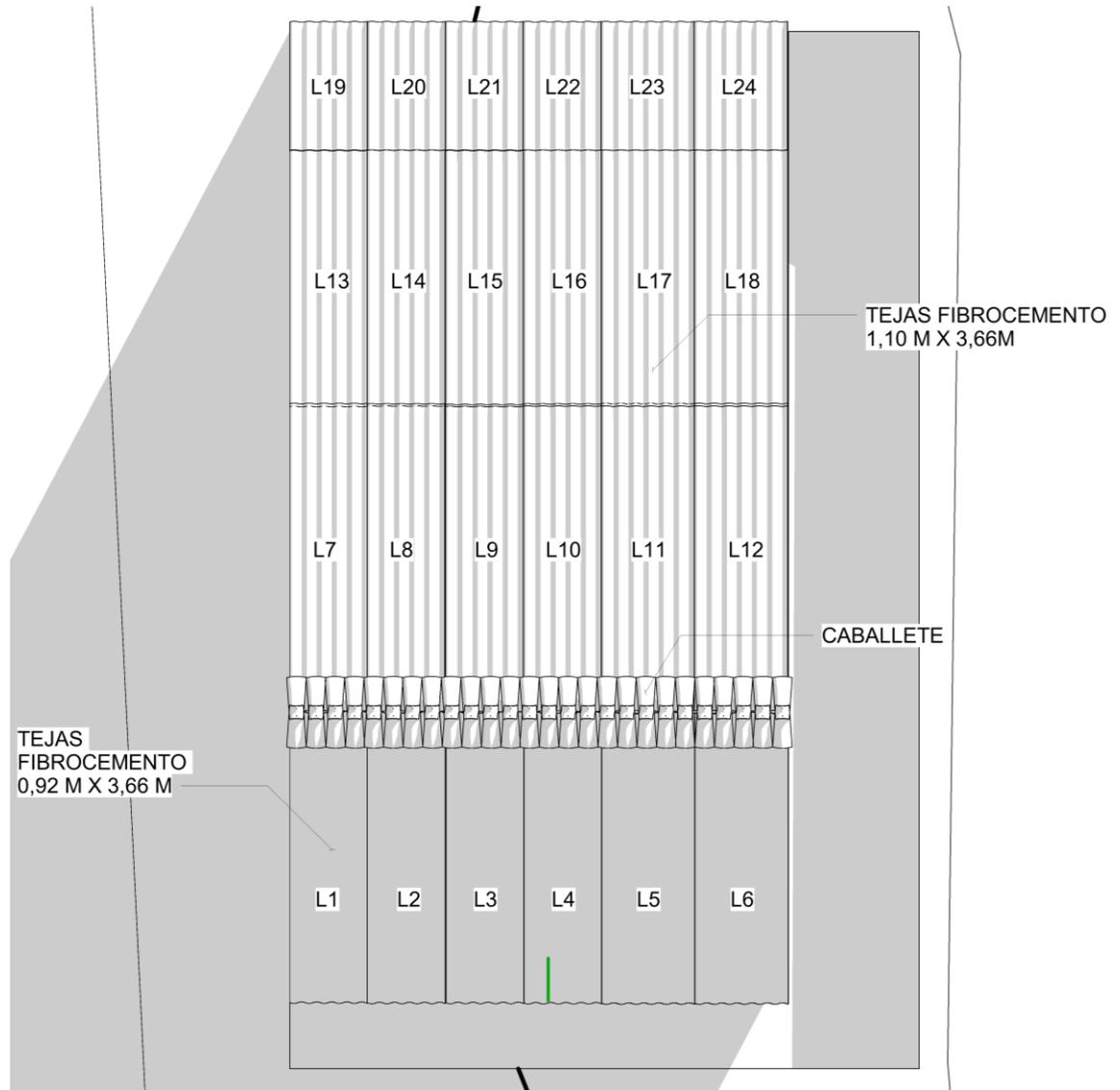
Fuente: Esta investigación.

Figura 23. Despiece del modelo de vivienda actual en el barrio Carlos Pizarro.



Fuente: Esta investigación.

Figura 24. Modelo 3D Vista plata de las tejas de asbesto.



Fuente: Esta investigación.

Cuadro 10. Cálculo de volúmenes de láminas y caballete de fibrocemento.

VOLUMEN DE LAMINAS Y CABALLETE DE FIBROCEMENTO			
VOLUMEN	UNIDAD	NOMBRE	NUMERO
0,024	m³	Teja	1
0,024	m³	Teja	2
0,024	m³	Teja	3
0,024	m³	Teja	4
0,029	m³	Teja	5
0,029	m³	Teja	6
0,024	m³	Teja	7
0,024	m³	Teja	8
0,024	m³	Teja	9
0,024	m³	Teja	10
0,029	m³	Teja	11
0,029	m³	Teja	12
0,02	m³	Teja	13
0,02	m³	Teja	14
0,02	m³	Teja	15
0,02	m³	Teja	16
0,024	m³	Teja	17
0,024	m³	Teja	18
0,01	m³	Teja	19
0,01	m³	Teja	20
0,01	m³	Teja	21
0,01	m³	Teja	22
0,012	m³	Teja	23
0,012	m³	Teja	24
0,001	m³	Caballete	1
0,001	m³	Caballete	2
0,001	m³	Caballete	3
0,001	m³	Caballete	4
0,001	m³	Caballete	5
0,001	m³	Caballete	6
0,001	m³	Caballete	7
0,001	m³	Caballete	8
0,001	m³	Caballete	9
0,001	m³	Caballete	10
0,001	m³	Caballete	11
0,001	m³	Caballete	12
0,001	m³	Caballete	13
0,001	m³	Caballete	14
0,001	m³	Caballete	15
0,001	m³	Caballete	16
0,001	m³	Caballete	17
0,001	m³	Caballete	18
0,001	m³	Caballete	19
0,001	m³	Caballete	20
0,001	m³	Caballete	21
0,001	m³	Caballete	22
0,001	m³	Caballete	23
0,001	m³	Caballete	24
0,001	m³	Caballete	25
0,001	m³	Caballete	26
0,001	m³	Caballete	27
0,001	m³	Caballete	28
0,001	m³	Caballete	29
0,001	m³	Caballete	30
0,001	m³	Caballete	31
0,001	m³	Caballete	32
0,001	m³	Caballete	33
0,001	m³	Caballete	34
0,001	m³	Caballete	35
0,001	m³	Caballete	36
0,001	m³	Caballete	37
0,001	m³	Caballete	38
0,001	m³	Caballete	39
0,001	m³	Caballete	40
0,001	m³	Caballete	41
0,001	m³	Caballete	42
0,001	m³	Caballete	43
0,001	m³	Caballete	44
0,001	m³	Caballete	45
0,001	m³	Caballete	46
0,001	m³	Caballete	47
0,001	m³	Caballete	48
0,001	m³	Caballete	49
0,001	m³	Caballete	50
0,001	m³	Caballete	51
0,001	m³	Caballete	52
0,552	m³	VOLUMEN TOTAL	

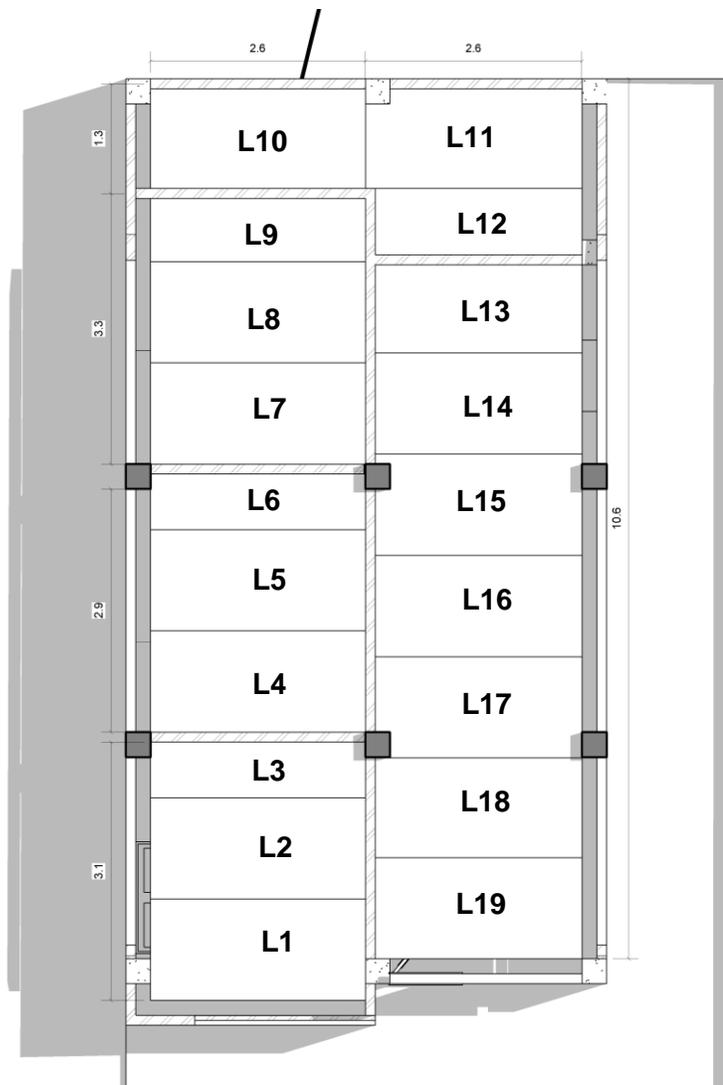
Fuente: Esta investigación con ayuda del programa REVIT.

2.1.9 Superboard

En el proceso de evaluación de los componentes finales, se analiza el superboard, un elemento estructural utilizado como revestimiento del techo (cielo raso). Se determina el volumen de cada lámina de superboard, las cuales tienen una medida de 1,22m x 2,44 m y se distribuyen alrededor de todo el techo. Para lograr cubrir toda la superficie, se utilizan 19 láminas.

Con ayuda del programa REVIT se modelan todas las láminas y el mismo arroja un cuadro con los volúmenes que corresponde a cada elemento (ver Fig. 25 y cuadro 11).

Figura 25. Planta láminas de superboard.



Fuente: Esta investigación.

Cuadro 11. Herramienta para cálculo de volumen de lámina de superboard.

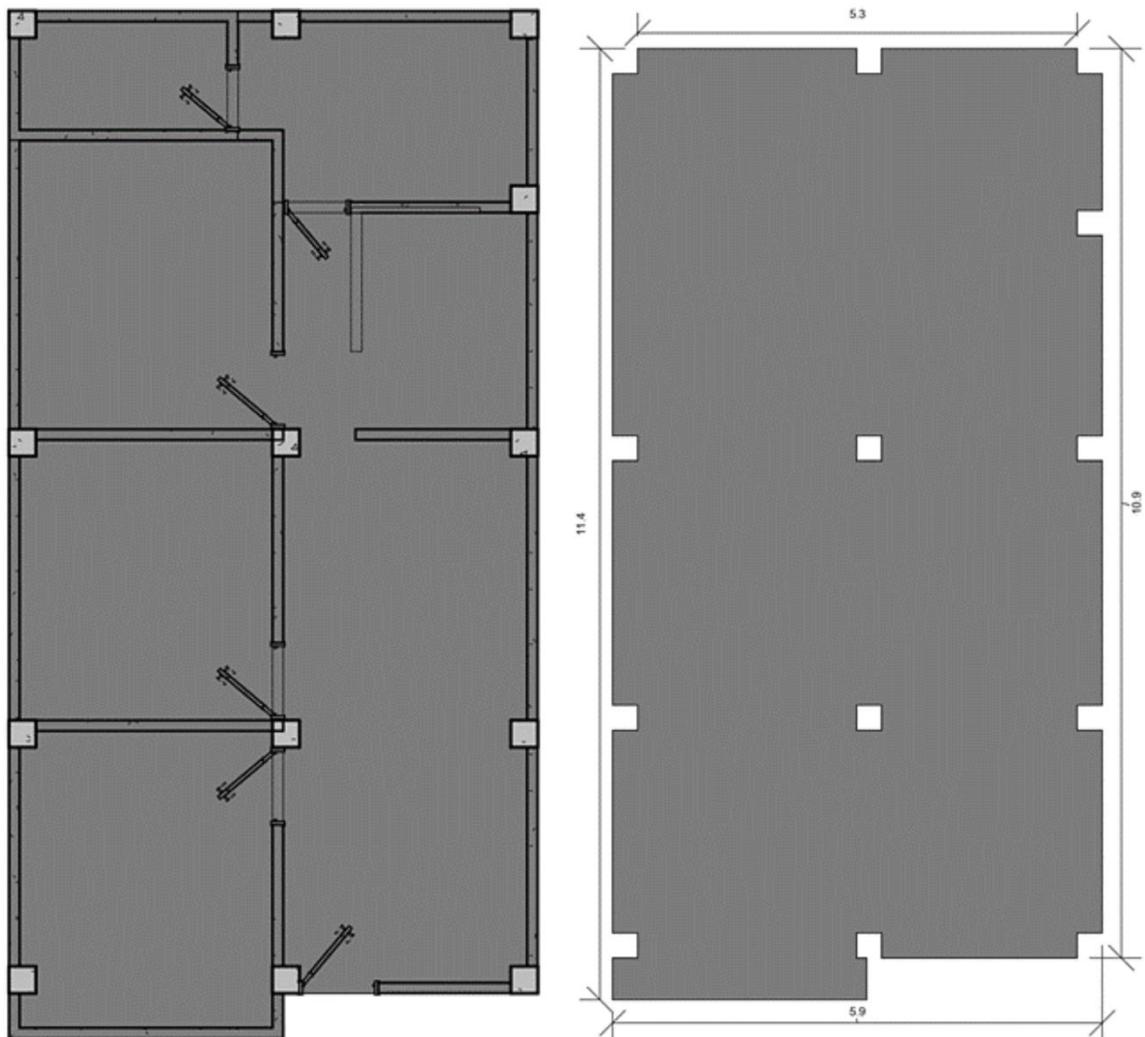
LAMINAS DE SUPERBOARD PARA CIELO RASO		
NOMBRE	VOLUMEN	UNIDAD
Lamina 1	0,03	m ³
Lamina 2	0,03	m ³
Lamina 3	0,01	m ³
Lamina 4	0,03	m ³
Lamina 5	0,03	m ³
Lamina 6	0,01	m ³
Lamina 7	0,03	m ³
Lamina 8	0,03	m ³
Lamina 9	0,02	m ³
Lamina 10	0,03	m ³
Lamina 11	0,02	m ³
Lamina 12	0,02	m ³
Lamina 13	0,02	m ³
Lamina 14	0,02	m ³
Lamina 15	0,02	m ³
Lamina 16	0,02	m ³
Lamina 17	0,02	m ³
Lamina 18	0,02	m ³
Lamina 19	0,02	m ³
TOTAL VOLUMEN		0,43

Fuente: Esta investigación con ayuda del programa REVIT.

2.1.10 Piso en concreto

El piso en concreto es esencial en la construcción de viviendas. Su principal objetivo consiste en transferir las cargas de la estructura al suelo de manera segura, evitando asentamientos desiguales y garantizando la estabilidad del edificio. Además, ayuda a prevenir daños provocados por movimientos del suelo, como aquellos derivados de cambios en la humedad o eventos naturales. Para calcular sus dimensiones, se utilizan los datos proporcionados por el programa Revit, que ofrece mediciones precisas del volumen del concreto en el piso en concreto (ver cuadro 12).

Figura 26. Piso de concreto.



Fuente: Esta investigación.

Cuadro 12. Herramienta para cálculo de volumen de piso de concreto

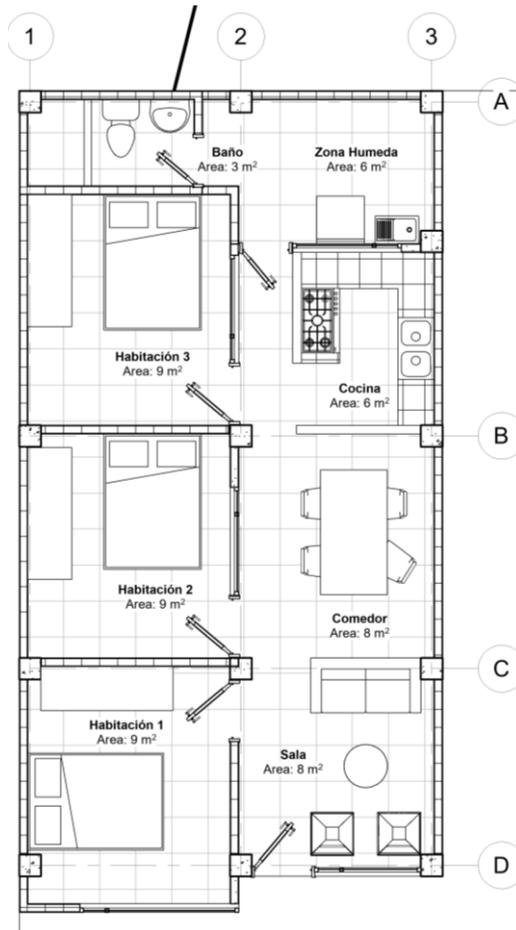
MATERIAL	AREA M2	VOLUMEN M3
LOSA DE CIMENTACION EN CONCRETO	64,23	9,60

Fuente: Esta investigación, con ayuda del programa REVIT.

2.1.11 Cerámica

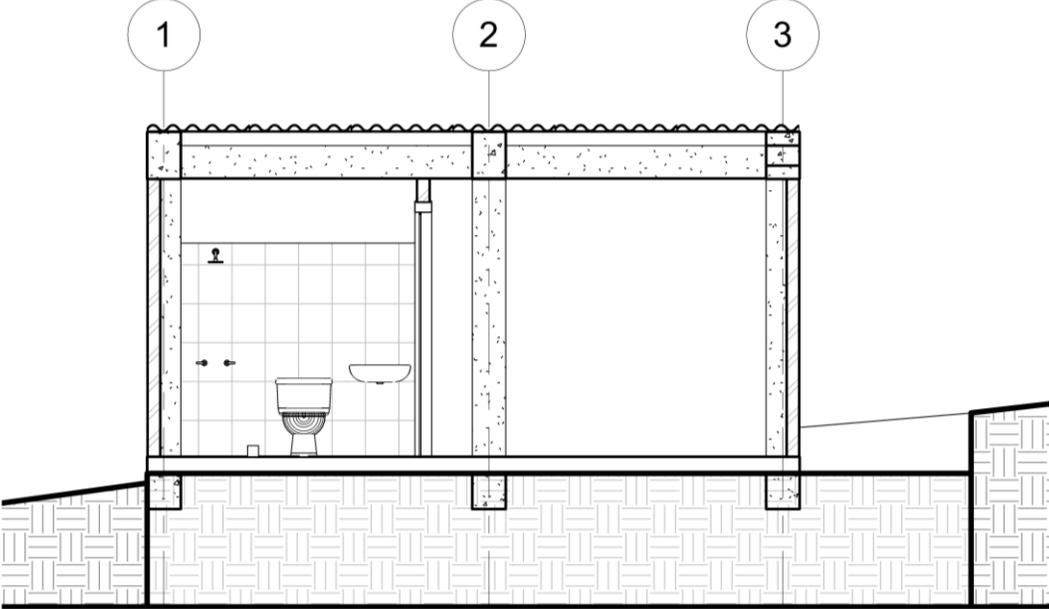
El último aspecto evaluado es el enchapado cerámico, que cubre todo el suelo de la vivienda. Para este propósito, se emplea un formato único de cerámica con dimensiones de 55,2 x 55,2 cm. Para enchapar las paredes de la cocina, se utiliza una cerámica completamente blanca de 25 x 43,2 cm, mientras que para el enchapado del baño se emplea un formato único de cerámica de 25 x 35 cm (ver Figura 27, 28 y 29, cuadro 13).

Figura 27. Enchape de piso en todo el módulo de vivienda.



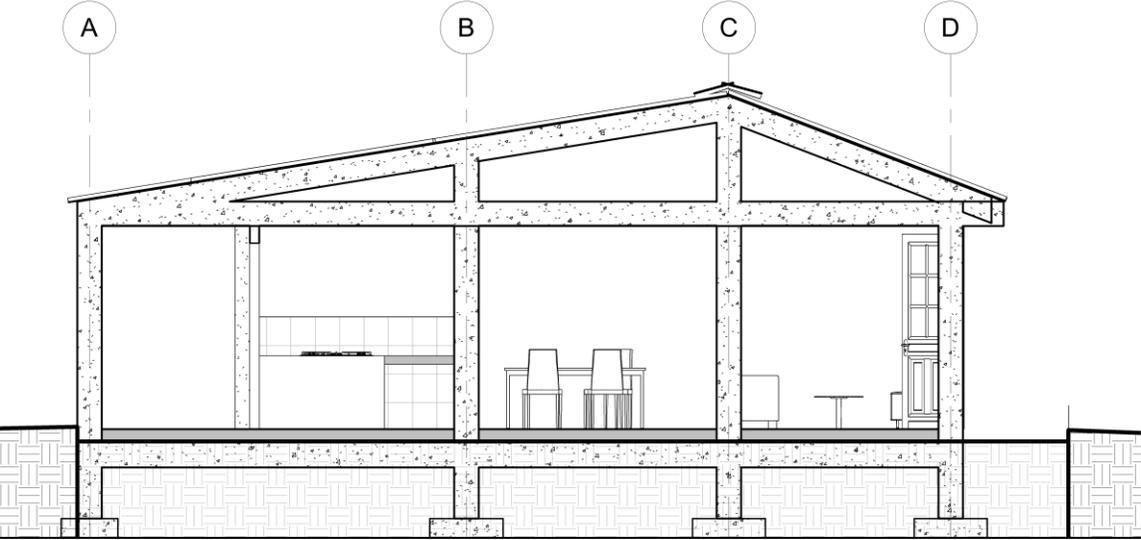
Fuente: Esta investigación.

Figura 28. Enchape de baño.



Fuente: Esta investigación.

Figura 29. Enchape de cocina.



Fuente: Esta investigación.

Cuadro 13. Herramienta para cálculo de volumen de ceramica.

INVENTARIO DE MATERIALES						
MATERIAL	ZONAS	FORMA	FORMULA	AREA 1	ALTURA	VOLUMEN M3
CERAMICA	HABITACIÓN 1	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abx h$	9,17	0,007	0,06
	HABITACIÓN 2	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abx h$	8,67	0,007	0,06
	HABITACIÓN 3	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abx h$	8,96	0,007	0,06
	COCINA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abx h$	6,56	0,007	0,05
	TERRAZA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abx h$	5,88	0,007	0,04
	SALA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abx h$	16,19	0,007	0,11
	BAÑO	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abx h$	2,72	0,007	0,02
	PARED BAÑO 1	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abx h$	2,20	0,007	0,02
	PARED BAÑO 2	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abx h$	2,20	0,007	0,02
	PARED BAÑO 3	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abx h$	4,60	0,007	0,03
	PARED BAÑO 4	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abx h$	4,60	0,007	0,03
	PARED COCINA 1	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abx h$	1,32	0,007	0,01
	PARED COCINA 2	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abx h$	3,60	0,007	0,03
TOTAL M3						0,54

Fuente: Esta investigación

3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS MATERIALES

Para determinar el impacto ambiental de los materiales utilizados en la vivienda, se aplica la fase de evaluación de impactos del ciclo de vida (EICV). El EICV, según el Instituto Vasco de Cambio Climático (Ihobe), se enfoca en evaluar la magnitud y relevancia de los posibles impactos ambientales de un sistema. En esta etapa, se utiliza un método de evaluación para convertir los datos del Inventario del Ciclo de Vida (ICV) en resultados con relevancia ambiental.

Además, se lleva a cabo el primer paso de un Análisis del Ciclo de Vida (ACV), que consiste en la selección de categorías de impacto ambiental que serán consideradas en el estudio. Estas categorías representan los impactos ambientales de interés a los cuales se desean asignar los resultados del EICV. Esto es esencial para cumplir el segundo objetivo de esta investigación.

En cuanto a la evaluación ambiental de cada material, se realiza una clasificación basada en los datos del inventario previamente recopilados. Para este propósito, se utiliza el Eco-Indicador 99 como herramienta (ver el cuadro 14). Este proceso implica la caracterización de los indicadores de impacto ambiental para identificar y cuantificar la tendencia de impacto negativo de cada uno de los materiales que conforman la tipología de vivienda de interés social analizada en esta investigación.

Cuadro 14. Indicadores de impacto ambiental según material.

<i>Producción de material de construcción (en milipuntos por kg).</i>			
<i>Material</i>	<i>Indicador</i>	<i>Descripción</i>	
Cemento	20	Cemento portland	1
Material cerámico	28	Ladrillos etc.	1
Hormigón sin refuerzo	3,8	Hormigón con densidad de 2200 kg/m ³	1
Vidrio templado no revestido	49	Para ventanas	1
Yeso	9,9	Selenita. Empleada como relleno	1
<i>Producción de metales férricos (en milipuntos por kg).</i>			
<i>Material</i>	<i>Indicador</i>	<i>Descripción</i>	
Hierro fundido	240	Hierro fundido con >2% de carbón	1
Acero	86	Bloques de material que sólo contienen 80% de hierro primario y 20% de restos	1
TABLA N.º 9: PRODUCCION DE MATERIAL DE CONSTRUCCION (EN MILIPUNTOS POR KG)			
Material	Indicador	Descripción	
<i>Pinturas acrílicas</i>	<i>130</i>		<i>8</i>

Fuente: GOEDKOOP, Mark; EFFTING, Suzzane y COLLINGNO, Marcel. Anexo eco indicador 99: Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del Ciclo de Vida. Tercera edición. Lugar de publicación: Amersfoort-Países Bajos. PRé Consultans B.V. 1999. Pág. 25 y 27. Consultado: 25 de abril de 2024. Disponible en la dirección electrónica: https://proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Herramientas/Eco%20indicador%2099%20ca.pdf.

3.1 DENSIDAD DE MATERIALES

Además de lo mencionado anteriormente, es fundamental calcular la masa de cada material para ello es necesario conocer su densidad. La densidad indica la cantidad de masa por cada m^3 de un cuerpo y esta información se encuentra detallada en las tablas proporcionadas por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR 10, en el Título B – Capítulo B.3 (cargas muertas) referente a la masa de los materiales (ver en Anexo 1).

En este contexto, se ha desarrollado una herramienta que simplifica este cálculo. Esta herramienta requiere únicamente asignar la densidad de cada material (kg/m^3), lo que permite determinar la masa total de la vivienda (kg) en función del volumen de los materiales utilizados (m^3)

3.2 ACERO ESTRUCTURAL

Para realizar un cálculo preciso de la cantidad de acero en una estructura, se efectúa un análisis detallado que incluye un desglose de todos los elementos estructurales. Dicho enfoque facilita la determinación exacta del acero incorporado en el concreto.

Inicialmente, se segmentan los componentes estructurales tales como vigas de cimentación, cumbreras y áreas, calculando la longitud de cada sección. Posteriormente, estas longitudes se multiplican por el número de varillas presentes en cada eje, tanto vertical como horizontal. Además, se evalúa la cantidad de estribos que conectan cada varilla de acero, junto con los ganchos de refuerzo. Este proceso se replica en las columnas: se analiza la longitud total de las varillas dentro de cada una, multiplicándolas por 4, considerando que cada columna alberga cuatro varillas. De manera similar, se determina la cantidad necesaria de estribos y ganchos para el ensamblaje de zapatas, se calcula longitud total de las varillas utilizadas teniendo en cuenta que las parrillas poseen dos sentidos vertical y horizontal.

Para estos cálculos, se emplean varillas de $\frac{1}{2}$ " y para los estribos en las vigas $\frac{1}{4}$ ", varillas de $\frac{5}{8}$ " para los estribos de las columnas y varillas de las zapatas se usan varillas de $\frac{3}{8}$ ". Este método proporciona un análisis detallado que ofrece una comprensión profunda de la distribución y la cantidad precisa de acero en cada elemento estructural, garantizando una mayor exactitud en el diseño y construcción.

Es fundamental considerar que, una vez calculado el volumen de acero, se debe restar este volumen del volumen total del concreto, dado que el acero está incrustado en los elementos arquitectónicos, contruidos con dicho material.

En el anexo 3, se muestra el cálculo realizado para determinar la cantidad y la masa del acero en los elementos estructurales de la vivienda actual, los resultados resaltados en azul determinan el valor del volumen de acero, los valores resaltados

en rosado la masa total del acero el cual servirá para determinar el impacto ambiental.

A partir del Anexo 2 hasta el 13 se presenta el cálculo de la masa de los materiales restantes que conforman la vivienda.

3.3 ACERO EN CONCRETO

Una vez que se ha determinado la masa, tanto del acero como del concreto, se lleva a cabo la sustracción correspondiente. Este procedimiento tiene como objetivo mejorar la precisión al calcular el impacto ambiental mediante los milipuntos, asegurando que el resultado relacionado con el concreto sea más exacto.

Cuadro 15. Cálculo final de la masa del concreto y acero.

MASA TOTAL MATERIALES	CANTIDADES	PORCENTAJES
CONCRETO REFORZADO	116.263,55	100%
ACERO	1.405,86	1,20%
CONCRETO SIN ACERO	114.857,70	98,80%

Fuente: Esta investigación.

3.4 CÁLCULO DEL IMPACTO EN MILIPUNTOS

Tras calcular la masa de cada material que compone el módulo de vivienda en estudio, se determinan las cifras de impacto ambiental asociadas a dichos materiales según su tipología. Para ello, se elaboró una hoja de cálculo en la que se asigna a cada material el indicador de impacto establecido, detallado en la cartilla del Ecoindicador 99.

Con esta asignación, se obtienen las cifras de impacto ambiental expresadas en milipuntos (mPt), calculadas en función de la masa de cada material. El procedimiento consiste en multiplicar la masa obtenida por la unidad correspondiente indicada en la cartilla y, finalmente, por el valor del indicador de impacto. Este enfoque permite estimar de manera precisa y detallada el impacto ambiental de los materiales utilizados en el módulo de vivienda.

Cuadro 16. Cálculo de impacto medio ambiental en mPt.

MATERIAL	MATERIAL INDICADOR	MASA (KG)	UNIDAD	INDICADOR	MILIPUNTOS mPt
ESTRUCTURA EN CONCRETO	HORMIGON SIN REFUERZO	89462,74	1	3,8	339.958
MAMPOSTERÍA EN LADRILLO	MATERIAL CERAMICO	26506,8	1	28	742.190
LAMINA DE HIERRO PARA PUERTAS	HIERRO FUNDIDO	498	1	240	119.578
LAMINA DE HIERRO PARA MARCOS DE PUERTAS	HIERRO FUNDIDO	165,6	1	240	39744
MORTERO	CEMENTO + ARENA	3120,26	1	20,82	64.964
VIDRIO PARA VETANAS	VIDRIO NO REVESTIDO	100,9	1	49	4.944
PUNTURA ACRILICA	PINTURA ACRILICA	2096	1	130	272.532
MARCOS LAMINA DE HIERRO PARA VENTANAS	HIERRO FUNDIDO	385,2	1	240,0	92.448
MARCOS DE MADERA PARA VENTANAS	TABLERO MADERA	29,3	1	6,6	193,38
PUERTAS EN MADERA	TABLERO MADERA	179,0	1	6,6	1181,57
MARCOS DE MADERA PARA PUERTAS	TABLERO MADERA	17,59	1	6,6	116,08
CERAMICA	MATERIAL CERAMICO	1288	1	28	36.066
TEJA FIBROCEMENTO	CEMENTO	795	1	20	15.900
ESTRUCTURA EN ACERO	ACERO DE ALTA ALEACIÓN	1405,86	1	910	1.279.329
TECHO SUPERBOARD	CEMENTO	619,0	1	20	12.380
SUELO EN CONCRETO	HORMIGON SIN REFUERZO	23040	1	3,8	87.552
IMPACTO TOTAL GENERADO					3.109.076

Fuente: Esta investigación.

En el cuadro 17 se determinan los niveles de impacto, para esto se utiliza una matriz que evalúa diferentes medidas del impacto. Estas medidas se clasifican como impacto bajo, medio, mínimo y máximo. Los datos se obtienen calculando el mínimo, la media y el máximo del promedio de todos los materiales analizados. Así es como se pueden clasificar los tres tipos de impacto con colores significativos:

- ROJO: Impacto máximo.
- CAFE: Impacto medio.
- AMARILLO: Impacto mínimo.
- GRIS: Impacto BAJO.

Cuadro 17. Matriz de impacto de los materiales de la vivienda actual.

MATRIZ PROMEDIO PARA NIVELES DE IMPACTO AMBIENTAL		
IMPACTO BAJO	Negativo - 1.700	
IMPACTO MINIMO	1.710 - 290.000	
IMPACTO MEDIO	300.000 - 1.290.000	
IMPACTO MAXIMO	1.290.000 - 1.300.000	

Fuente: Esta investigación.

Esto quiere decir que el impacto bajo se determina para valores menores o iguales a 1.700 mPt, cifra obtenida al sumar los impactos de los elementos de madera, que representan el menor aporte negativo al impacto ambiental. El impacto mínimo abarca desde el valor más bajo registrado (1.700 mPt) hasta el inicio del rango del impacto medio. En este caso, la pintura acrílica se toma como referencia para este límite. El impacto medio se ubica entre el impacto bajo y el impacto máximo. En este rango, la mampostería en ladrillo, con aproximadamente 800.000 mPt, representa un valor intermedio y sirve como referencia para esta categoría y finalmente el impacto negativo más alto registrado en el cuadro 16 corresponde al acero, que se considera el material con mayor aporte al impacto ambiental. Este valor se toma como referencia para definir el impacto máximo alcanzable en una vivienda.

Cuadro 18. Medida de impacto de cada material en vivienda actual.

MATERIAL	IMPACTO	MATRIZ DE COLOR
ESTRUCTURA EN CONCRETO	339.958	
MAMPOSTERIA EN LADRILLO	742.190	
LAMINA DE HIERRO PARA MARCOS DE VENTANAS Y PUERTAS Y PARA PUERTAS	251.760	
MORTERO	64.964	
VIDRIO PARA VETANAS	4.944	
PUNTURA ACRILICA	272.532	
MARCOS, PUERTAS, VENTANAS EN MADERA	1.641	
CERAMICA	36.066	
TEJA FIBROCEMENTO	15.900	
ESTRUCTURA EN ACERO	1.279.329	
TECHO SUPERBOARD	12.380	

Fuente: Esta investigación.

En conclusión, se determinó que la vivienda actual genera un impacto ambiental de más de 3 millones de mPt, lo que, en términos de residuos sólidos, equivale a 3.000.000 kg, es decir, 3.000 toneladas. Este valor corresponde únicamente a una vivienda de las 28 analizadas. Por lo tanto, el impacto total estimado para las 28 viviendas asciende a 84.000 toneladas, según lo establecido en la cartilla del Ecoindicador 99.

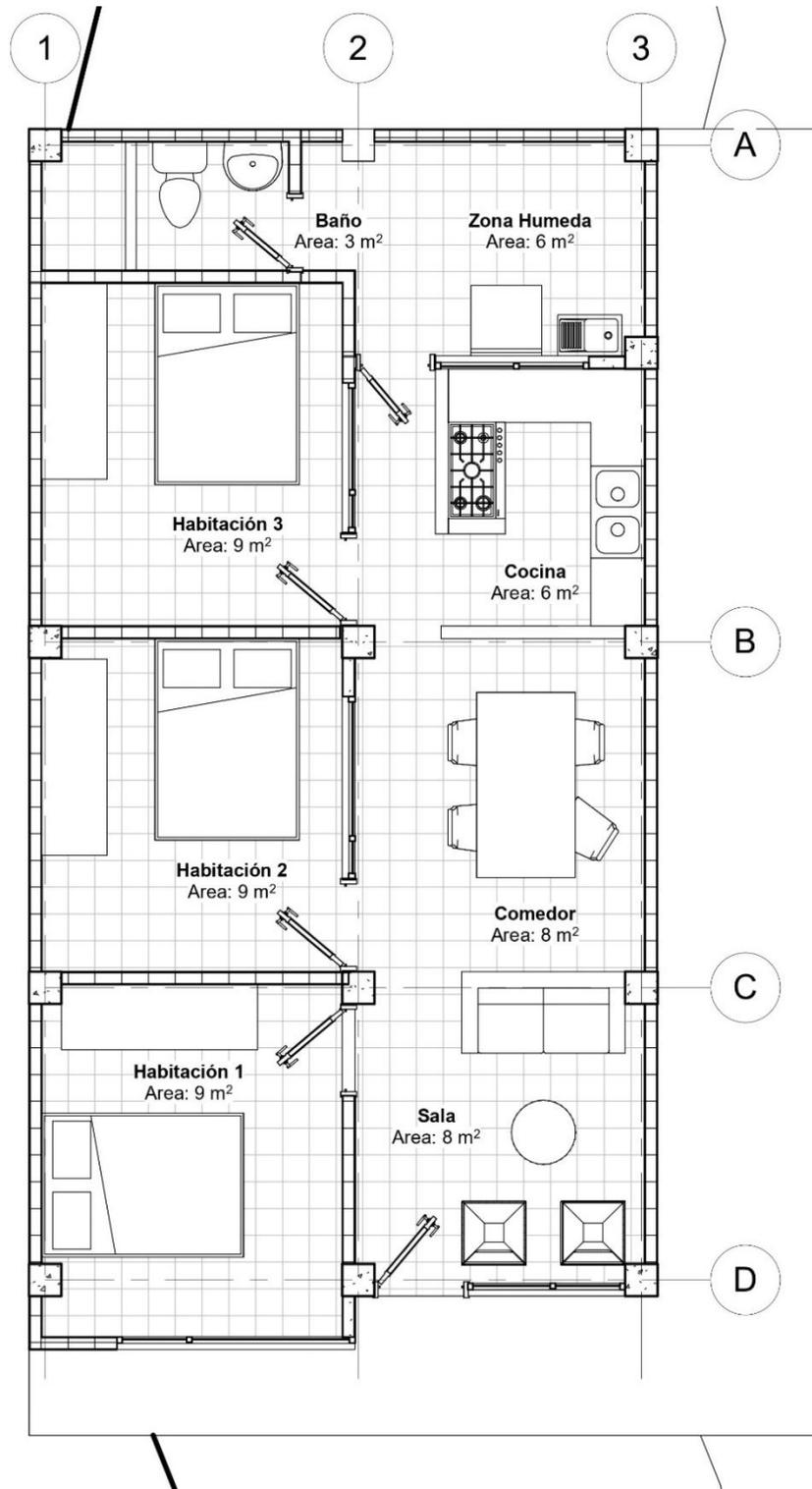
El acero se identificó como el material con mayor impacto ambiental, lo que indica que las estrategias de mitigación deben enfocarse en reducir su uso. En contraste, la madera fue clasificada como el material con menor impacto ambiental, según el análisis de calificación de impacto reflejado en el cuadro 16, donde se determinó que pertenece a la categoría de impacto bajo.

4. EVALUACION DE LINEAMIENTOS DE CONSTRUCCION SOSTENIBLE APLICABLES AL CASO DE ESTUDIO

Una vez recopilados los datos de impacto de los materiales utilizados en el módulo de vivienda bajo estudio, se procede a examinar detalladamente las viviendas de muestra para identificar factores clave que influirán en la orientación de ciertas directrices dirigidas a mitigar los efectos negativos. Es crucial comprender que este barrio se construyó originalmente con una tipología de vivienda que contemplaba la posibilidad de ampliación en el futuro, lo cual ha resultado en una notable diversidad de estilos arquitectónicos. El objetivo de esta sección es evaluar el impacto ambiental producido por las 28 viviendas con los materiales propuestos y proponer estrategias medio ambientales que contribuyan a la sostenibilidad de estas, se utilizará el mismo diseño y distribución arquitectónica de la misma.

En primera instancia se realiza el levantamiento arquitectónico, dado que este barrio no fue construido por ninguna constructora o con ayuda del gobierno. Por ende, ninguna vivienda cuenta con planos legalizados ni físicamente plasmados. Cada propietario decidió optar por un mismo diseño arquitectónico para todos sus hogares. En la figura 30 se puede observar la planimetría de las viviendas unifamiliares sin remodelación ni ampliación, así mismo como su caracterización arquitectónica.

Figura 30. Planta piso de vivienda actual y caracterización.



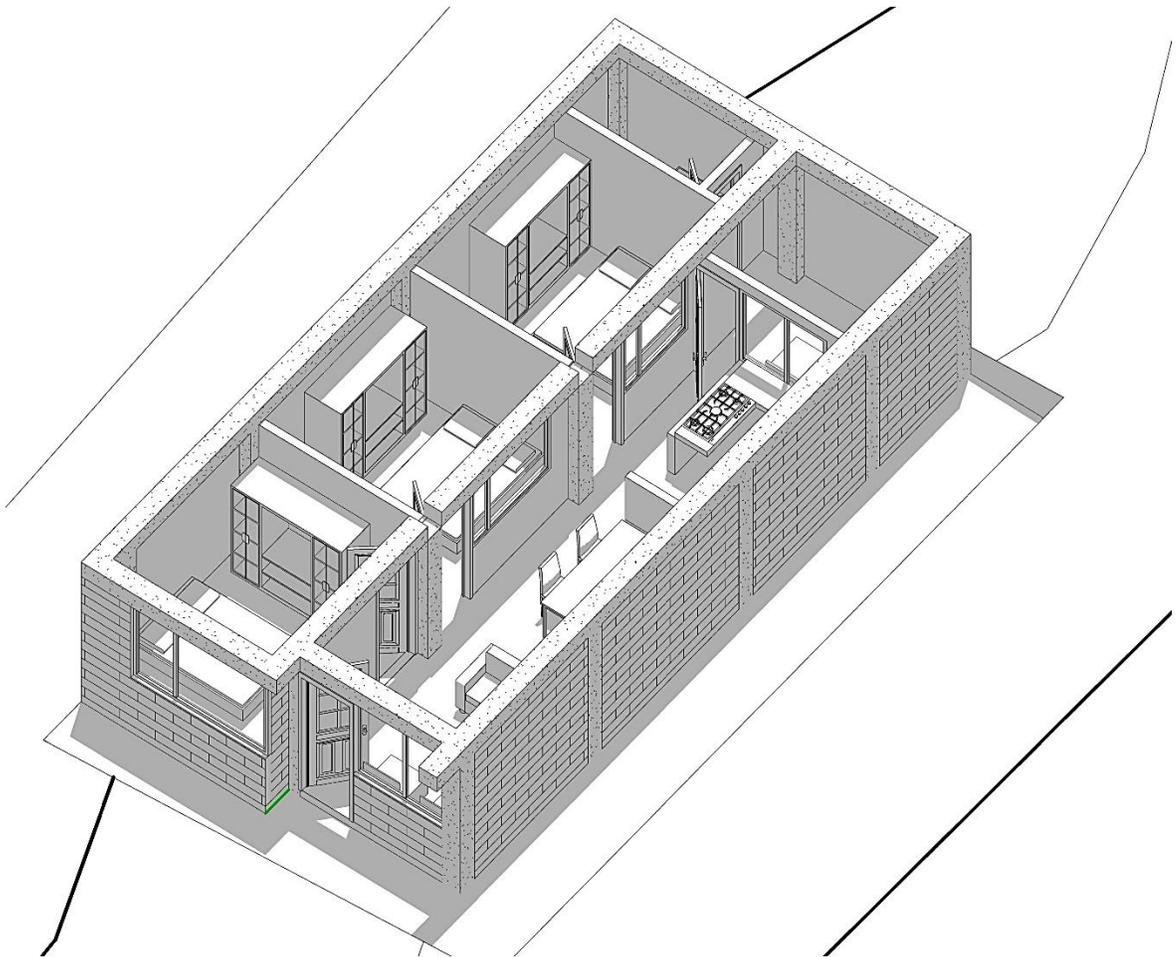
Fuente: Esta investigación.

Cuadro 19. Áreas de las zonas de la vivienda actual.

ESPACIOS	AREAS
COCINA	6 m2
SALA	8 m2
COMEDOR	8 m2
BAÑO	3 m2
ZONA HUMEDA	6 m2
HABITACIÓN 1	9 m2
HABITACIÓN 2	9 m2
HABITACIÓN 3	9m2

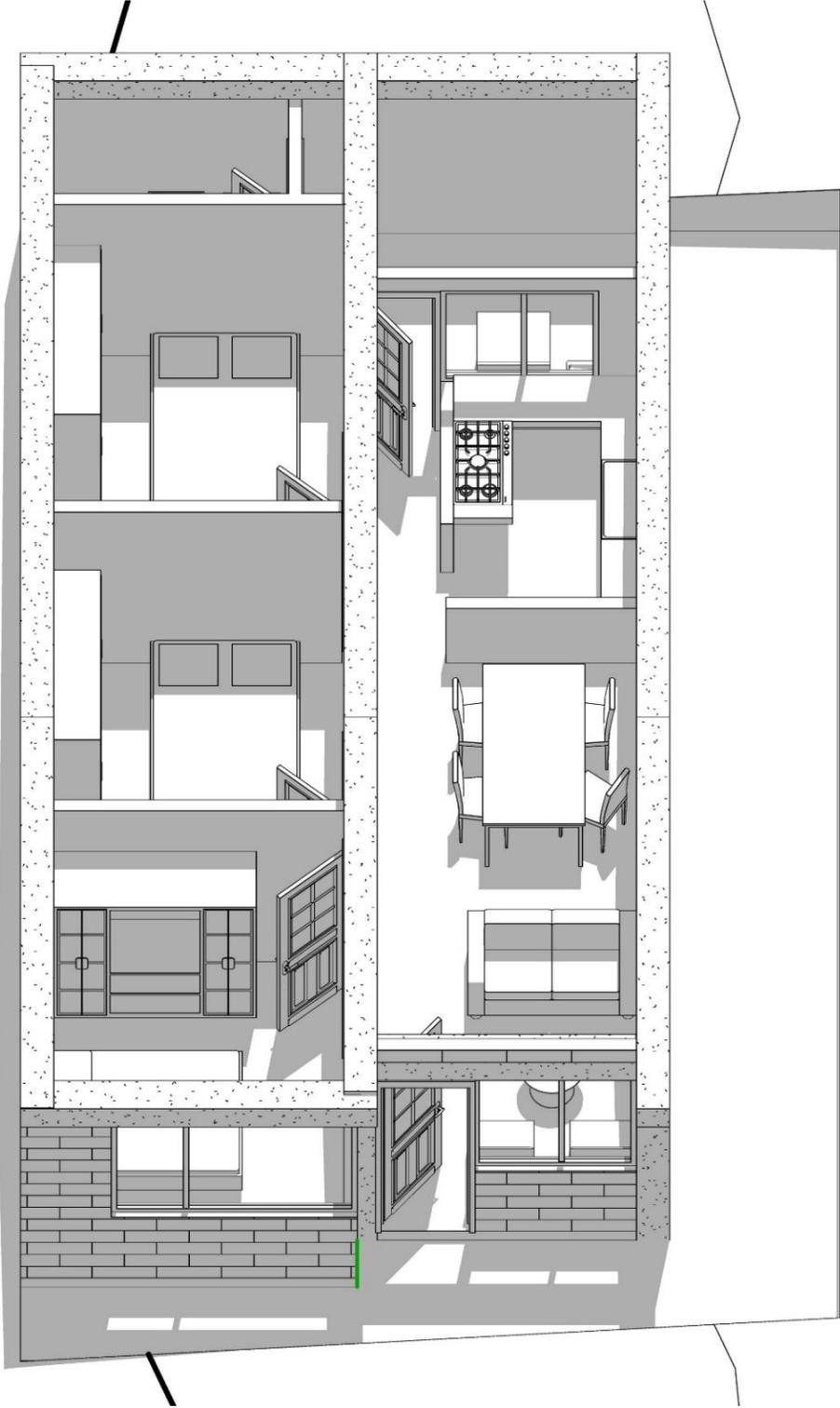
Fuente: Esta investigación.

Figura 31. Axonometría de vivienda actual.



Fuente: Esta investigación.

Figura 32. Axonometría de vivienda actual.



Fuente: Esta investigación.

4.1 SISTEMA CONSTRUCTIVO

Dentro de la propuesta del módulo de vivienda, se implementó un sistema constructivo utilizando materiales con un bajo indicador de impacto según el eco indicador 99. El objetivo es mitigar el impacto negativo que presentan las viviendas en su estado actual. Se determinó que, para el reemplazo del concreto, el material más viable con menor impacto y que proporciona un soporte estructural adecuado es la madera. Este material ofrece flexibilidad al diseñar la estructura, se ajusta al presupuesto de este tipo de viviendas y reduce significativamente el impacto ambiental debido a su composición.

Adicionalmente, se propone el uso de yeso para la construcción de muros y un aislamiento de fibras de vidrio con un porcentaje de vidrio reciclado. Para la cimentación, se optó por una cimentación ciclópea, que ayuda a retener la humedad y evita que esta ascienda hasta la estructura de madera y finalmente como base se propone un piso en concreto, el cual se recubre de piso laminado en madera.

En la investigación se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de materiales que minimicen el impacto ambiental. Entre estos se incluyen ventanas fabricadas con PVC reciclado, láminas de Tetrapak reciclado tipo asbesto y pintura con un grado de reciclado.

4.1.1 Detalle de cimentación

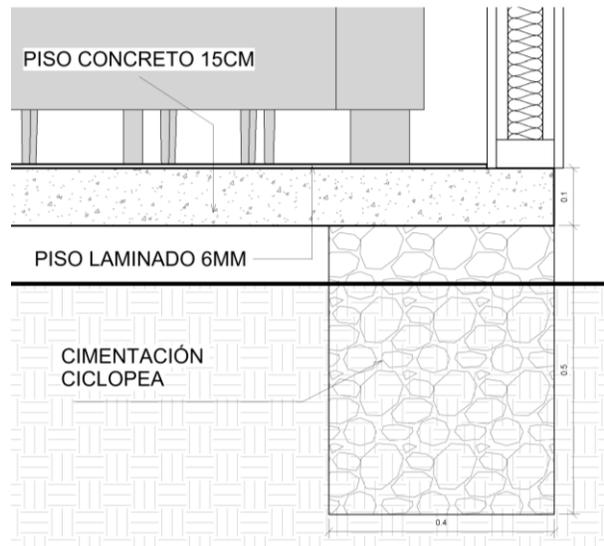
Una vez definidos los materiales para el diseño de la vivienda, se inicia el diseño de la construcción desde cero, comenzando por la cimentación estructural. Como se mencionó anteriormente, esta cimentación consiste en una construcción ciclópea, un método utilizado principalmente en edificaciones de baja carga estructural, como viviendas de uno o dos pisos. Su propósito es actuar como base y prevenir futuras humedades en las estructuras de las viviendas, las dimensiones de la cimentación ciclópea son 50 cm de alto por 40 cm de ancho. (ver Figura 33).

4.1.2 Piso en concreto

Se eligió un piso de hormigón sin refuerzo como base y soporte final de la subestructura. Como revestimiento, se instaló un piso laminado. (ver Figura 33 y 34).

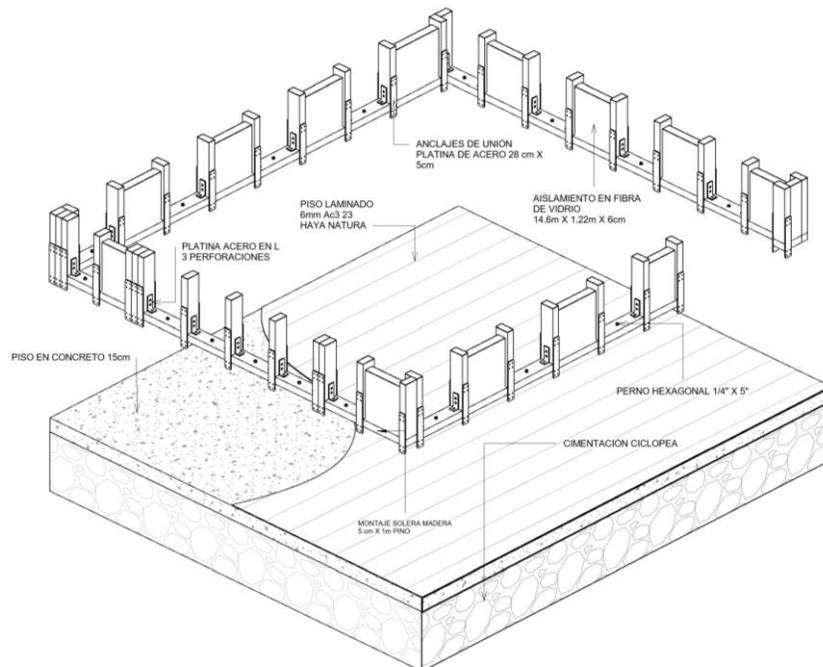
En la figura 33 se puede apreciar el detalle constructivo de la cimentación de la vivienda propuesta, la cual está conformada por concreto ciclópeo, piso en concreto y piso laminado.

Figura 33. Detalle constructivo cimentación estructural.



Fuente: Esta investigación.

Figura 34. Despiece cimentación.



Fuente: Esta investigación.

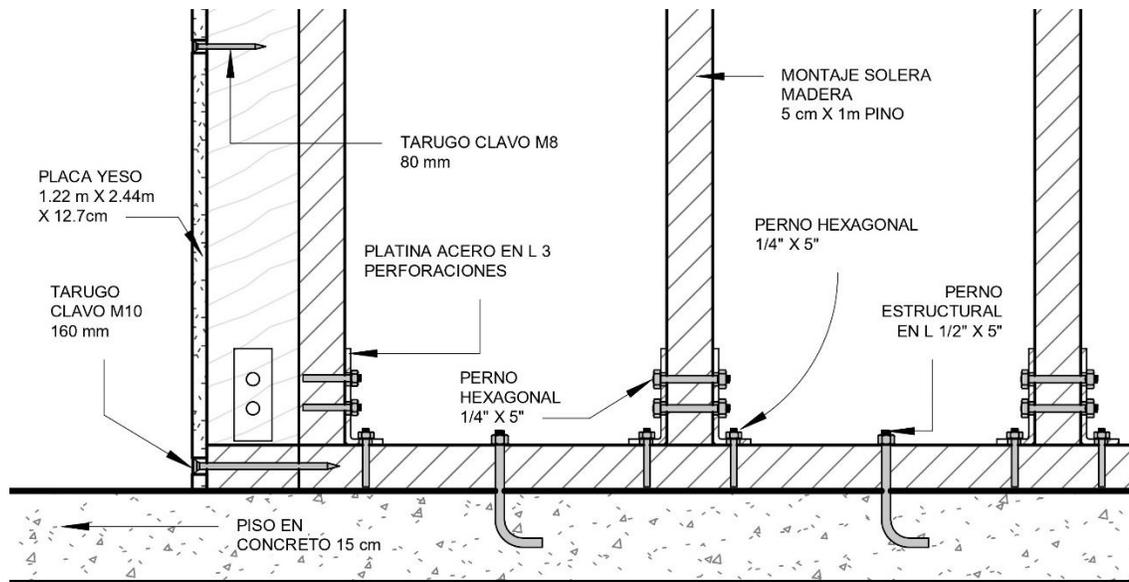
4.1.3 Solera base

Continuando con el desarrollo de la estructura en madera, se utiliza una solera base de madera inmunizada. Es muy importante que la madera posea estas propiedades, ya que es muy susceptible a la humedad. El tamaño mínimo utilizado para la construcción de esta base es de 2" x 6" (ver figura 35). Antes de fijar la solera al piso, se debe incorporar una espuma aislante entre la solera base y el piso de concreto. Esta espuma cumple la función de eliminar el aire restante que pueda existir entre los dos elementos.

4.1.4 Anclajes

En cuanto al uso de anclajes para la conexión de la solera base a la losa de hormigón, se emplearon pernos estructurales en L. Estos pernos permiten generar una resistencia adecuada con la madera, que es el material principal de toda la composición estructural. Cada uno de estos anclajes debe situarse en cada unión de madera y debe encontrarse empotrado en la losa de hormigón. Asimismo, para la conexión entre las soleras, tanto la solera anclada al piso como las soleras que componen los muros, se utilizaron platinas en L con tres entradas, dos de las cuales están conectadas a las soleras verticales y una a la solera base.

Figura 35. Detalle de solera base y anclajes de unión.



Fuente: Esta investigación.

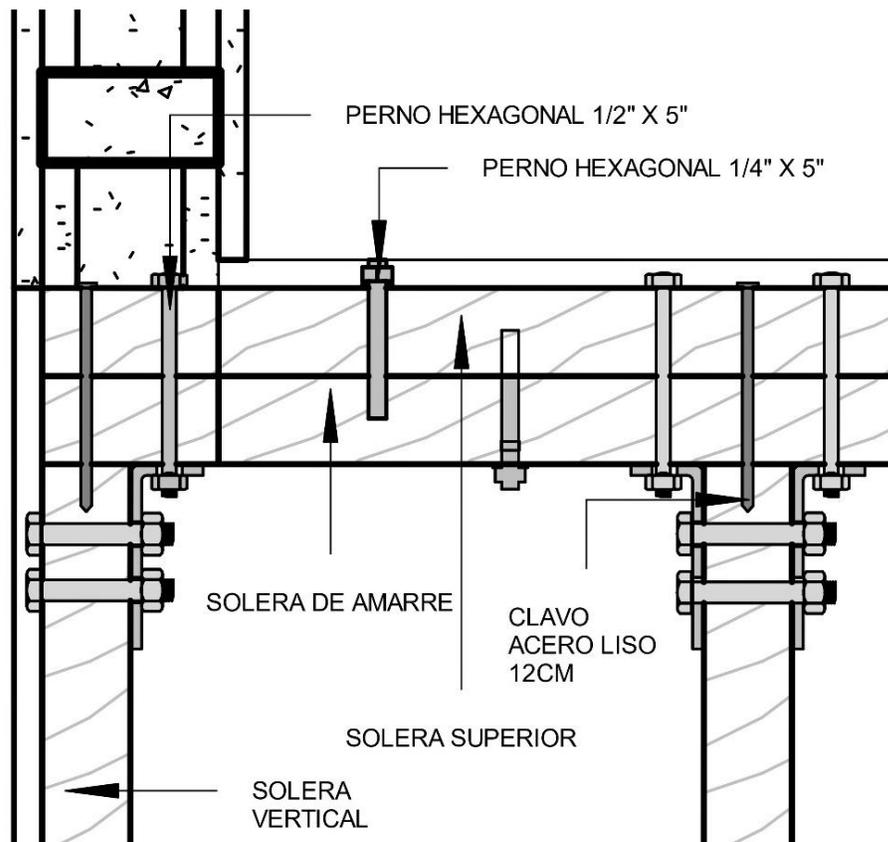
4.1.5 Muros en soleras

Como siguiente paso para la colocación de soleras, se utilizaron láminas de madera de 2" x 6" en todo el módulo de vivienda, con el fin de levantar los muros. La distribución de cada soporte se realizó cada 40 cm. Para la conexión de las soleras esquineras, se empleó la siguiente distribución: una solera para cada lado horizontal y vertical, y una solera que se ubicó en el centro de las mencionadas anteriormente para brindar mayor resistencia. Asimismo, para proporcionar aún más soporte entre las soleras, se colocó una solera horizontal con dos tipos de desfase, uno de 1 metro y otro de 1.50 metros, en relación al piso (ver Figura 37).

4.1.6 Soleras superiores.

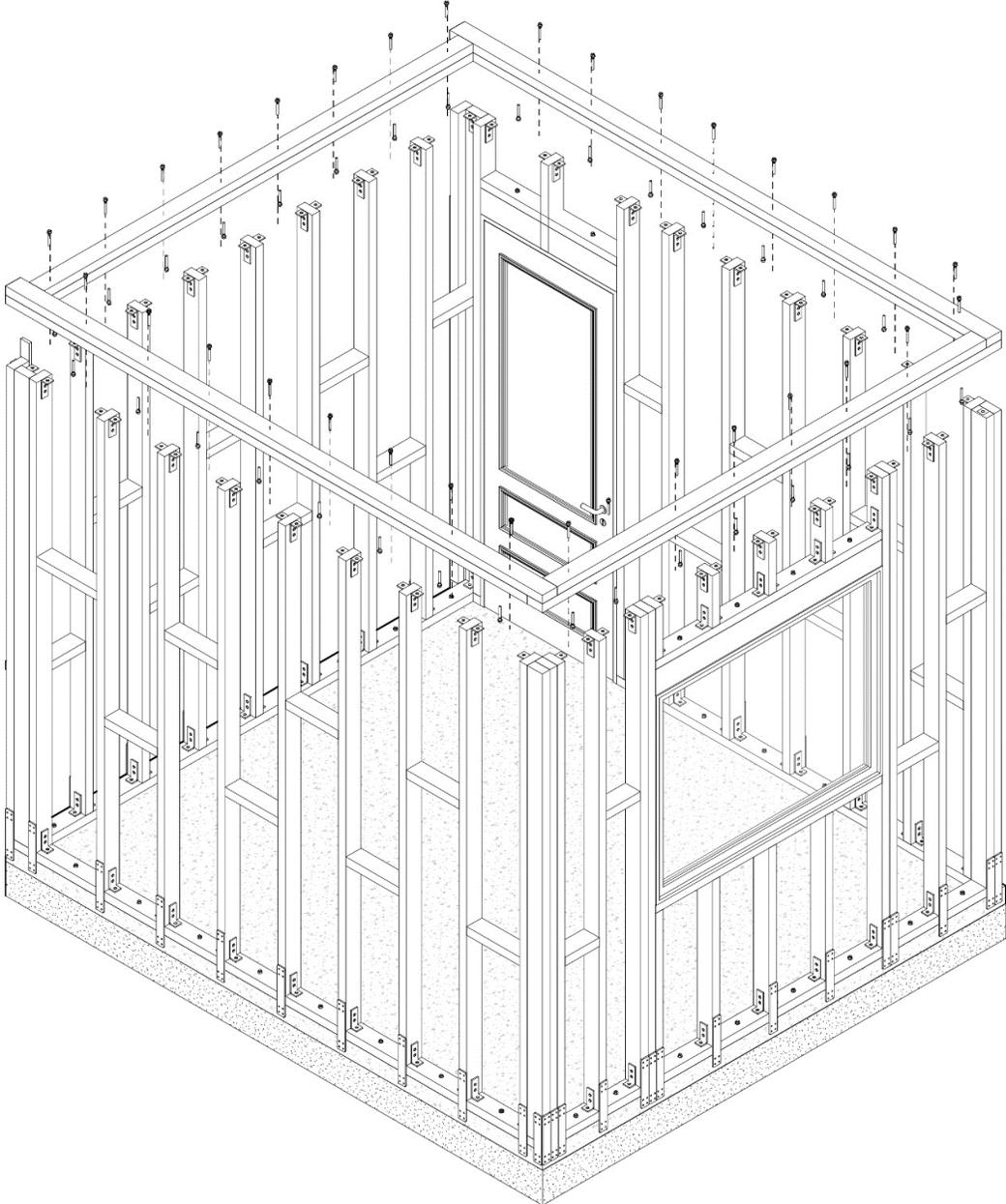
Dentro del sistema constructivo, en primera instancia se emplean soleras superiores, las cuales deben mantener un espesor de 5 cm y estar ancladas a cada uno de los montajes verticales de la estructura. Asimismo, se utiliza soleras de amarre, que también deben tener un espesor de 5 cm y estar ancladas a la solera superior para proporcionar una mayor resistencia dentro de la estructura en general.

Figura 36. Detalle de solera superior.



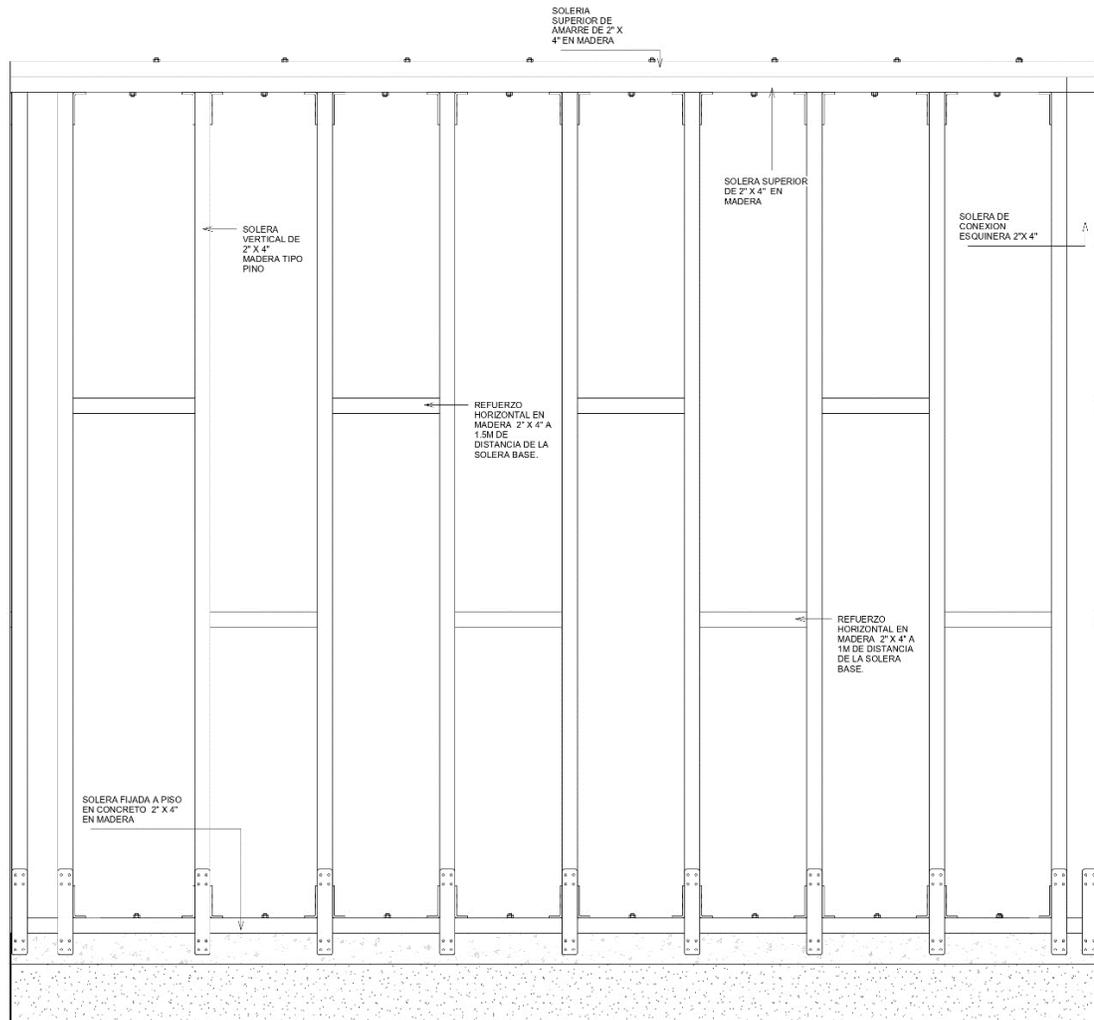
Fuente: Esta investigación.

Figura 37. Despiece solera superior.



Fuente: Esta investigación.

Figura 38. Detalle muro de soleras.



Fuente: Esta investigación.

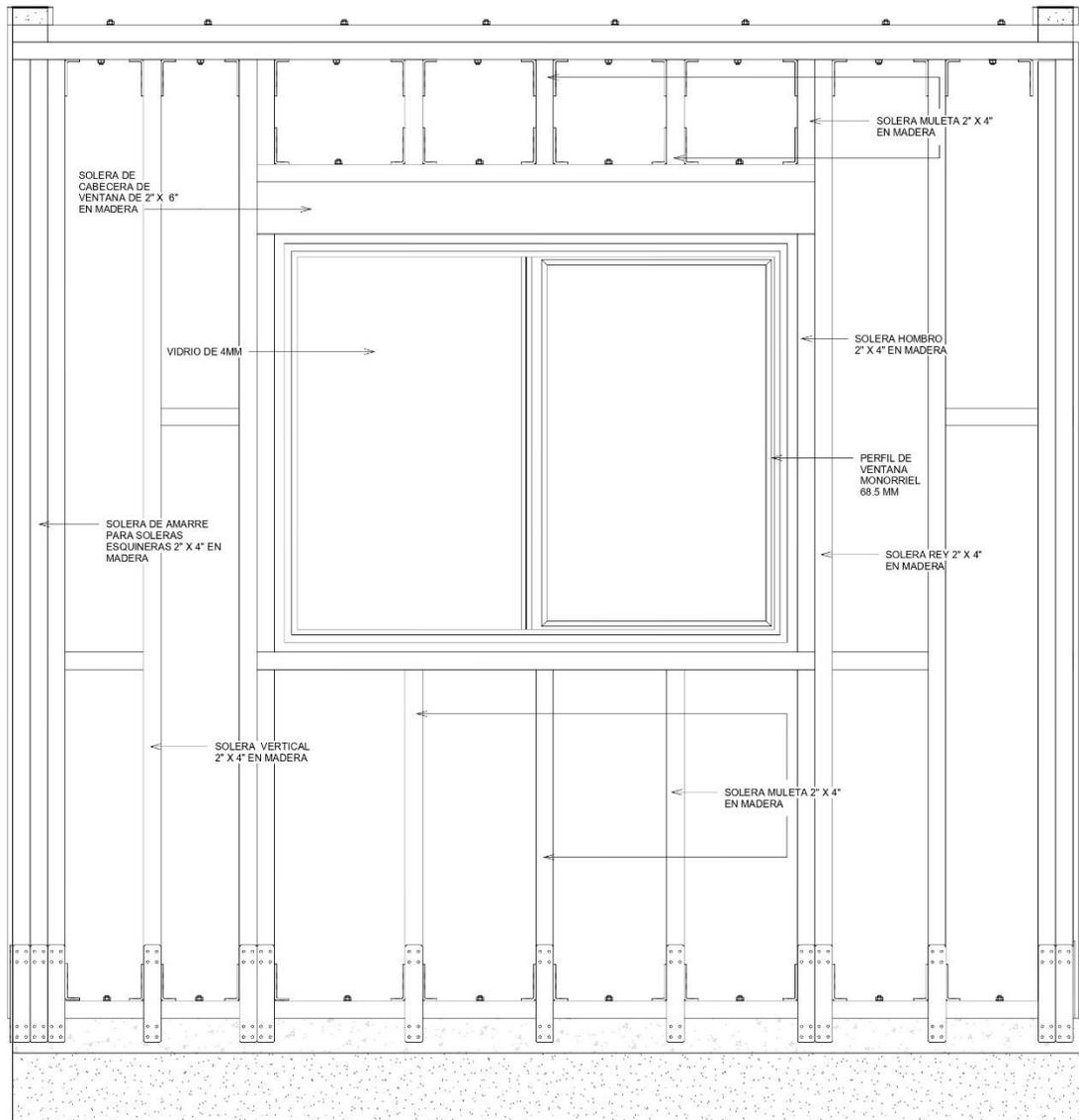
4.1.7 Ventanas

Para la construcción de ventanas, es necesario seguir un orden al realizar el vano donde se instalarán. Las soleras que interrumpen su trayectoria normal deben transferir la fuerza de soporte primero a una solera de cabecera, la cual se encarga de distribuir las cargas a las soleras verticales siguientes, llamadas "hombros", como se ilustra en la figura 39. Finalmente, la carga se distribuye a las soleras inferiores, conocidas como "muletas", que permiten que todo el soporte se transfiera a la solera base. Las soleras verticales que forman parte del muro deben mantener la misma distancia que se ha estado utilizando después de perforar el vano donde se encuentra la ventana.

4.1.7.1 Marco de ventanas

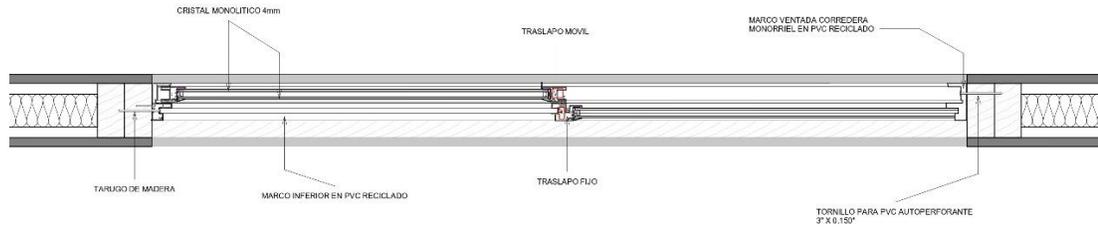
Se seleccionaron marcos de PVC reciclable de la empresa Deceunick para la instalación de las ventanas. La ventana pertenece a la línea SL/DL-322, con sistema corredera monorriel y cristal termo panel de 4 mm de grosor en ambos vidrios. Para más detalles, consulte la ficha técnica en el anexo 1.

Figura 39. Detalle de muro ventana.



Fuente: Esta investigación.

Figura 40. Detalle de planta para ventana.

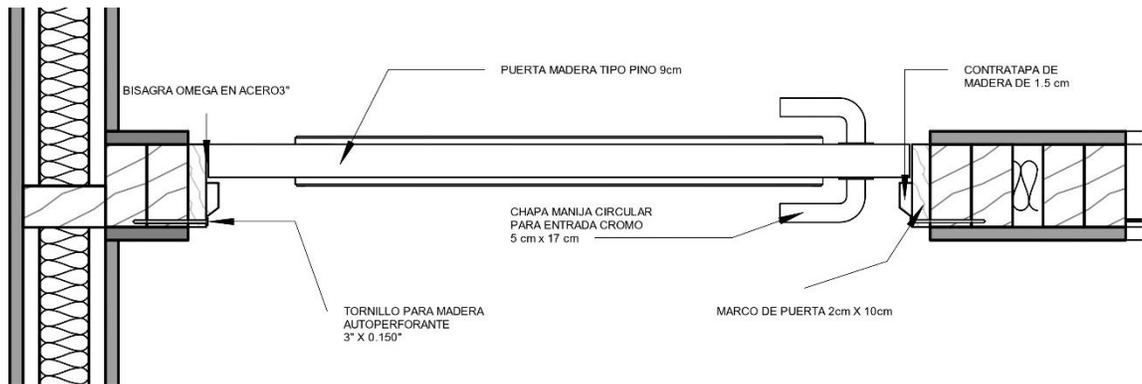


Fuente: Esta investigación.

4.1.8 Puertas

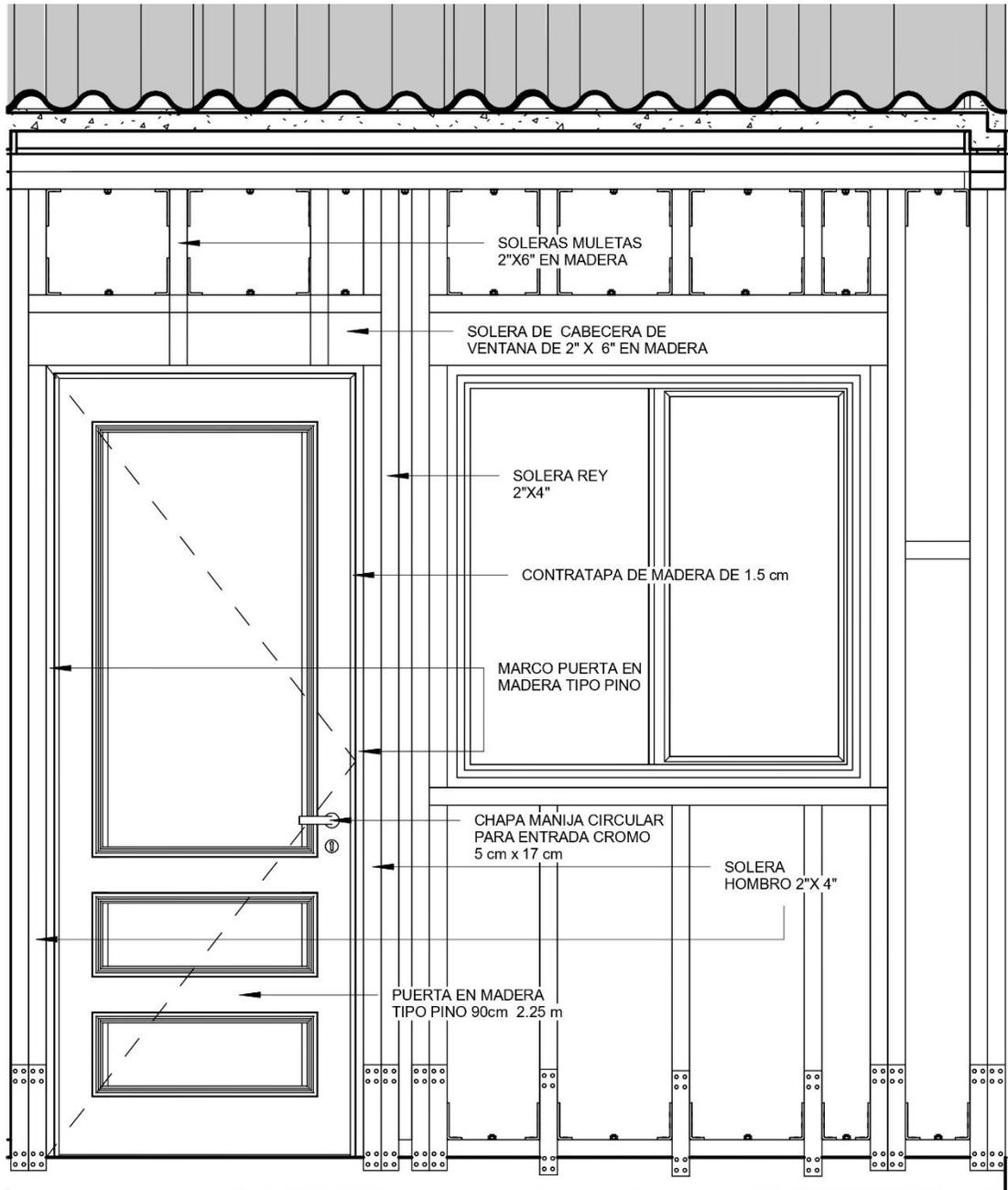
Para la instalación de la puerta fabricada en madera tipo pino, se sigue un proceso similar al de la ventana. Sin embargo, se debe tener en cuenta que se ocupa un vano más grande y que la puerta no proporciona un cierre total para las soleras. La solera correspondiente a la cabecera tiene dimensiones mayores de 2" x 6" para brindar un mayor soporte (ver Figura 41).

Figura 41. Detalle de planta para puerta.



Fuente: Esta investigación.

Figura 42. Detalle de muro puerta.



Fuente: Esta investigación.

4.1.9 Placa de yeso

El primer elemento corresponde a la placa de yeso, la cual debe mantener unas dimensiones de 15,9 mm x 2,44 m x 1,22 m y debe estar directamente pernada a la estructura de madera.

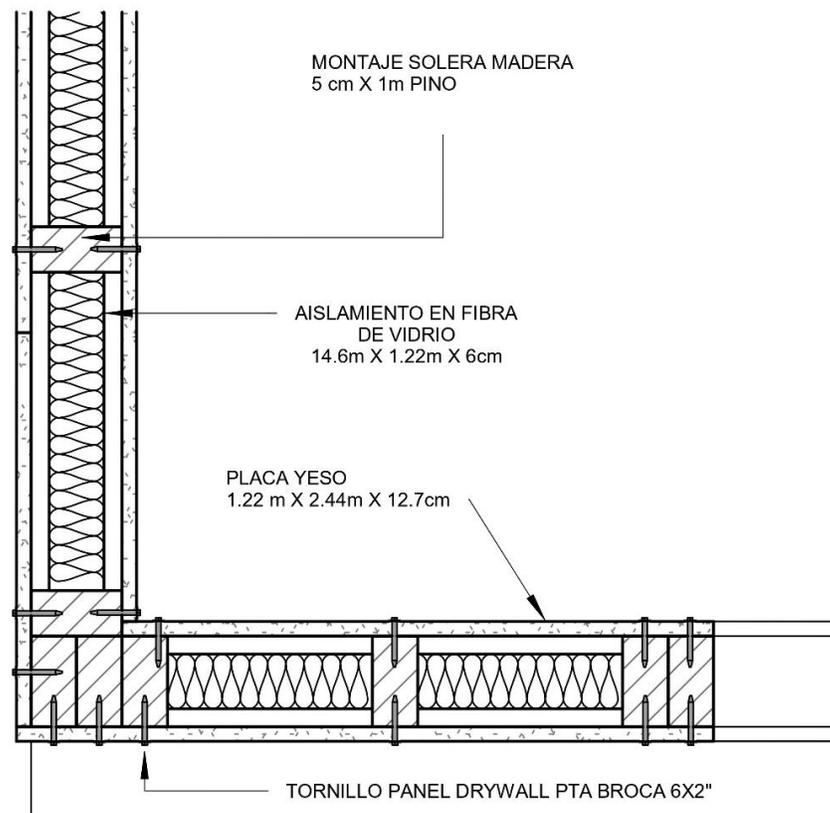
4.1.9.1 Aislamiento en fibras de vidrio.

El segundo elemento es el aislamiento en fibras de vidrio de la marca Frescasa Eco2, que contiene un 74,9% de vidrio reciclado. Se incorpora con un espesor de 60 mm para lograr el aislamiento térmico y acústico necesario para la funcionalidad de la vivienda en general y para proporcionar espacios adecuados en estas condiciones. Para obtener más información, consulte la ficha técnica en el anexo 2.

4.1.9.2 Tornillos

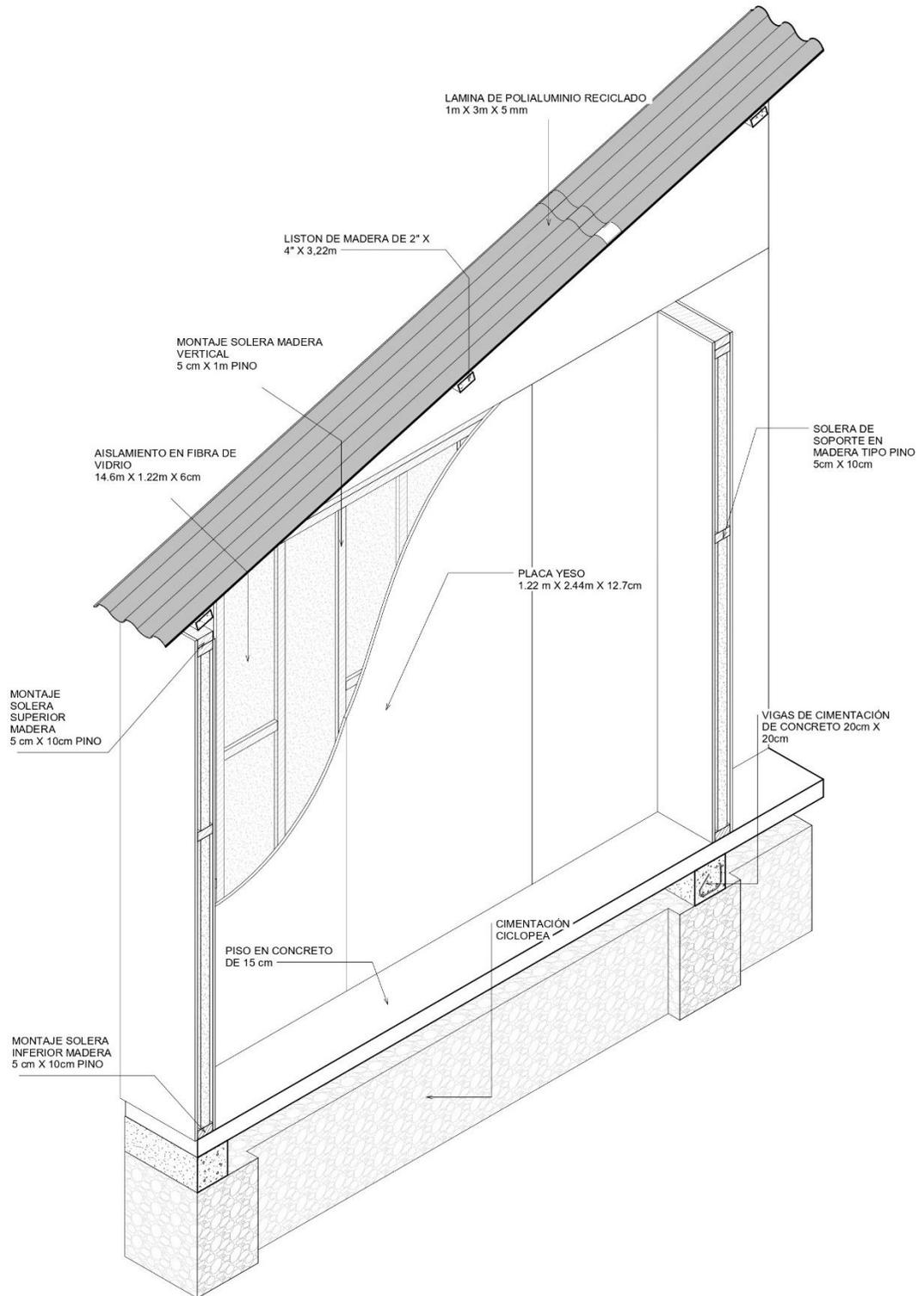
Finalmente, para anclar cada uno de los elementos mencionados anteriormente, se utilizan tornillos de punta aguda para lograr una fácil y sólida fijación del panel a la estructura y así consolidar la ejecución de la edificación.

Figura 43. Detalle panel yeso y fibras.



Fuente: Esta investigación.

Figura 44. Detalle muro con panel yeso.



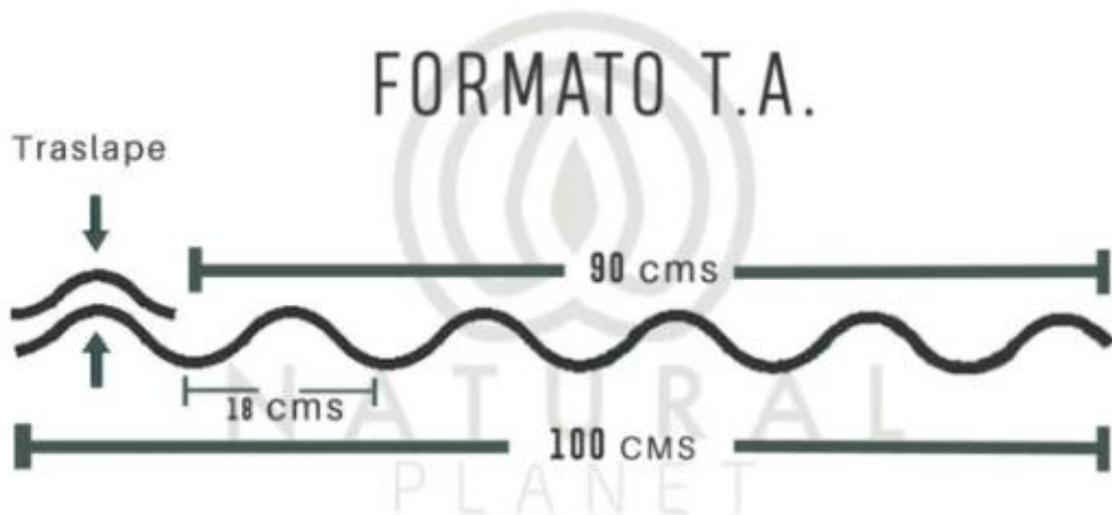
Fuente: Esta investigación.

4.1.10 Lamina de Tetrapak reciclado

Otro material propuesto para reducir el impacto ambiental son las láminas y caballete de Tetrapak reciclado, la empresa encargada de fabricar estas laminas y de donde se extrajo la información es *Natural Planet*, fabricadas con derivados de envases Tetrapak que contienen polietileno y aluminio en su composición. El proceso de fabricación es el siguiente: el aluminio y el plástico se funden y pasan luego por un proceso de secado. Posteriormente, se recubren con una película de plástico y se prensan en caliente. A continuación, el polietileno se funde y se une al aluminio, formando así una placa resistente. Mientras aún está caliente, se moldea en el molde de la teja, adquiriendo su forma característica. Para obtener más información, consulte la ficha técnica en el anexo 3.

Para el recubrimiento del techo se usaron 28 tejas de dimensiones 1m x 3m y 2 tejas de dimensiones 0,4 m x 3m, las tejas tienen un grosor de 5mm (ver perfil de la teja en la figura 45). Para el recubrimiento de la división del techo se usaron 6 caballetes con dimensiones de 1m x 0,3m x 0,3m.

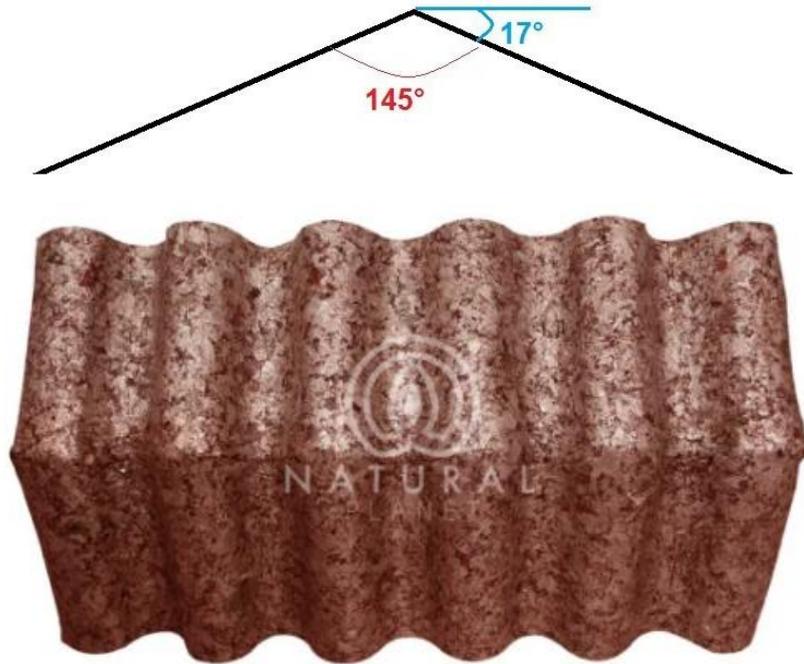
Figura 45. Perfil de tejas de Tetrapak.



Fuente: NATURAL PLANET. Lámina de teja de polialuminio ecológico (en línea). En: Natural planet (México): 16, febrero, 2021 (consultada: 25, mayo, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://naturalplanet.com.mx/product/tipo-asbesto-2/>.

En la figura 46 se aprecia que la apertura del caballete es de 145° para pendientes de 10 a 25 ° o de mayor amplitud, el caballete es flexible por lo que se puede ajustar según la pendiente necesaria.

Figura 46. Caballete en Tetrapak reciclado.

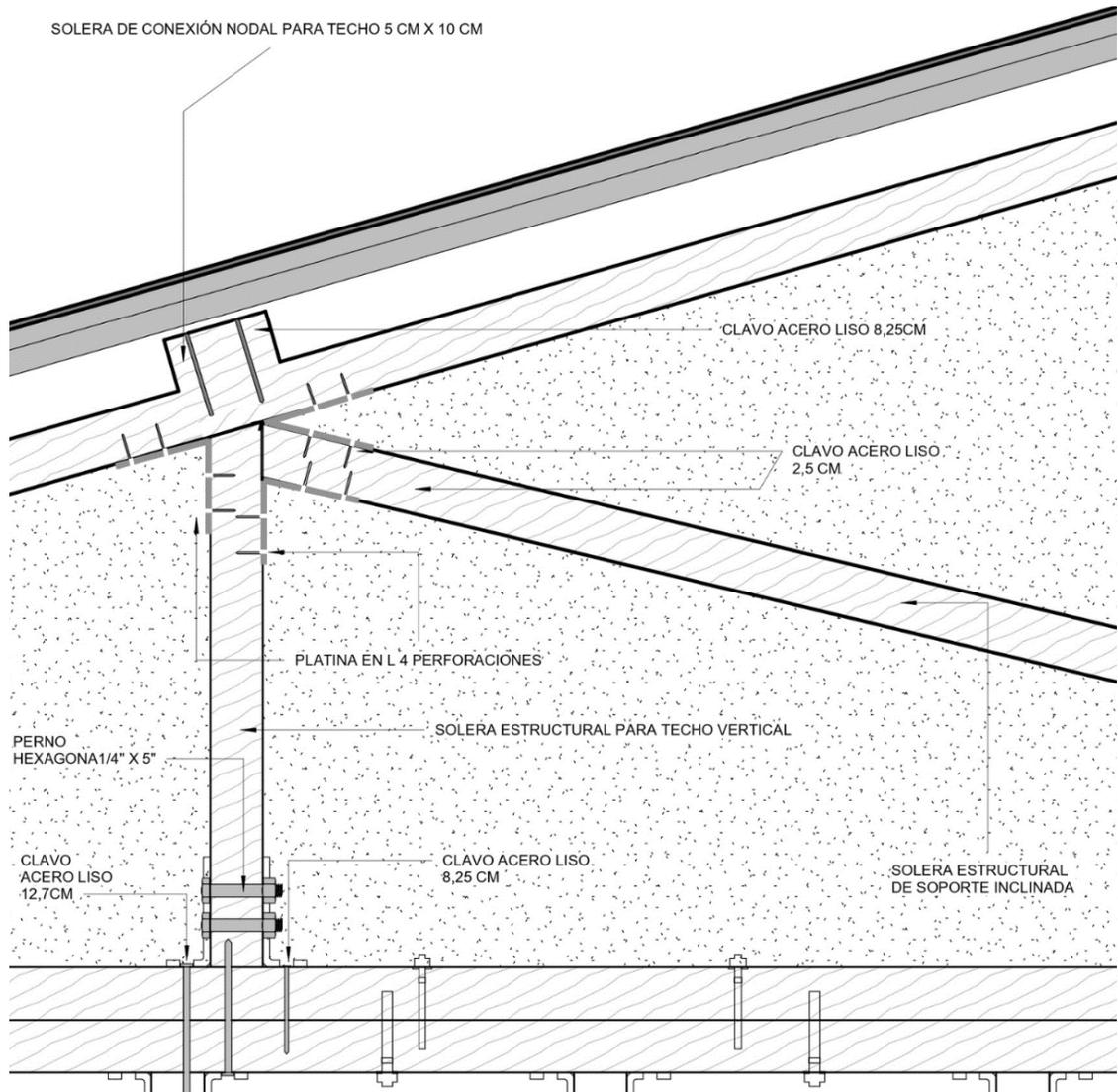


Fuente: NATURAL PLANET. Lámina de teja de polialuminio ecológico (en línea). En: Natural planet (México): 16, febrero, 2021 (consultada: 25, mayo, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://naturalplanet.com.mx/product/caballete-cumbrera-t-a/>.

4.1.11 Estructura de techo

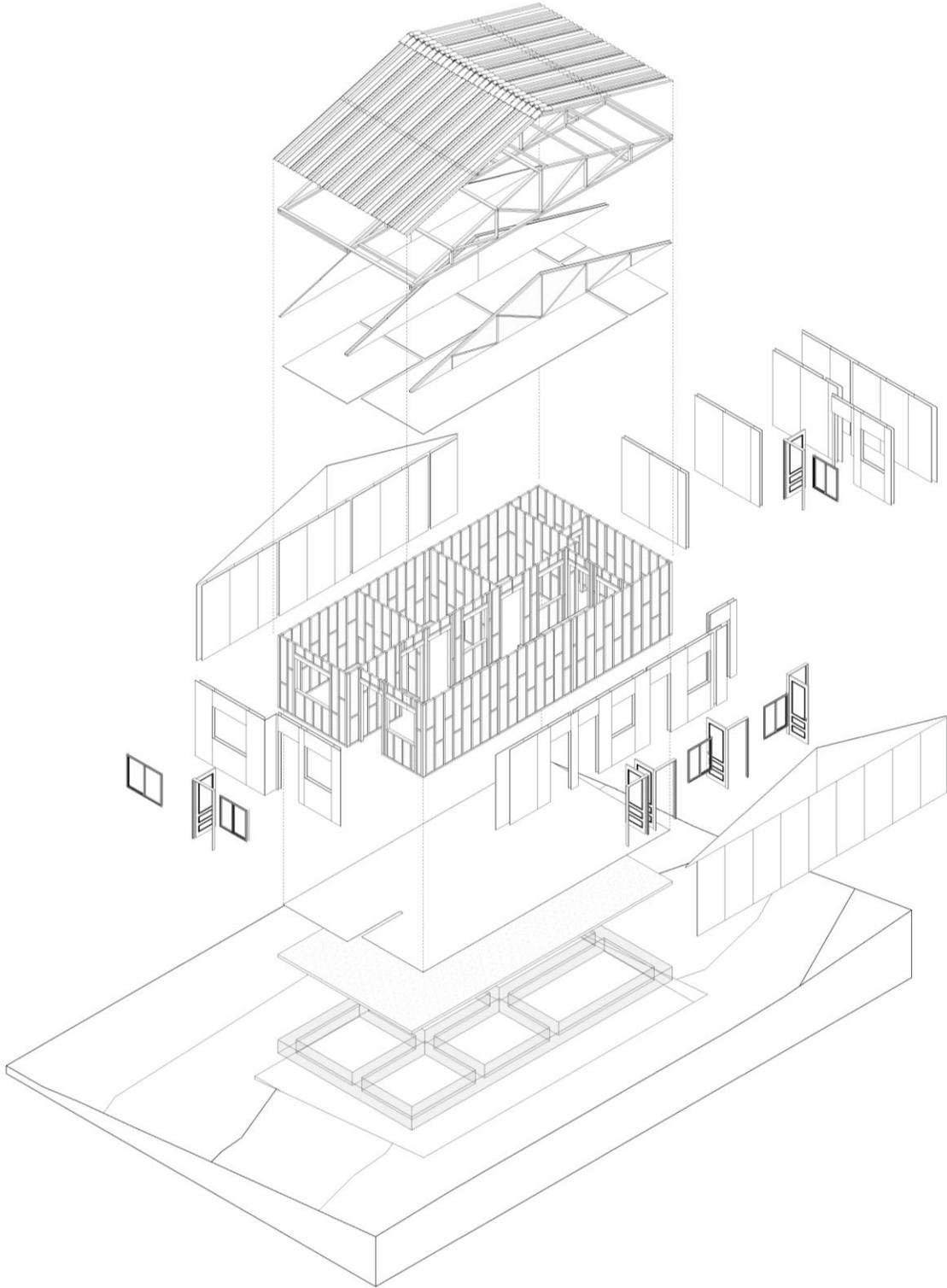
La estructura del techo se construyó siguiendo el mismo método utilizado para el resto de la vivienda, utilizando el mismo material. El diseño y la inclinación del techo se adaptaron según las necesidades del sistema fotovoltaico propuesto, con una pendiente de 16 grados. Para las vigas costaneras, responsables de sostener y fijar las láminas de poli aluminio, se emplearon divisiones de madera de 2" x 4", manteniendo las mismas dimensiones, así mismo se incorpora un aislamiento en fibra de vidrio (ver figura 47 y 48).

Figura 47. Detalle de techo.



Fuente: Esta investigación.

Figura 48. Despiece de vivienda propuesta.



Fuente: Esta investigación.

4.1.12 Pintura

El último material propuesto para los detalles finales de la vivienda es la pintura, la cual causa un impacto significativo en el medio ambiente. Por ende, se propuso utilizar una pintura que contenga componentes reciclados. La empresa Sikkens ha logrado desarrollar una pintura que posee un 35% de materiales reciclados. Para pintar completamente la vivienda se necesitarán 1,570 litros de pintura. Dado que la empresa fabrica únicamente tarros de pintura de 10 litros cada uno, se requerirán 157 contenedores. El procedimiento para obtener esta pintura es el siguiente:

Recolección:

En colaboración con especialistas en el tratamiento de residuos, comenzamos recogiendo restos de pintura blanca. Nos esforzamos al máximo para evitar su desperdicio.

Tratamiento:

Los restos son clasificados, filtrados y refinados por el procesador de residuos. Posteriormente, los transportamos a nuestra fábrica de pinturas.

Producción de pintura nueva:

En nuestra fábrica de pintura, los restos son reprocesados para obtener pintura nueva, la cual es sometida a rigurosas pruebas para garantizar que cada bote cumpla con los altos estándares que espera de Sikkens¹⁴

Para más información sobre el producto, consulte la ficha técnica en el anexo 4.

4.1.13 Propuesta de colocación de montajes y soleras a estructura existente.

Adicionalmente, se propone llevar a cabo una remodelación en la construcción de la vivienda actual, centrada únicamente en los muros internos. Esto permitirá comparar el impacto medioambiental al cambiar un solo material de todos los que conforman la vivienda. El objetivo es demostrar si, mediante cambios "medianamente factibles", es posible reducir el indicador ambiental.

Para instalar los montajes y soleras en la estructura existente, se emplea el mismo método constructivo utilizado para erigir los muros. La diferencia principal radica en que los montajes de las esquinas se anclan directamente a la estructura de concreto para asegurar la resistencia necesaria, información en el numeral 5.3

¹⁴ AKZONOBEL. Sikkens (en línea). Sikkens (Países bajos): 2021 (consultada: 28, mayo, 2023). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.sikkens.be/nl/alpha-recycle-mat>.

5. CÁLCULO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA VIVIENDA CON MATERIALES PROPUESTOS

Finalizando esta investigación, utilizando la metodología previamente empleada para evaluar el impacto en milipuntos de la tipología adosada existente en el barrio con materiales convencionales ya estudiados, ahora procedemos a analizar el impacto en milipuntos de la propuesta que incluye nuevos materiales sugeridos para este estudio. Como se ha demostrado, estos materiales tienen un bajo impacto ambiental. El objetivo es establecer una comparación entre los materiales convencionales utilizados en estas viviendas y los nuevos materiales propuestos, con el fin de determinar su nivel de impacto e identificar los materiales más favorables que minimicen su afectación al medio ambiente.

Primero, se procede a categorizar y organizar todos los componentes que integran la vivienda. Para esta tarea, se ha desarrollado una herramienta de cálculo que facilita la determinación precisa de los materiales y sus cantidades de forma eficiente. Es importante destacar que el programa REVIT se empleó para calcular el volumen de cada material. Esta elección se debe a que la propuesta de materiales para la vivienda se diseñó completamente desde cero con la asistencia de dicho software.

Lista de materiales propuesto:

- Cimentación ciclópea
- Piso en concreto
- Piso laminado para enchape de suelo
- Soleras de madera
- Fibra de vidrio
- Láminas de panel yeso
- Pintura con un 35% de producto reciclado
- PVC reciclado para marcos de ventanas
- Doble vidrio de 4mm
- Madera tipo pino para puertas
- Madera tipo pino para marcos de puertas
- Tejas de poli aluminio reciclado

Cuadro 20. Herramienta para cálculo de cimentación ciclópea.

INVENTARIO DE MATERIALES					
MATERIAL	ESPECIFICACIÓN	FORMA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
CIMENTACION	CIMENTACIÓN CICLOPEA	PRISMA BASE RECTANGULAR	10,52	2.200	23.144
	TOTAL KG				23.144

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 21. Herramienta para cálculo de suelo en concreto.

INVENTARIO DE MATERIALES					
MATERIAL	ESPECIFICACIÓN	FORMA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
SUELO EN CONCRETO	SUELO EN CONCRETO VIVIENDA	PRISMA BASE RECTANGULAR	6,68	2.300	15.364
	TOTAL KG				15.364

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 22. Herramienta para cálculo de solera de madera.

INVENTARIO DE MATERIALES					
MATERIAL	ZONAS	FORMA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
SOLERAS DE MADERA	MUROS SOLERAS VERTICALES	PRISMA BASE RECTANGULAR	2,14	600	1284,0
	SOPORTE HORIZONTALES	PRISMA BASE RECTANGULAR	0,20	600	121,8
	SOLERA BASE	PRISMA BASE RECTANGULAR	0,26	600	154,2
	SOLERA SUPERIOR	PRISMA BASE RECTANGULAR	0,58	600	346,8
	SOLERAS DE SOPORTE PARA VENTANAS	PRISMA BASE RECTANGULAR	0,39	600	235,8
	SOLERAS DE SOPORTE PARA PUERTAS	PRISMA BASE RECTANGULAR	0,27	600	160,2
	SOLERAS PARA ESTRUCTURA DE TECHO	PRISMA BASE RECTANGULAR	0,08	600	45,0
	GANCHOS DE AMARRE TECHO	PRISMA BASE RECTANGULAR	0,24	600	144,0
	ESTRUCTURA DE TRIANGULOS DE TECHO	PRISMA BASE RECTANGULAR	0,30	600	180,0
TOTAL KG				2.671,8	

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 23. Herramienta para cálculo de fibra de vidrio.

INVENTARIO DE MATERIALES					
MATERIAL	ESPECIFICACIÓN	FORMA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
FIBRA DE VIDRIO	FIBRA DE VIDRIO PARA MUROS	PRISMA BASE RECTANGULAR	6,38	2.600	16.588
	FIBRA DE VIDRIO PARA TECHO	PRISMA, BASE TRIANGULAR	1,56	2.600	4.056
TOTAL KG					20.644

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 24. Herramienta para cálculo de la masa de soleras en madera.

INVENTARIO DE MATERIALES					
MATERIAL	ESPECIFICACIÓN	FORMA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
PANEL YESO	LAMINA PARA CUBIR MUROS	PRISMA BASE RECTANGULAR	4,53	800	3.622
	LAMINA PARA CUBIR ESTRUCTURA DE TECHO	PRISMA, BASE TRIANGULAR	0,93	800	744
	LAMINA PARA CUBRIR TECHO INTERIOR	PRISMA BASE RECTANGULAR	0,95	800	760
TOTAL KG					5.125,6

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 25. Herramienta para cálculo de acero de piezas para montaje.

INVENTARIO DE MATERIALES					
MATERIAL	ESPECIFICACIÓN	CANTIDAD	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
ACERO	PERNOS HEXAGONALES	429	0,000009	7.800	0,07
	PLATINAS EN L	572	0,00003	7.800	0,23
	PERNOS HEXAGONALES UNION DE SOLERA A PISO	573	0,000005	7.800	0,04
	PLATINAS LISAS	143	0,00003	7.800	0,23
TOTAL KG					0,577

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 26. Herramienta para cálculo de pintura.

INVENTARIO MATERIALES									
MATERIAL	MURO	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ESPESOR	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
PINTURA		PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=Bx\frac{A}{2}$ $V=Abx\ h$	4,85	0,005		0,02	1800	43,61
	M2	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=Bx\frac{A}{2}$ $V=Abx\ h$	4,85	0,005		0,02	1800	43,61
	M3	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	10,90	2,80	0,005	0,15	1800	274,68
	M4	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,80	2,80	0,005	0,04	1800	70,56
	M5	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,60	2,50	0,005	0,03	1800	58,50
	M6	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	11,40	2,80	0,005	0,16	1800	287,28
	M7	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,80	2,80	0,005	0,04	1800	70,56
	M8	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	3,30	2,80	0,005	0,05	1800	83,16
	M9	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,80	2,80	0,005	0,04	1800	70,56
	M10	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,80	2,80	0,005	0,04	1800	70,56
	M11	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,80	2,80	0,005	0,04	1800	70,56
	M12 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,80	2,80	0,005	0,04	1800	70,56
	M13 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,80	2,80	0,005	0,04	1800	70,56
	M14 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,80	2,80	0,005	0,04	1800	70,56
	M15 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	3,30	2,80	0,005	0,05	1800	83,16
	M16 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	3,10	2,80	0,005	0,04	1800	78,12
	M12 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	3,10	2,80	0,005	0,04	1800	78,12
	M13 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	3,30	2,80	0,005	0,05	1800	83,16
	M14 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	3,30	2,80	0,005	0,05	1800	83,16
	M15 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	1,20	2,80	0,005	0,02	1800	30,24
	M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,10	2,80	0,005	0,03	1800	52,92
	M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	0,30	2,80	0,005	0,00	1800	7,56
	M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	0,30	2,80	0,005	0,00	1800	7,56
	M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	3,40	2,80	0,005	0,05	1800	85,68
	M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	1,80	2,80	0,005	0,03	1800	45,36
	M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	1,60	2,80	0,005	0,02	1800	40,32
	M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	0,50	2,80	0,005	0,01	1800	12,60
	M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	8,90	2,80	0,005	0,12	1800	224,28
	M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,10	1,00	0,005	0,01	1800	18,90
	M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,10	1,00	0,005	0,01	1800	18,90
	M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	1,60	2,80	0,005	0,02	1800	40,32
	M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	0,10	1,90	0,005	0,00	1800	1,71
M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,90	2,80	0,005	0,04	1800	73,08	
M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	1,80	1,00	0,005	0,01	1800	16,20	
M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	1,80	1,00	0,005	0,01	1800	16,20	
M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	5,90	2,80	0,005	0,08	1800	148,68	
M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	2,70	2,80	0,005	0,04	1800	68,04	
M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V= B^*H^*A$	5,90	2,80	0,005	0,08	1800	148,68	
TOTAL KG									2.818,26
PUERTAS Y VENTANAS									600,97
TOTAL KG SIN VANOS									2.217,29

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 27. Herramienta para cálculo de marcos y vidrio de ventanas.

INVENTARIO DE MATERIALES											
MATERIAL	ZONAS	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ESPESOR	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG		
VIDRIO VENTANAS 4MM	VENTANA 1	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,67	1,12	0,004	0,0030	2,600	7,80		
	VENTANA 1 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,67	1,12	0,004	0,0030	2,600	7,80		
	VENTANA 1 B	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,65	1,07	0,004	0,0028	2,600	7,23		
	VENTANA 1 C	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,65	1,07	0,004	0,0028	2,600	7,23		
	VENTANA 2	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,49	1,06	0,004	0,0021	2,600	5,40		
	VENTANA 2 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,49	1,06	0,004	0,0021	2,600	5,40		
	VENTANA 2 B	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,47	1,00	0,004	0,0019	2,600	4,89		
	VENTANA 2 C	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,47	1,00	0,004	0,0019	2,600	4,89		
	VENTANA 3	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,44	1,12	0,004	0,0020	2,600	5,13		
	VENTANA 3 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,44	1,12	0,004	0,0020	2,600	5,13		
	VENTANA 3 B	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,41	1,00	0,004	0,0016	2,600	4,26		
	VENTANA 3 C	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,41	1,00	0,004	0,0016	2,600	4,26		
	VENTANA 4	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,44	1,12	0,004	0,0020	2,600	5,13		
	VENTANA 4 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,44	1,12	0,004	0,0020	2,600	5,13		
	VENTANA 4 B	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,41	1,00	0,004	0,0016	2,600	4,26		
	VENTANA 4 C	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,41	1,00	0,004	0,0016	2,600	4,26		
	VENTANA 5	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,44	1,12	0,004	0,0020	2,600	5,13		
	VENTANA 5 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,44	1,12	0,004	0,0020	2,600	5,13		
	VENTANA 5 B	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,41	1,00	0,004	0,0016	2,600	4,26		
	VENTANA 5 C	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,41	1,00	0,004	0,0016	2,600	4,26		
TOTAL KG									107		
MATERIAL	ZONAS	FORMULA	AREA HUECO	AREA VENTANA	AREA MARCO	ESPESOR	VOLUMEN M3	VOLUMEN VIDRIO	VOLUMEN TOTAL MARCO	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
MARCO VENTANAS EN PVC RECICLADO	VENTANA 1	$Am = Ah - Av \quad V = Am \cdot E \quad P = V \cdot P$	1,80	1,45	0,35	0,068	0,02	0,012	0,044	1,420	34,19
	VENTANA 2	$Am = Ah - Av \quad V = Am \cdot E \quad P = V \cdot P$	1,44	0,99	0,45	0,068	0,03	0,008	0,037	1,420	43,51
	VENTANA 3	$Am = Ah - Av \quad V = Am \cdot E \quad P = V \cdot P$	1,00	0,90	0,10	0,068	0,01	0,007	0,061	1,420	9,39
	VENTANA 4	$Am = Ah - Av \quad V = Am \cdot E \quad P = V \cdot P$	1,00	0,90	0,10	0,068	0,01	0,007	0,061	1,420	9,39
	VENTANA 5	$Am = Ah - Av \quad V = Am \cdot E \quad P = V \cdot P$	1,00	0,90	0,10	0,068	0,01	0,007	0,061	1,420	9,39
TOTAL KG									105,86		

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 28. Herramienta para cálculo de puertas internas y externas.

INVENTARIO DE MATERIALES									
MATERIAL	ZONAS	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ESPESOR	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
PUERTAS INTERNAS Y EXTERNAS EN MADERA	PUERTA LAMINA 1 EXTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,85	2,25	0,040	0,0765	750	57,4
	PUERTA LAMINA 2 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,85	2,25	0,040	0,08	750	57,38
	PUERTA MADERA 1 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,85	2,25	0,040	0,0765	750	57,4
	PUERTA MADERA 2 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,85	2,25	0,040	0,0765	750	57,4
	PUERTA MADERA 3 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,80	2,25	0,040	0,072	750	54,0
PUERTA MADERA 4 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,80	2,25	0,040	0,07	750	54,0	
TOTAL KG									337,5
MATERIAL	ZONAS	FORMULA	AREA HUECO	AREA PUERTA	AREA MARCO	ESPESOR	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
MARCO PUERTAS EN MADERA	PUERTA LAMINA 1 EXTERNA	$Am = Ah - Av \quad V = Am \cdot E \quad P = V \cdot P$	2,03	1,91	0,113	0,10	0,01	750	8,44
	PUERTA LAMINA 2 INTERNA	$Am = Ah - Av \quad V = Am \cdot E \quad P = V \cdot P$	2,03	1,91	0,113	0,10	0,01	750	8,44
	PUERTA MADERA 1 INTERNA	$Am = Ah - Av \quad V = Am \cdot E \quad P = V \cdot P$	2,03	1,91	0,113	0,10	0,01	750	8,44
	PUERTA MADERA 2 INTERNA	$Am = Ah - Av \quad V = Am \cdot E \quad P = V \cdot P$	2,03	1,91	0,113	0,10	0,01	750	8,44
	PUERTA MADERA 3 INTERNA	$Am = Ah - Av \quad V = Am \cdot E \quad P = V \cdot P$	1,91	1,80	0,113	0,10	0,01	750	8,44
PUERTA MADERA 4 INTERNA	$Am = Ah - Av \quad V = Am \cdot E \quad P = V \cdot P$	1,91	1,80	0,113	0,10	0,01	750	8,44	
TOTAL KG									50,63

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 29. Herramienta para cálculo de tejas de poli aluminio reciclado.

INVENTARIO DE MATERIALES					
MATERIAL	ESPECIFICACIÓN	FORMA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
TEJAS TETRAPACK	TEJAS DE TETRAPACK	CUBIERTA ONDULADA	0,54	800	432
	CABALLETE	CUBIERTA ONDULADA	0,052		
TOTAL KG					432

Fuente: Esta investigación

5.1 CÁLCULO DEL IMPACTO EN MILIPUNTOS

Una vez calculada la masa de cada material que compone el módulo de vivienda en estudio, se procede a determinar las cifras de impacto ambiental correspondientes a dichos materiales de la tipología. Para ello, se ha desarrollado una hoja de cálculo específica en la que se asigna el indicador de impacto establecido para cada material, el cual se encuentra detallado en la cartilla del Ecoindicador 99. Con base en esta asignación, se obtienen las cifras de impacto ambiental en milipuntos, en función de la masa de cada material evaluado.

Este procedimiento permite estimar de forma precisa y detallada el impacto ambiental de los materiales empleados en el módulo de vivienda. Es importante recalcar que, para los materiales que tienen un porcentaje de reciclado, el procedimiento es el siguiente: en primer lugar, se obtiene la masa total del material; luego, esta masa se multiplica por los dos porcentajes asignados.

Un ejemplo de esto es la fibra de vidrio, como se puede apreciar en el cuadro 30. El material se divide en dos partes: el vidrio no revestido y el vidrio reciclado. Se obtiene la masa total y se procede a realizar el cálculo con los porcentajes correspondientes. Una vez obtenido este dato, se multiplica por el indicador correspondiente que se encuentra en la cartilla del Ecoindicador 99. Para el caso del vidrio revestido, corresponde a la cifra 49, y para el vidrio reciclado, a la cifra de -15. Finalmente, para obtener el impacto en milipuntos, se multiplica cada resultado obtenido en los porcentajes por el indicador que le corresponde. Otro dato relevante en este cálculo es el indicador de la pintura reciclada que si bien no se encuentra en la cartilla del eco indicador el procedimiento para calcular el impacto negativo es el siguiente, se toma el indicador de la pintura dado en las tablas actualizadas del eco indicador 99 como un valor negativo, a esta cifra se resta el proceso por el cual debe pasar el reciclado de esta pintura para llegar a su uso final. Para obtener este valor se debe dirigir al apartado de materiales reciclado en la cartilla (ver figura 30) en esta sección se observa que los materiales reciclados obtienen su indicador mediante el proceso de eliminación, es decir se evita la producción del material, por lo tanto, el impacto es el mismo valor, pero negativo, a este valor se resta el proceso para recuperar el material y volverlo a usar.

Cuadro 30. Reciclado de basura de diferentes materiales.

Reciclado de basuras (en millipuntos por kg).					
Material	Indicador			Descripción (valores de reciclaje de mat. primarios)	
	Total	Proceso	Prod. elim.		
Reciclado de PE	-240	86	-330	Si no se mezcla con otros plásticos	7
Reciclado de PP	-210	86	-300	Si no se mezcla con otros plásticos	7
Reciclado de PS	-240	86	-330	Si no se mezcla con otros plásticos	7
Reciclado de PVC	-170	86	-250	Si no se mezcla con otros plásticos	7
Reciclado de papel	-1,2	32	-33	El reciclado evita producir papel virgen	2
Reciclado de cartón	-8,3	41	-50	El reciclado evita producir cartón virgen	2
Reciclado de vidrio	-15	51	-66	El reciclado evita producir vidrio virgen	2
Reciclado de aluminio	-720	60	-780	El reciclado evita producir aluminio primario	1
Reciclado de metales de hierro	-70	24	-94	El reciclado evita producir acero primario	1

Fuente: GOEDKOOP, Mark; EFFTING, Suzzane y COLLINGNO, Marcel. Anexo eco indicador 99: Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del Ciclo de Vida. Tercera edición. Lugar de publicación: Amersfoort-Países Bajos. PRé Consultans B.V. 1999. Pág. 29. Consultado: 5 de mayo de 2024. Disponible en la dirección electrónica: https://proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Herramientas/Eco%20indicador%2099%20ca.pdf.

En el caso de la pintura la maquinaria para la cual se realiza el análisis es el mezclador de pintura industrial de la marca Yalian, las especificaciones de esta maquinaria son las siguientes:

Potencia del motor: 5,5 kW

Tiempo de operación: 60 min

Capacidad de producción: 2000L

En base a estas características y los cuadros de factor de eficiencia de la maquina y del operador se debe proporcionar por el libro *procedimientos generales de la construcción*¹⁵ se debe aplicar las siguientes ecuaciones.

Las especificaciones técnicas de fábrica de la maquinaria establecen el rendimiento de la maquinaria por hora de trabajo:

$$2000L/60Min = 2m^3/h$$

Se requiere conocer el tiempo de producción el cual, se obtendrá de la siguiente ecuación, el volumen de esta ecuación será remplazado por el volumen total de la pintura que se usa para pintar toda la vivienda propuesta (ver cuadro 30) en total

¹⁵ TIKTiN, Juan. Procedimientos generales de construcción. Movimiento de tierras. Responsabilidad subordinada. Tercera edición. Madrid-España: E.T.S . Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1997. P. 42. Colección. 84-7493-204-1. Disponible en la dirección electrónica: https://oa.upm.es/67524/1/movimiento_tierras.pdf.

son 1570 L lo cual en m³ son 1,57; se transforma a las unidades correspondientes del rendimiento que ofrece la maquinaria, de 2000L a 2m³ y los 60 minutos a 1h.

Volumen / rendimiento

Despejando:

Volumen: 1,57 m³

$$1,57 \text{ m}^3 / 2 \text{ m}^3/\text{h} = 0,78 \text{ h}$$

Cuadro 31. Factor de eficiencia horaria de la maquinaria.

Tiempo real trabajado en una	Factor de eficiencia horaria	Condiciones
60	60/60 = 100%	Ideales
50	50/60 = 83%	Óptimas
40	40/60 = 67%	Medias
30	30/60 = 50%	Pobres

Fuente: ZAPETER, Carlos. Determinación del rendimiento de una retroexcavadora marca Caterpillar 420e de 94hp para el movimiento de tierras (en línea). Ingeniería civil. Machala, Ecuador: Universidad técnica de Machala. Facultad de ingeniería civil, 2017. P.11. Disponible en la dirección electrónica: https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11008/1/TUAIC_2017_I_C_CD0065.pdf.

Cuadro 32. Factor de eficiencia del operador y mantenimiento.

Condiciones de Operación	Mantenimiento de los equipos			
	Excelente	Buena	Normal	Pobre
Excelente	0,83	0,81	0,76	0,63
Buena	0,76	0,75	0,71	0,60
Normal	0,72	0,69	0,65	0,54
Pobre	0,52	0,50	0,47	0,32

Fuente: TIKTiN, Juan. Procedimientos generales de construcción. Movimiento de tierras. Responsabilidad subordinada. Tercera edición. Madrid-España: E.T.S . Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1997. P. 42. Colección. 84-7493-204-1. Disponible en la dirección electrónica: https://oa.upm.es/67524/1/movimiento_tierras.pdf.

Se calcula el gasto energético de la mezcladora por horas de trabajo con la siguiente fórmula:

El factor de eficiencia del equipo se extrajo del cuadro 31, donde se aplican las condiciones óptimas para esta maquinaria. La eficiencia del operador y las condiciones de la maquinaria se obtuvieron del cuadro 32, en condiciones favorables. Esta recopilación de datos se llevó a cabo dado que las condiciones reales tanto de la maquinaria como de sus operarios son desconocidas. Estos datos se consideran una estimación promedio.

$$\text{Potencia del motor (kW)} * \text{eficiencia de equipo} * \text{tiempo de operación (hora)} * \text{carga de trabajo.}$$

$$5,5 \text{ kW} * 0,75 * 0,78 \text{ h} * 0,80 = 2,5 \text{ Kwh}$$

Finalmente, para calcular el indicador final se debe multiplicar el factor de eficiencia encontrado 2,5Kwh por el indicador de electricidad BV Europa (UCPTE) de bajo voltaje (<1000 Volt) Indicador: 26, como resultado obtenemos el indicador del consumo de recuperación de la pintura: 66, este resultado se debe restar del indicador negativo del material para obtener el valor final: (-130) – (66) indicador final -64.

Cuadro 33. Indicador de electricidad kWh.

<i>Electricidad (en milipuntos por kWh).</i>			
<i>Tipo de electricidad</i>	<i>Indicador</i>	<i>Descripción (Se incluye la producción de carburantes)</i>	
Electricidad AV Europa (UCPTE)	22	Alto voltaje (>24 kVolt)	1
Electricidad MV Europa (UCPTE)	22	Voltaje medio (1kV-24 kVolt)	1
Electricidad BV Europa (UCPTE)	26	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Austria	18	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Bélgica	22	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Suiza	8,4	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Gran Bretaña	33	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Francia	8,9	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Grecia	61	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Italia	47	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Países Bajos	37	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1
Electricidad BV Portugal	46	Bajo voltaje (<1000 Volt)	1

Fuente: COLLINGNO, Marcel. Tablas de impacto. Anexo eco indicador 99. Tercera edición. 3821 BB Amersfoort. PRé Consultans B.V. 1999. Pág. 28. Consultado: 11 de mayo de 2024.

Disponibles en: https://proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Herramientas/Eco%20indicador%2099%20ca.pdf.

Cuadro 34. Cálculo de impacto medio ambiental de la propuesta.

MATERIAL	MATERIAL INDICADOR	MASA KG	PORCENTAJE	UNIDAD	INDICADOR	MILIPUNTOS mPt
SOLERAS DE MADERA	MADERA MACIZA	2671,8	N/A	1	6,6	17634
PANEL YESO	YESO	4809,6	N/A	1	9,9	47615
FIBRA DE VIDRIO	VIDRIO NO REVESTIDO	20644,0	25,1	5367	49	262983
	RECICLADO VIDRIO		74,9	15276	-15	-229140
RESTA						33843
SUELO EN CONCRETO	HORMIGON SIN REFUERZO	15364	N/A	1	3,8	58383
CIMENTACION	HOMRIGON SIN REFUERZO	23144	N/A	1	3,8	87947
VIDRIO VENTANAS 4MM	VIDRIO NO REVESTIDO	107	N/A	1	49	5242
MARCO VENTANAS EN PVC RECICLADO	RECICLADO DE PVC	106	N/A	1	-170	-17996
ACERO	ACERO	0,577	N/A	1	86	50
PUERTAS INTERNAS Y EXTERNAS EN MADERA	MADERA MACIZA	337,5	N/A	1	6,6	2228
MARCO PUERTAS EN MADERA	MADERA MACIZA	50,63	N/A	1	6,6	334
PINTURA	PINTURA ACRILICA	2217,29	65	1441,2	130	8450
	RECICLADO DE PINTURA		35	776,1	-64	-2240
RESTA						6210
TEJAS TETRAPACK	RECICLADO DE PET	432	80	346	-240	-19200
	RECICLADO DE ALUMINIO		20	86,4	-720	-14400
RESTA						-4800
PISO EN LAMINA FLOTANTE	MADERA MACIZA	240	N/A	1	6,6	1585
IMPACTO AMBIENTAL DE MATERIALES						261071
VALOR DE LOS MATERIALES QUE CAUSAN IMPACTO NEGATIVO						22796
TOTAL DE IMPACTO MEDIO AMBIENTAL GENERADO POR LA VIVIENDA						238275

Fuente: Esta investigación.

5.2 CÁLCULO DE IMPACTO AMBIENTAL TOTAL DE LA PROPUESTAS

Para determinar los niveles de impacto, se utiliza una matriz (ver el cuadro 35) que evalúa diferentes medidas del impacto. Estas medidas se clasifican como nulo, medio, mínimo y máximo. Los datos se obtienen calculando el mínimo, la media y el máximo del promedio de todos los materiales analizados. Así es como se pueden clasificar los tres tipos de impacto con colores significativos:

ROJO: Impacto máximo.

CAFE: Impacto medio.

AMARILLO: Impacto mínimo.

GRIS: Impacto BAJO.

Cuadro 35. Matriz de impacto de los materiales de la vivienda actual.

MATRIZ PROMEDIO PARA NIVELES DE IMPACTO AMBIENTAL		
IMPACTO BAJO	Negativo - 1900	
IMPACTO MÍNIMO	2000 - 290.000	
IMPACTO MEDIO	300.000 - 1.290.000	
IMPACTO MÁXIMO	1.290.000 - 1.300.000	

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 36. Medida de impacto de la vivienda propuesta.

MATERIAL	IMPACTO	NIVEL DE IMPACTO
SOLERAS DE MADERA	17.634	
PANEL YESO	47.615	
FIBRA DE VIDRIO	33.843	
SUELO EN CONCRETO	58.383	
CIMENTACION	87.947	
VIDRIO VENTANAS 4MM	5.242	
MARCO VENTANAS EN PVC RECICLADO	-17.996	
ACERO	50	
PUERTAS INTERNAS Y EXTERNAS EN MADERA	2.228	
MARCO PUERTAS EN MADERA	334	
PINTURA	6.210	
TEJAS TETRAPACK	-4.800	
PISO EN LAMINA FLOTANTE	1.585	

Fuente: Esta investigación.

5.3 CÁLCULO DE VIVIENDA REMODELADA ÚNICAMENTE EN MUROS INTERNOS

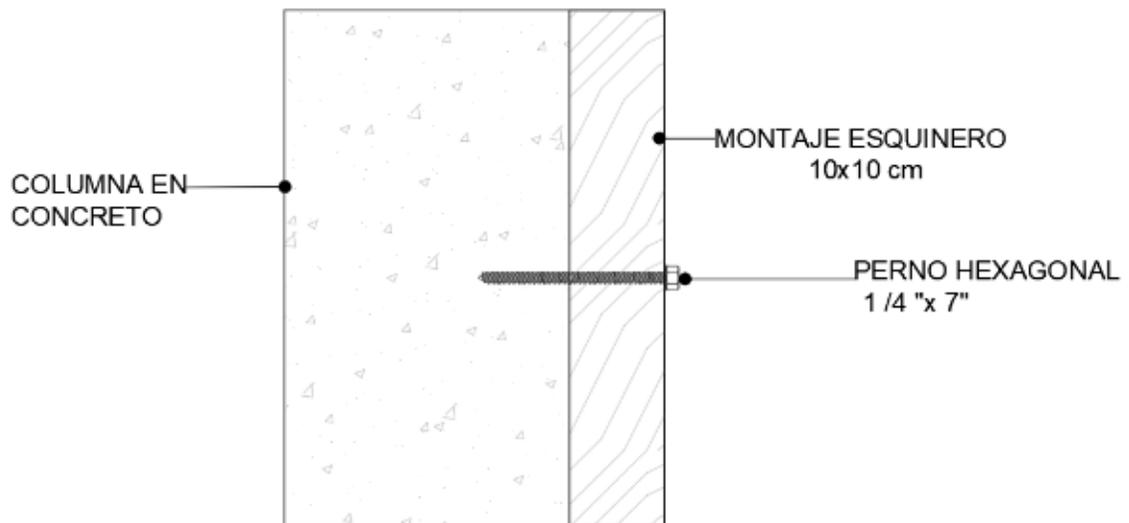
Finalmente, se debe realizar el mismo procedimiento con el eco indicador 99 para calcular el impacto ambiental que genera la misma vivienda, considerando únicamente el cambio en la estructura interna de este modelo. Los únicos materiales

que se van a intervenir son los muros internos. Este apartado tiene la finalidad de realizar una comparación entre los tres tipos de vivienda (vivienda actual, vivienda propuesta y esta la vivienda remodelada) para determinar cuál de ellas posee mayor impacto ambiental y cuál sería la solución más factible al momento de tomar una decisión para construir, teniendo en cuenta el beneficio ambiental que ofrecerá la propuesta.

Se debe realizar el levantamiento de los muros internos con la estructura de madera, la cual contiene soleras de madera, fibra de vidrio y, finalmente, panel de yeso. En este caso, las soleras verticales se deben unir a la estructura de concreto existente, tanto a las columnas como al suelo de concreto y a las vigas cunbreras (ver figura 49).

El montaje esquinero de 10x10 cm se debe fijar a la columna de concreto, utilizando un perno hexagonal de 1/4" de diámetro y 7" de longitud. El montaje esquinero se coloca contra la columna y se perfora un agujero para insertar el perno, el cual atraviesa ambos elementos, asegurando una fijación firme. Este procedimiento garantiza que el montaje esquinero quede sólidamente anclado a la estructura de concreto, proporcionando resistencia.

Figura 49. Detalle unión de solera a columna.

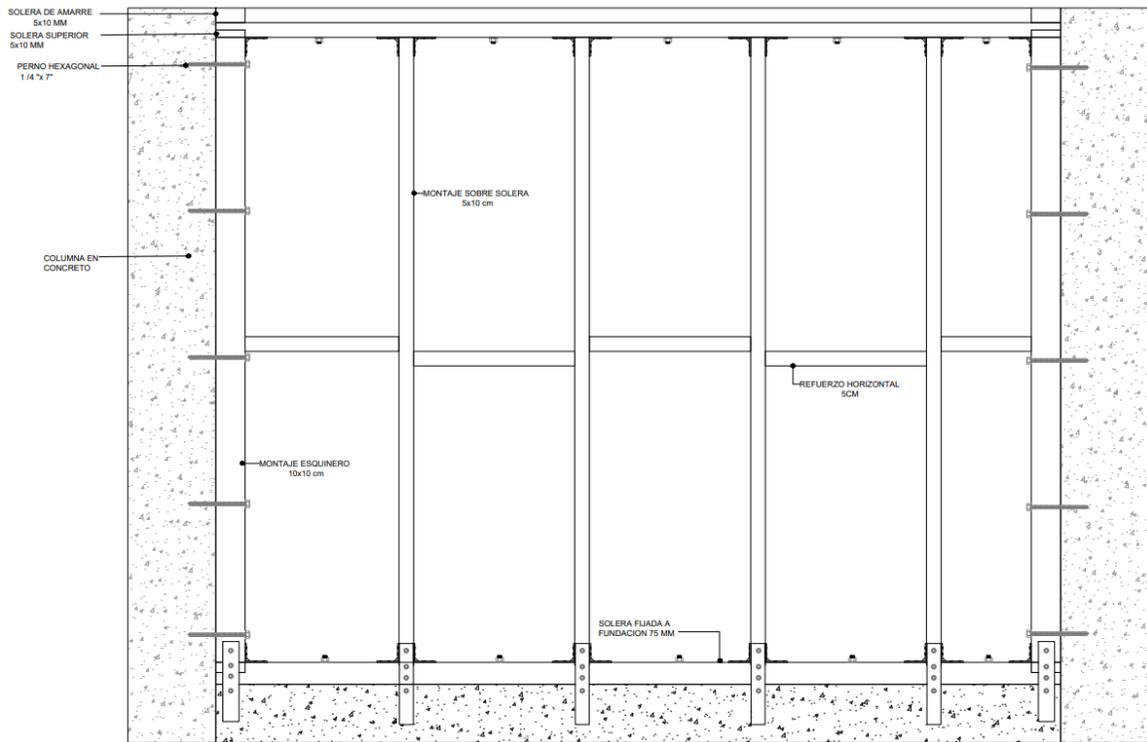


Fuente: Esta investigación.

Se fija el muro a las columnas de concreto, y a las vigas cunbreras utilizando una solera de amarre superior y una solera fija a la fundación, ambas de canal U de 8". Los elementos verticales, con montajes de 5x10 cm, se aseguran entre las soleras y se refuerzan con elementos horizontales de 50x8 cm. Los montajes esquineros de

10x10 cm conectan las columnas de concreto a la estructura del muro. Toda la estructura se fija con pernos hexagonales de 1/4" x 7".

Figura 50. Detalle de muro propuesto a columnas y piso.



Fuente: Esta investigación.

Finalmente, se recalculó la masa tanto de la mampostería exterior, que no ha sufrido modificaciones, como de cada uno de los materiales implementados. Estos incluyen las soleras de madera, tanto verticales como horizontales, el revestimiento de fibra de vidrio y, por último, el panel de yeso junto con la pintura. Es importante destacar que en esta sección solo se muestran los cuadros que contienen información sobre los elementos modificados y/o implementados; los materiales restantes ya han sido calculados previamente.

El volumen de cada figura fue extraído del modelado 3D del programa REVIT, por lo que no es necesario realizar el cálculo desde cero para obtener este dato.

Cuadro 37. Cálculo de mampostería exterior.

INVENTARIO DE MATERIALES												
MATERIAL	MURO	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ANCHURA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG			
MUROS EN LADRILLO	M1	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,40	2,50	0,12	0,72	1850	1332			
	M2	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,40	2,50	0,12	0,12	1850	222			
	M3	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,90	2,50	0,12	0,87	1850	1609,5			
	M4	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	4,30	2,50	0,12	1,29	1850	2386,5			
	M5	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,60	2,50	0,12	0,78	1850	1443			
	M6	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,30	2,50	0,12	0,69	1850	1276,5			
	M7	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	1,60	2,50	0,12	0,48	1850	888			
	M8	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,40	2,50	0,12	0,72	1850	1332			
	M9	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,90	2,50	0,12	0,87	1850	1609,5			
	M10	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,40	2,50	0,12	0,72	1850	1332			
	M11	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,40	2,50	0,12	0,12	1850	222			
	TOTAL M3							7,38	13653,4			
	TOTAL KG											
									PUERTAS Y VENTANAS	RESTA	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
	M17	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,30	2,5	0,12	0,69	0,54	0,15	1850	277,5	
	M23	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,60	2,5	0,12	0,78	0,54	0,24	1850	444	
	TOTAL M3								0,39		721,5	
	TOTAL KG											
	M24	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A = b \cdot h/2$ $V_p = Ab \cdot h$	1,08		0,12	0,13	1850	239,76			
	M25	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A = b \cdot h/2$ $V_p = Ab \cdot h$	0,52		0,12	0,06	1850	115,44			
	M26	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A = b \cdot h/2$ $V_p = Ab \cdot h$	1,08		0,12	0,13	1850	239,76			
	M27	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A = b \cdot h/2$ $V_p = Ab \cdot h$	0,52		0,12	0,06	1850	115,44			
	TOTAL M3							0,38	710,4			
TOTAL KG												
M8	SMA TRAPECIO, BASE RECTANGULAR	$A = B \cdot b/2 \times h$ $V_p = Ab \cdot h$	4,20		0,12	0,50	1850	932,4				
M9	SMA TRAPECIO, BASE RECTANGULAR	$A = B \cdot b/2 \times h$ $V_p = Ab \cdot h$	5,20		0,12	0,62	1850	1154,4				
TOTAL M3							1,13	2086,8				
TOTAL KG												
TOTAL M3							9,28	17172,1				
TOTAL KG												

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 38. Cálculo del mortero de la mampostería en ladrillo.

INVENTARIO DE MATERIALES												
MATERIAL	MURO	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ANCHURA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG			
MORTERO	M1	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,40	2,50	0,01	0,06	2100	126			
	M2	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,40	2,50	0,01	0,01	2100	21			
	M3	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,90	2,50	0,01	0,07	2100	152,25			
	M4	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	4,30	2,50	0,01	0,11	2100	225,75			
	M5	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,60	2,50	0,01	0,07	2100	136,5			
	M6	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,30	2,50	0,01	0,06	2100	120,75			
	M7	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	1,60	2,50	0,01	0,04	2100	84			
	M8	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,40	2,50	0,01	0,06	2100	126			
	M9	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,90	2,50	0,01	0,07	2100	152,25			
	M10	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,40	2,50	0,01	0,06	2100	126			
	M11	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	0,40	2,50	0,01	0,01	2100	21			
	TOTAL M3							0,62		1291,6		
	TOTAL KG											
									PUERTAS Y VENTANAS	RESTA	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
	M17	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	2,30	2,5	0,01	0,06	0,04	0,02	2100	36,75	
	M23	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$V = B \cdot H \cdot A$	3,00	2,5	0,01	0,08	0,03	0,05	2100	94,5	
	TOTAL M3									0,06		
	TOTAL KG										131,25	
	M24	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A = b \cdot h/2$ $V_p = Ab \cdot h$	0,005		0,01	0,0001	2100	0,105			
	M25	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A = b \cdot h/2$ $V_p = Ab \cdot h$	0,01		0,01	0,0001	2100	0,105			
	M26	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A = b \cdot h/2$ $V_p = Ab \cdot h$	0,005		0,01	0,0001	2100	0,105			
	M27	PRISMA, BASE TRIANGULAR	$A = b \cdot h/2$ $V_p = Ab \cdot h$	0,01		0,01	0,0001	2100	0,21			
	TOTAL M3							0,0003		0,525		
TOTAL KG												
M8	SM TRAPEZIO, BASE RECTANGU	$A = B \cdot b/2 \times h$ $V_p = Ab \cdot h$	0,002		0,01	0,00	2100	0,042				
M9	SM TRAPEZIO, BASE RECTANGU	$A = B \cdot b/2 \times h$ $V_p = Ab \cdot h$	1,002		0,01	0,01	2100	21,042				
TOTAL M3							0,01		21,6			
TOTAL KG												
TOTAL M3							0,69		1445			
TOTAL KG												

Fuente: Esta investigación

Cuadro 39. Herramienta para cálculo de fibra de vidrio en vivienda intervenida.

INVENTARIO DE MATERIALES					
MATERIAL	ESPECIFICACIÓN	FORMA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
FIBRA DE VIDRIO	FIBRA DE VIDRIO 1	PRISMA BASE RECTANGULAR	0,403	2600	1048
	FIBRA DE VIDRIO 2	PRISMA BASE RECTANGULAR	0,456	2600	1186
	FIBRA DE VIDRIO 3	PRISMA BASE RECTANGULAR	0,555	2600	1443
	FIBRA DE VIDRIO 4	PRISMA BASE RECTANGULAR	0,231	2600	601
TOTAL KG					4277

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 40. Cálculo de la masa de soleras de madera en vivienda intervenida.

INVENTARIO DE MATERIALES					
MATERIAL	ZONAS	FORMA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
SOLERAS DE MADERA	SOLERAS EN TODO EL PROYECTO	PRISMA BASE RECTANGULAR	2,07	600	1242

Fuente: Esta investigación

Cuadro 41. Herramienta para panel yeso en vivienda intervenida.

INVENTARIO DE MATERIALES					
MATERIAL	ZONAS	FORMA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
PANEL YESO	PANEL YESO EN TODO EL PROYECTO	PRISMA BASE RECTANGULAR	1,09	800	872,0

Fuente: Esta investigación.

5.4 CÁLCULO DEL IMPACTO EN MILIPUNTOS VIVIENDA REMODELADA EN MUROS

En el cuadro 42 se presenta el cálculo del impacto medioambiental de la vivienda intervenida únicamente en los muros internos.

Cuadro 42. Cálculo de impacto medio ambiental en mPt vivienda intervenida.

MATERIAL	MATERIAL INDICADOR	MASA KG	UNIDAD	INDICADOR	MILIPUNTOS mPt
ESTRUCTURA EN CONCRETO	HORMIGON SIN REFUERZO	89462.74	1	3,80	339.958
SUELO DE CONCRETO	HORMIGON SIN REFUERZO	23040	1	3,80	87.552
MAMPOSTERIA EN LADRILLO	MATERIAL CERAMICO	17172.09	1	28	480.819
PUERTAS EXTERNAS E INTERNAS	HIERRO FUNDIDO	498,2	1	240	119.578
MORTERO	CEMENTO + ARENA	1445,01	1	20,82	30.085
VIDRIO VETANA	VIDRIO NO REVESTIDO	80,4	1	49	3.939
PUNTURA ACRILICA	PINTURA ACRILICA	2054	1	130	266.990
PUERTAS INTERNAS MADERA	MADERA MACIZA	179	1	6,6	1.182
PISO EN BALDOSA	MATERIAL CERAMICO	1288	1	28	36.066
TEJA FIBROCEMENTO	CEMENTO	825	1	20	16.500
ESTRUCTURA EN ACERO	ACERO DE ALTA ALEACIÓN	1405,86	1	910	1.279.329
MARCOS VENTANAS HIERRO	HIERRO FUNDIDO	1386	1	240	332.640
MARCOS PUERTAS EN MADERA	MADERA MACIZA	17,59	1	7	116
MARCOS PUERTAS EN HIERRO	HIERRO FUNDIDO	165,6	1	240	39.744
TECHO SUPERBOARD	CEMENTO	603,5	1	20	12.071
SOLERAS DE MADERA	MADERA MACIZA	1242	1	6,6	8.197
PANEL YESO	YESO	872	1	9,9	8.633
				RESTA	33.843
FIBRA DE VIDRIO	VIDRIO NO REVESTIDO	4277	5367	49	262.983
	RECICLADO VIDRIO		15276	-15	-229.140
IMPACTO TOTAL VIVIENDA INTERVENIDA					3.097.241

Fuente: Esta investigación.

Para determinar los niveles de impacto, se utiliza una matriz que evalúa diferentes medidas del impacto (ver cuadro 42). Estas medidas se clasifican como nulo, medio, mínimo y máximo. Los datos se obtienen calculando el mínimo, la media y el máximo del promedio de todos los materiales analizados. Así es como se pueden clasificar los tres tipos de impacto con colores significativos:

ROJO: Impacto máximo.

CAFE: Impacto medio.

AMARILLO: Impacto mínimo.

GRIS: Impacto BAJO.

Cuadro 43. Matriz de impacto de los materiales de la vivienda actual.

MATRIZ PROMEDIO PARA NIVELES DE IMPACTO AMBIENTAL		
IMPACTO BAJO	Negativo - 1900	
IMPACTO MINIMO	2000 - 290.000	
IMPACTO MEDIO	300.000 - 1.290.000	
IMPACTO MAXIMO	1.290.000 - 1.300.000	

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 44. Medida de impacto de la vivienda intervenida.

MATERIAL	IMPACTO	NIVEL DE IMPACTO
ESTRUCTURA EN CONCRETO	339.958	
SUELO DE CONCRETO	87.552	
MAMPOSTERIA EN LADRILLO	480.819	
PUERTAS EXTERNAS E INTERNAS	119.578	
MORTERO	30.085	
VIDRIO VETANA	3.939	
PUNTURA ACRILICA	266.990	
PUERTAS INTERNAS MADERA	1.182	
PISO EN BALDOSA	36.066	
TEJA FIBROCEMENTO	16.500	
ESTRUCTURA EN ACERO	1.279.329	
MARCOS VENTANAS HIERRO	332.640	
MARCOS PUERTAS EN MADERA	116	
MARCOS PUERTAS EN HIERRO	39.744	
TECHO SUPERBOARD	12.071	
SOLERAS DE MADERA	8.197	
PANEL YESO	8.633	
FIBRA DE VIDRIO	33.843	

Fuente: Esta investigación.

Mediante la obtención de los resultados finales del impacto producido por los materiales de la vivienda propuesta, se crea una nueva matriz de impacto con los resultados obtenidos. En esta matriz, el impacto bajo se define por valores negativos hasta el resultado mínimo, el resultado mínimo representa el menor impacto registrado en el estudio, el impacto medio corresponde al promedio y el impacto alto al resultado más elevado. Esta matriz se elabora con el fin de que, en el futuro, la evaluación ambiental de viviendas con características similares a las analizadas en este estudio tenga como objetivo proponer soluciones que reduzcan aún más el impacto ambiental.

MATRIZ PROMEDIO PARA NIVELES DE IMPACTO EN MATERIALES		
NULO	Impácto negativo - 49	
MINIMO	50 - 24.000	
MEDIO	25.000 - 79.000	
MAXIMO	80.000 - 90.000	

Asimismo, se formula una matriz de impacto promedio para el resultado total de las viviendas. Para la formulación de esta matriz, se tomó en cuenta el impacto total de las tres viviendas: el impacto máximo corresponde a la vivienda actual, el impacto medio a la vivienda donde solo se realizó la intervención en los muros internos, y el impacto mínimo a la vivienda con los materiales propuestos. Esto se hace con la finalidad de determinar el nivel de impacto total al que corresponde el análisis de investigaciones futuras.

MATRIZ PROMEDIO PARA NIVELES DE IMPACTO AMBIENTAL DE TODA LA VIVIENDA		
IMPACTO BAJO	0 - 237.000	
IMPACTO MÍNIMO	238.000 - 2.000.000	
IMPACTO MEDIO	2.150.000 - 3.098.000	
IMPACTO MÁXIMO	3.109.000 - 3.200.000	

6. COMPARACIÓN DE LA TENDENCIA DE IMPACTO DE LAS VIVIENDAS Y ESTRATEGIAS SOSTENIBLES RELACIONADAS AL ACV

Una vez calculado el impacto total de las tres viviendas presentadas, se debe realizar el respectivo cálculo comparativo para determinar cuál de las tres propuestas tiene menor impacto ambiental y, en caso de propuesta constructiva, cuál sería la elección más factible en cuanto al cuidado ambiental. Para ello, se realiza una gráfica comparativa del impacto total de cada vivienda. Asimismo, se debe calcular la mitigación total de la vivienda con los materiales propuestos y de la vivienda que se intervino solo en la estructura interna.

Para determinar la reducción de impacto ambiental se debe realizar la resta correspondiente entre la vivienda actual y la vivienda con materiales propuestos.

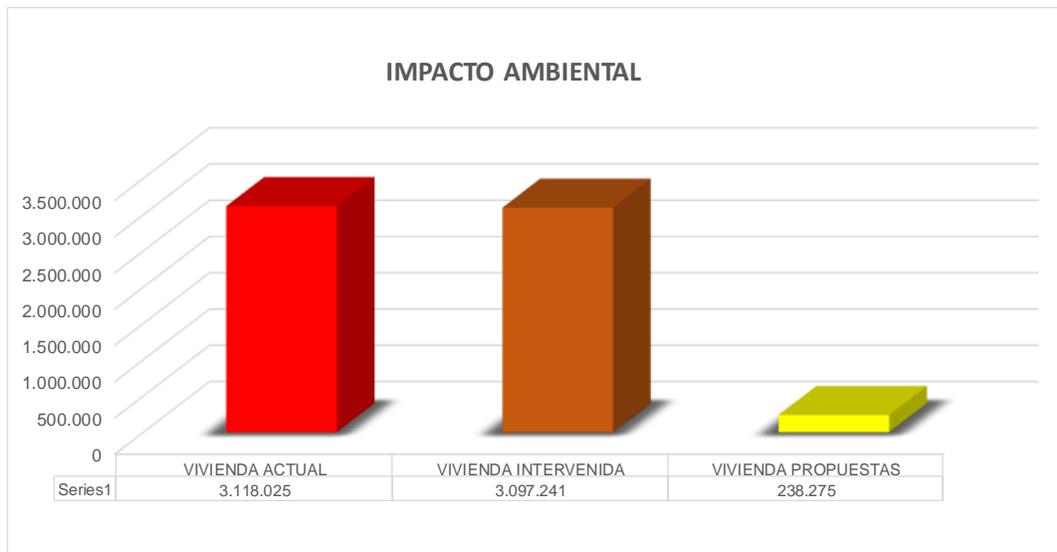
- Impacto vivienda actual – Impacto vivienda propuesta (mPt)

3.118.025 mPt – 238.275 mPt
Impacto reducido: 2.834.750 mPt **90,9%**

- Impacto vivienda actual – Impacto vivienda remodela (unicamente en muros) (mPt)

3.118.025 mPt – 3.097.241 mPt
Impacto reducido: 20.784 mPt **0,66%**

Figura 51. Comparación de impacto ambiental de los tres tipos de vivienda, actual, remodelada y propuesta



Fuente: Esta investigación.

La Figura 51 muestra que la vivienda con menor impacto ambiental es el módulo construido con nuevos materiales propuestos. Por lo tanto, es necesario comparar los materiales propuestos con los actuales para observar la variación del impacto a lo largo del tiempo. En las gráficas presentadas se observan dos variables: el tiempo, calculado en meses, y el impacto, medido en mPt. Para elaborar las gráficas respecto al impacto, se consideran tres puntos importantes. Primero, para determinar el impacto inicial, se debe calcular el consumo energético de la maquinaria necesaria para comenzar la construcción. En este caso, se calcula el consumo de la excavadora usando la fórmula indicada en el documento *Determinación del rendimiento de una retroexcavadora marca Caterpillar 420E de 94 HP para el movimiento de tierras, del autor Carlos Zapeter*¹⁶.

La excavadora usada para este procedimiento tiene las siguientes propiedades:

- Para zanjeo – Modelo 301.5 CAT
- Capacidad de colmado: 44L
- Tiempo de ciclo: 15 segundos – 0,25 minutos (4 veces en 1 minuto)
- Ciclos por minuto: 4,0 Ciclo por segundo: 240 (por hora)

Fórmula:

$$R = C * Fc * E * FO * FG * FE * \frac{1}{CICLO (seg)}$$

Donde:

C: capacidad de cucharón.

Fc: factor de carga.

E: eficiencia horaria.

FO: factor de operación y mantenimiento.

FG: factor de llenado.

FE: factor de esponjamiento.

Ciclo (seg): tiempo de ciclo (segundos).

Despejando:

$$R = 0,044 * 0,8 * 0,83 * 0,75 * 0,8 * 0,8 * \frac{1}{0,004 seg} = 3,5 m3/h$$

¹⁶ ZAPETER, Carlos. Determinación del rendimiento de una retroexcavadora marca Caterpillar 420e de 94hp para el movimiento de tierras (en línea). Ingeniería civil. Machala, Ecuador: Universidad técnica de Machala. Facultad de ingeniería civil, 2017. P.15. Disponible en la dirección electrónica: https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11008/1/TUAIC_2017_IC_CD0065.pdf

El volumen total de material a excavar en la actividad es de 26,7 m³. El tiempo de duración de la actividad se obtiene realizando la siguiente ecuación:

$$26,7m^3 / 3,5 m^3/h = 7,6 h$$

Consumo de energía en términos de potencia

Se calcula el gasto energético de la excavadora por horas de trabajo con la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia del motor (kW)} * \text{eficiencia de equipo} * \text{tiempo de operación (hora)} * \text{carga de trabajo.}$$

Despejando:

$$15,57 kW * 0,75 * 7,6 h * 0,80 = 70,6 kW/h$$

Asimismo, se debe determinar el consumo de combustible utilizado por la maquinaria. Este se calcula con base en el cuadro 45, se elige el apartado de uso de combustible bajo, ya que este apartado está dirigido principalmente a zanjas de poca profundidad.

Cuadro 45. Consumo de combustible por hora de trabajo.

Modelo	Bajo		Medio		Alto	
	Litros	Gal. EE.UU	Litros	Gal. EE.UU	Litros	Gal. EE.UU
301.5	2,1- 2,5	0,55-0,66	2,5-2,9	0,66-0,77	2,9-3,3	0,77-0,87

Fuente: CAT. Manual de rendimiento. Manual de rendimiento CATERPILLAR (en línea). Caterpillar Inc. Edición 31. Illinois, EE.UU: Caterpillar, 2000. P. 947. Serie. SSBD0341. Disponible en la dirección electrónica: <https://es.slideshare.net/slideshow/manual-rendimiento-maquinaria-pesada-caterpillar/32754253>.

Cálculo de Gasto Energético - Conversión de Combustible a Energía

Para calcular el impacto de la maquinaria, se tienen en cuenta dos factores: la energía medida en términos de potencia (kWh) y el combustible medido en litros. Las unidades utilizadas para el cálculo con el indicador son kWh.

Para convertir el consumo de combustible a kWh, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{lítro (gasoil/combustible diésel)} = 10,96 kWh^*$$

* Tomado de: ABC motor. Eléctricos vs combustión: diferencias de consumo, rendimiento y coste por kilómetro (en línea). En: DIARIO ABC, S.L (Madrid, España): 2, julio, 2020 (consultada: 25, mayo, 2024). Disponible en la dirección electrónica: https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-electricos-combustion-diferencias-consumo-rendimiento-y-coste-kilometro-202006020150_noticia.html#vca=amp-rrss-inducido&vmc=&vso=wh&vli=.

Por lo tanto, se debe multiplicar el consumo de combustible por esta cifra para obtener el gasto energético de la maquinaria en términos de consumo del motor:

$$2,5 L * 10,96 kW/h : 27,4 kW/h$$

Cálculo del Gasto Energético total:

A continuación, se suma el gasto energético del proceso de la maquinaria utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{consumo energético de proceso} + \text{gasto energético}$$

Despejando:

$$27,4 kW/h + 70,6 kW/h = 98 kW/h$$

Cálculo del Impacto Total:

Finalmente, para calcular el impacto total que genera la máquina, se multiplica el consumo final por el indicador que permite identificar el impacto generado por equipos que necesitan electricidad para su funcionamiento. Esta información se encuentra en la tabla de los eco indicadores presentada anteriormente (ver Cuadro 30):

$$98 kW/h * 26 kWh = 2550 mPt$$

Así, se determina que el impacto inicial de la vivienda equivale a 2550 mPt. Cabe resaltar que el impacto inicial nunca es cero.

Finalmente, para elaborar las gráficas correspondientes, es fundamental definir la variable del tiempo. El período seleccionado para representar la curva de impacto ambiental es de 8 meses, distribuidos en 4 meses para cada tipo de vivienda, debido a lo siguiente:

Para una vivienda de un piso con un área aproximada de 67 m², se realizó la siguiente estimación:

Un equipo de construcción podría estar compuesto por 4-5 personas, incluyendo 1 maestro de obra, 2 albañiles y 2 ayudantes, trabajando a tiempo completo (6-7 horas diarias). Además, se requerirían trabajadores especializados, como un electricista y un plomero, que participarían de manera intermitente. El tiempo necesario para completar la construcción, utilizando técnicas tradicionales, se estima de la siguiente manera:

- Cimientos y estructura: 2-3 semanas
- Levantamiento de muros: 3-4 semanas
- Instalaciones (eléctricas, plomería, etc.): 2-3 semanas

- Techado: 1-2 semanas
- Acabados interiores y exteriores: 3-4 semanas

En total, el proceso constructivo podría tardar entre 11 y 16 semanas (aproximadamente 3 a 4 meses). Este procedimiento se aplica tanto a la vivienda actual como a la propuesta. Por esta razón, la curva de impacto ambiental se calcula considerando los primeros 4 meses para la vivienda actual y los siguientes 4 meses para la vivienda propuesta, sin incluir el impacto generado por la demolición, que podría ser objeto de un análisis en futuras investigaciones.

En el gráfico 52 de impacto ambiental total, se representa el impacto de la vivienda actual y de la vivienda propuesta con materiales desde un punto de referencia igual a cero. En este caso, la vivienda remodelada no se considera, ya que solo se incluyó como un tercer elemento para demostrar que la sustitución de ciertos materiales en algunas partes de la vivienda no genera un beneficio significativo.

La gráfica presenta dos variables: el impacto ambiental, medido en milipuntos (mPt), y el tiempo, expresado en meses. A continuación, se describe la manera en que estas variables se visualizan en la gráfica:

Curva roja (impacto de la vivienda actual):

La línea roja muestra el impacto generado por la construcción de la vivienda actual, que alcanza más de 3 millones de milipuntos (3118.03 mPt) en los primeros 4 meses. Este período corresponde al tiempo estimado para construir una vivienda tradicional de este tipo. El impacto aumenta linealmente en el transcurso de esos 4 meses, como se muestra en la gráfica.

Curva amarilla (impacto de la vivienda propuesta):

La línea amarilla descendente representa el impacto generado por la vivienda propuesta, que disminuye debido a la reducción en el impacto ambiental, gracias al uso de materiales más sostenibles o eficientes. El impacto en este caso alcanza aproximadamente 238,275 mPt al final de los 8 meses, lo que refleja una mitigación significativa en comparación con la vivienda actual.

Sombra gris claro: Representa el impacto total generado por la vivienda actual durante los 4 primeros meses (construcción tradicional).

Sombra gris oscuro: Muestra el impacto generado por la vivienda con los materiales propuestos a lo largo de los 8 meses de construcción.

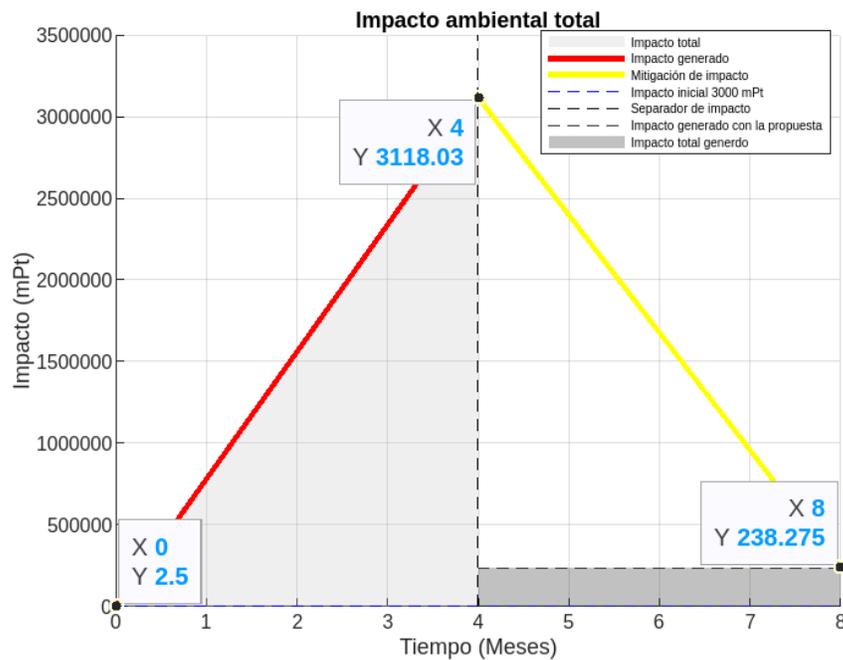
La zona no sombreada indica la mitigación obtenida por el material propuesto, destacando la diferencia entre el impacto generado por la vivienda actual y el de la propuesta.

Punto 1 (0, 2.5): Representa el impacto inicial asociado con la excavación y despeje del terreno.

Punto 2 (4, 3118.03): Indica el impacto generado por la vivienda actual después de los primeros 4 meses de construcción.

Punto 3 (8, 238.275): Muestra el impacto de la vivienda propuesta al final del período de 8 meses.

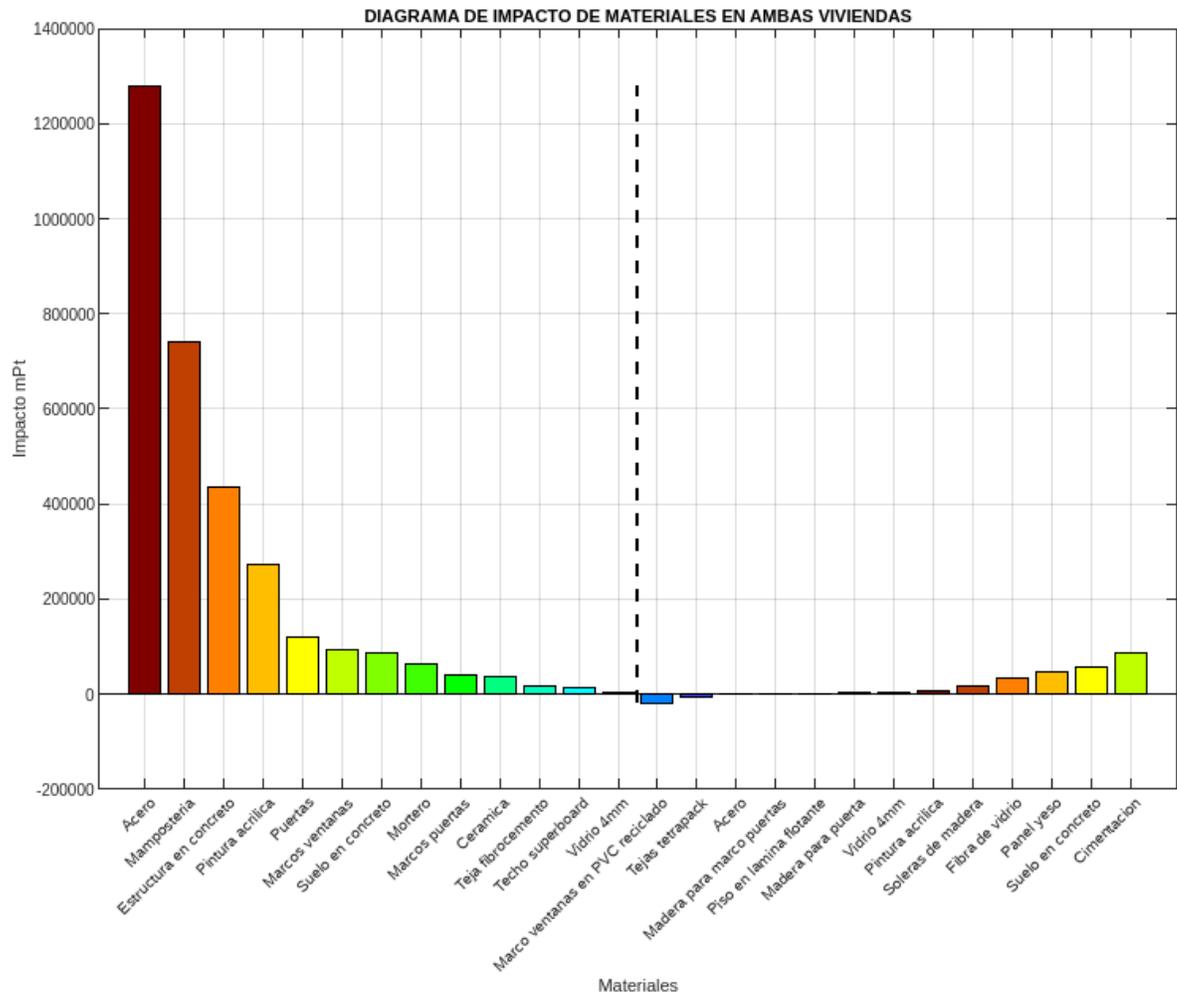
Figura 52. Impacto total de ambas viviendas.



Fuente: Esta investigación.

La figura 53 es una interpretación gráfica del impacto de todos los materiales, tanto en la vivienda analizada actualmente como en la vivienda propuesta. La línea punteada vertical determina la separación de los materiales de una vivienda a la otra. En la parte izquierda se aprecian todos los materiales de la vivienda actual, para lo cual se han asignado diferentes colores: las tonalidades rojas y sus derivados representan materiales de alto impacto, mientras que las tonalidades verdes o azules indican materiales de bajo impacto. De manera similar, la parte derecha del gráfico debe interpretarse teniendo en cuenta que esta sección representa los materiales propuestos.

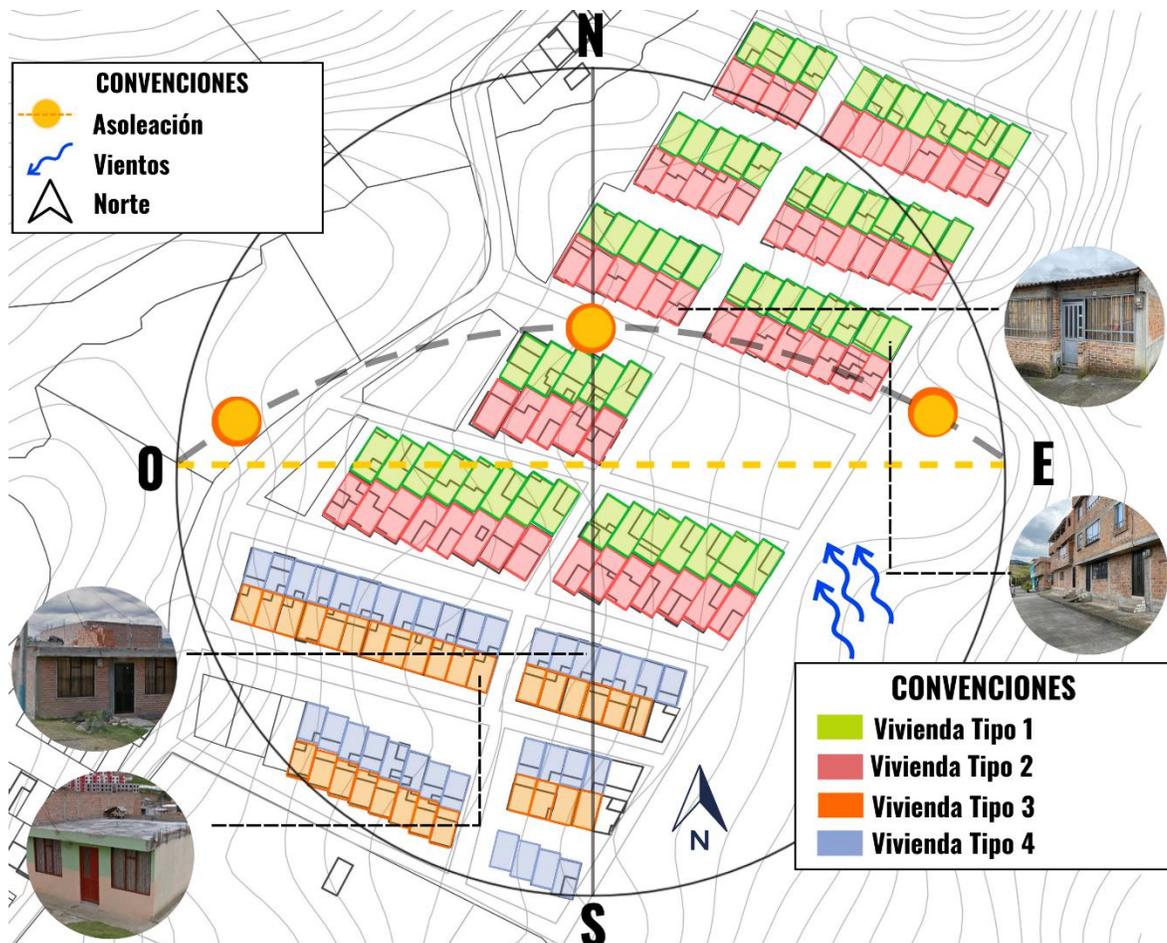
Figura 53. Comparación de impacto ambiental de materiales.



Fuente: Esta investigación.

6.1 ANÁLISIS DE CONDICIONES FÍSICAS

Figura 54. Condiciones físicas del barrio.



Fuente: Esta investigación.

Este estudio tiene como propósito proponer estrategias sostenibles para las viviendas de interés social (VIS), considerando la relación entre la implementación de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCR) y el enfoque del Análisis del Ciclo de Vida (ACV). Aunque este apartado no utiliza directamente el Ecoindicador 99, guarda una estrecha conexión con el ACV al evaluar la sostenibilidad de estas estrategias.

La Ley 1715 de 2014¹⁷ establece el marco legal para integrar las FNCR al Sistema Energético Nacional, fomentando su desarrollo y uso sostenible. Desde el enfoque del ACV, los paneles solares, como parte de estas fuentes renovables, presentan importantes beneficios ambientales y económicos:

¹⁷ Ley 1715 de 2014. Congreso de la República de Colombia. Colombia, 13 de mayo de 2014.

Menor huella de carbono: Durante su operación, los paneles solares generan energía limpia, prácticamente libre de emisiones, reduciendo significativamente los impactos globales asociados al uso de combustibles fósiles.

Uso de recursos sostenibles: Estas tecnologías aprovechan recursos como la radiación solar, disminuyendo la dependencia de fuentes no renovables y los impactos asociados a su extracción y consumo.

Además, la Ley 1715 incentiva el uso de tecnologías limpias mediante beneficios fiscales y normativas que promueven su adopción, favoreciendo:

Reducciones en emisiones tóxicas, consumo de agua y generación de residuos en comparación con fuentes de energía convencionales.

El empleo de materiales reciclables o con menor impacto ambiental en la fabricación de equipos como paneles solares.

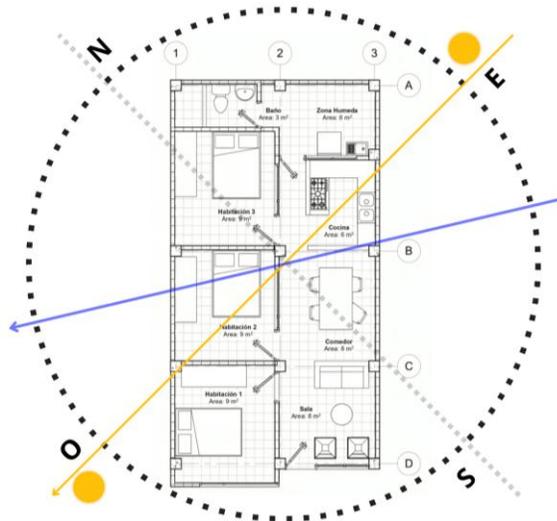
Por lo tanto, la implementación de paneles solares en viviendas VIS consolida un modelo energético más limpio y eficiente para estas comunidades.

A partir del análisis de las condiciones físicas de las 28 viviendas, se identificaron cuatro categorías según su orientación con respecto al norte, asignando 7 viviendas a cada una. Esta clasificación requiere un análisis individual para cada tipo, ya que una de las propuestas fundamentales para promover una construcción ambientalmente sostenible es la incorporación de paneles solares, cuya eficiencia está directamente vinculada a la orientación de las viviendas.

6.1.1 Propuesta de módulos fotovoltaicos

En la figura 55 se muestra la posición de la vivienda en cuanto al norte, la dirección de la salida del sol representado por la línea amarilla y la dirección del viento representada por la línea azul.

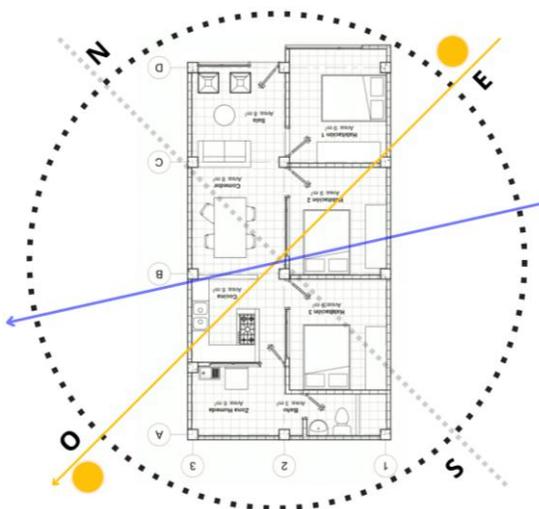
Figura 55. Ubicación vivienda tipo 1.



Fuente: Esta investigación.

En la figura 56 se muestra la posición de la vivienda en cuanto al norte, la dirección de la salida del sol representado por la línea amarilla y la dirección del viento representada por la línea azul.

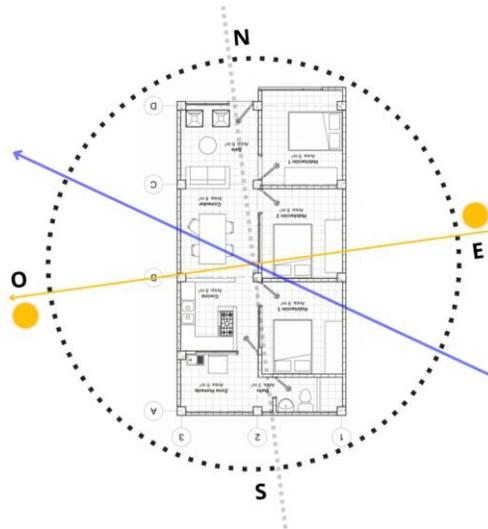
Figura 56. Ubicación vivienda tipo 2.



Fuente: Esta investigación.

En la figura 57 se muestra la posición de la vivienda en cuanto al norte, la dirección de la salida del sol representado por la línea amarilla y la dirección del viento representada por la línea azul.

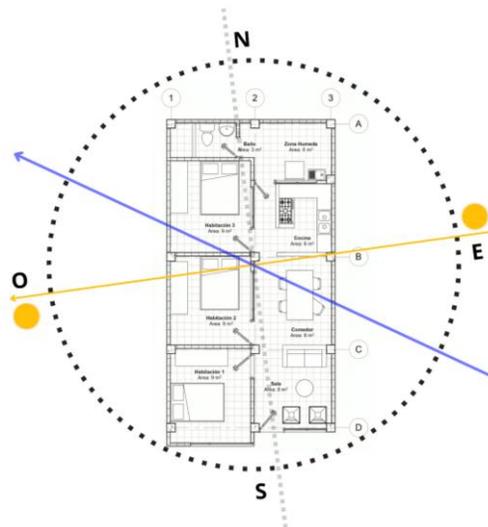
Figura 57. Ubicación vivienda tipo 3.



Fuente: Esta investigación.

En la figura 58 se muestra la posición de la vivienda en cuanto al norte, la dirección de la salida del sol representado por la línea amarilla y la dirección del viento representada por la línea azul.

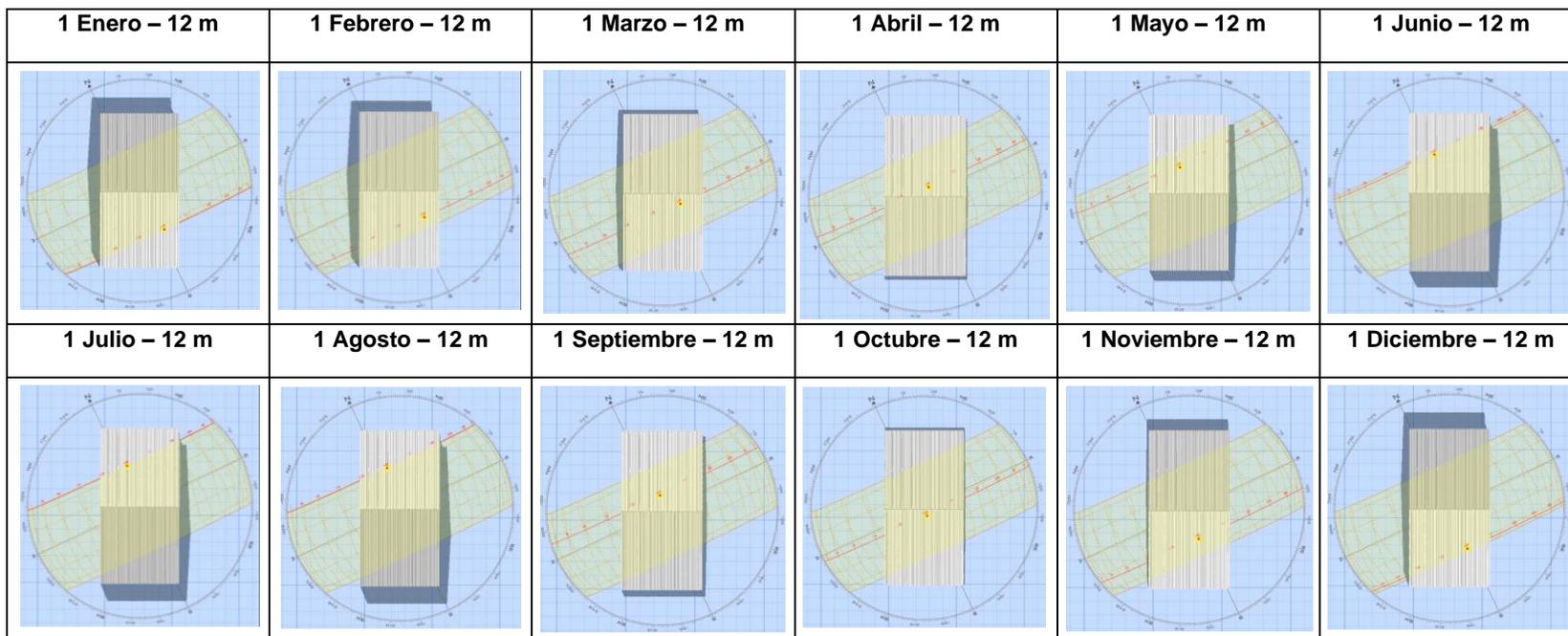
Figura 58. Ubicación vivienda tipo 4.



Fuente: Esta investigación

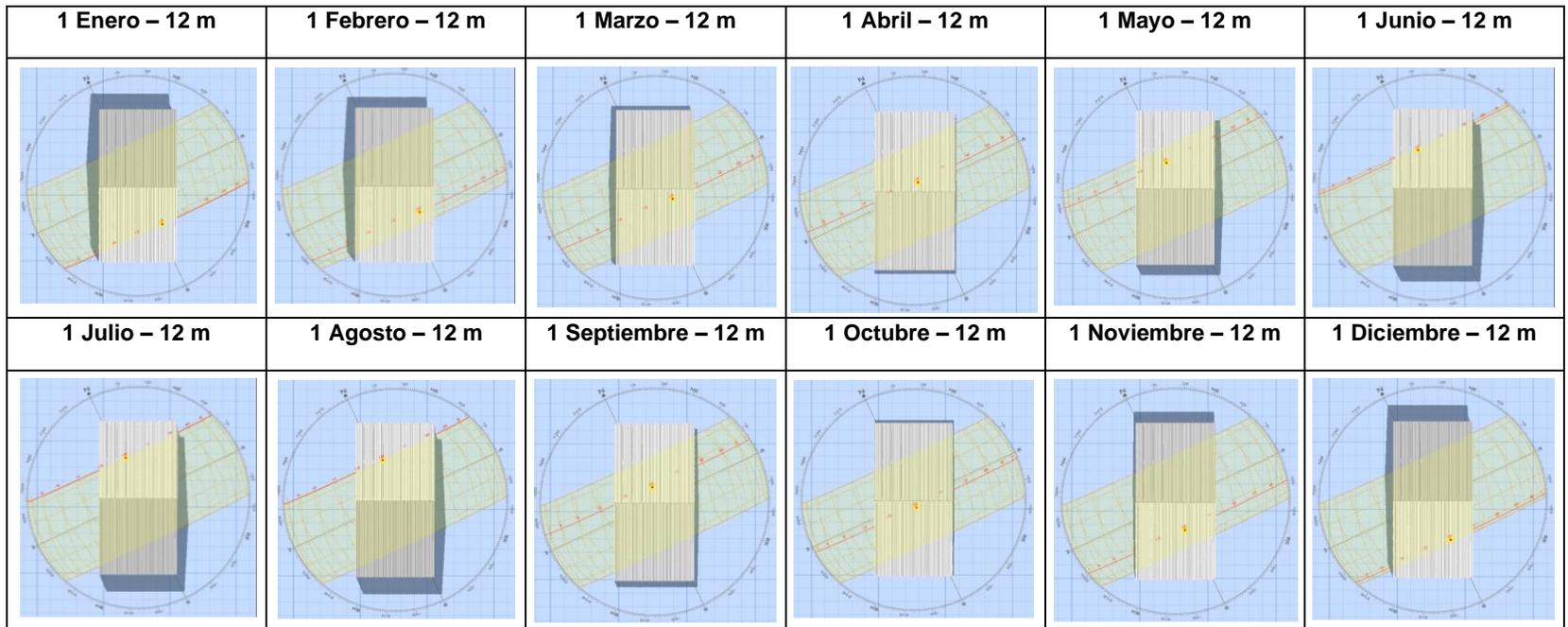
La ubicación de cada módulo fotovoltaico se determina mediante la posición de cada vivienda respecto a la salida del sol para obtener resultados más precisos. El estudio solar se realiza con el software *Drj Marsh* para determinar el recorrido solar de cada vivienda. Este estudio se lleva a cabo a lo largo de todo el año, los primeros días de cada mes, en la hora pico cuando el sol se encuentra en su posición más alta, a las 12 p.m., ya que es durante este tiempo donde el módulo captará más radiación solar.

Cuadro 46. Estudio solar vivienda tipo 1.



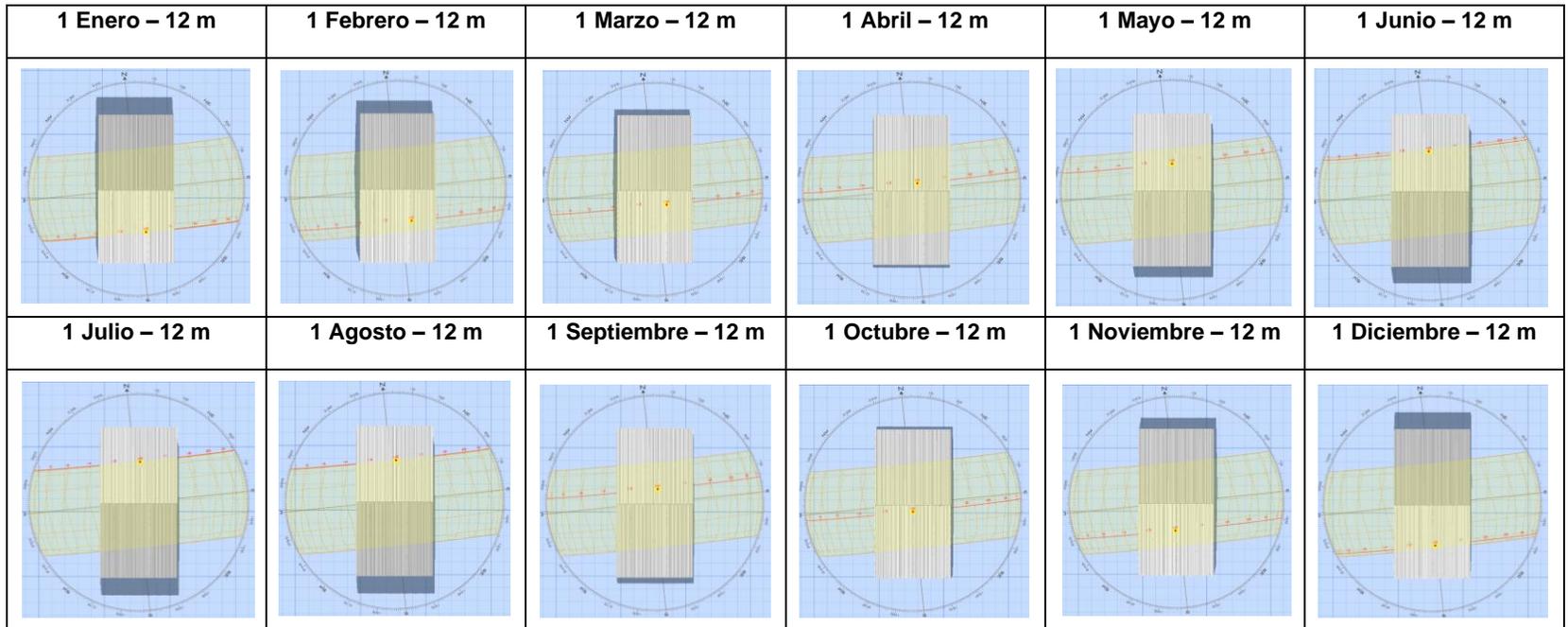
Fuente: Esta investigación con ayuda del programa *Draj Marsh*.

Cuadro 47. Estudio solar vivienda tipo 2.



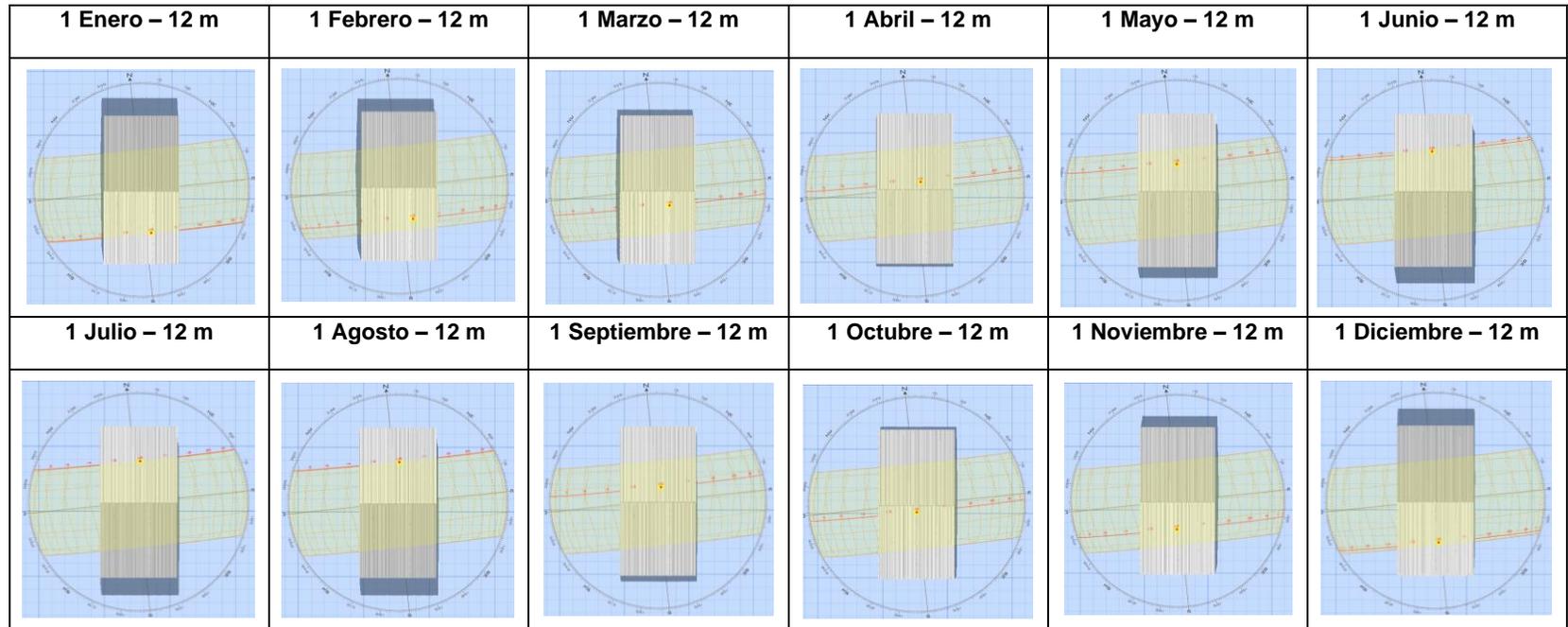
Fuente: Esta investigación con ayuda del programa Draj Marsh.

Cuadro 48. Estudio solar vivienda tipo 3.



Fuente: Esta investigación con ayuda del programa Draj Marsh.

Cuadro 49. Estudio solar vivienda tipo 4.



Fuente: Esta investigación con ayuda del programa Draj Marsh.

De acuerdo con el análisis realizado para cada vivienda, se puede determinar que los módulos fotovoltaicos deben ubicarse en los puntos marcados en color rojo según las gráficas presentadas anteriormente. Esto se debe a que dichos puntos representan las zonas de mayor intensidad térmica a lo largo del año. Estas mismas imágenes proporcionan una referencia sobre la cantidad de paneles que podrían instalarse en los tejados de las viviendas que podrían ser alrededor de 4 a 5 módulos dependiendo del tamaño de los mismos.

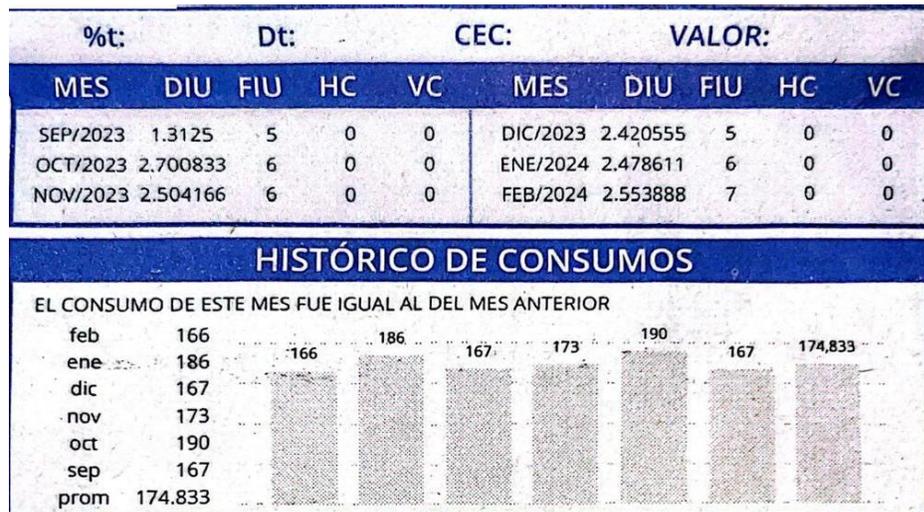
Para la implementación del sistema fotovoltaico, se emplea el software PV*SOL, el cual permite adaptar el modelo 3D de la vivienda a la ubicación deseada, en este caso, al barrio Carlos Pizarro en la ciudad de San Juan de Pasto.

A continuación, se procede a seleccionar el sistema deseado ofrecido por el software. Para las viviendas analizadas, se elige la opción de *Sistema FV conectado a la red con consumidores eléctricos y sistemas de batería*, con el fin de asegurar una alta proporción de energía. En caso de que los módulos no logren recolectar la energía necesaria para abastecer la vivienda, las baterías proporcionarán la cantidad requerida. Si estas no están completamente cargadas, la energía se suministrará desde la red eléctrica.

Posteriormente, se proporciona el consumo mensual de la vivienda mes a mes para identificar qué sistema fotovoltaico se adapta a las necesidades analizadas. Para ello, se emplea el recibo de energía de la empresa cedenar, el cual contiene un apartado de *histórico de consumos* (ver Figura 59). En esta sección, se muestra el consumo mensual de la vivienda, considerando que dispone de electrodomésticos básicos como una lavadora, una nevera, ducha eléctrica, 3 televisores y un equipo de sonido.

Una vez ubicado el modelo 3D en el sistema, se procede a orientar la vivienda según el norte, con el objetivo de obtener una mayor precisión en cuanto a la irradiación y para colocar los paneles de manera adecuada, según el análisis previamente realizado en el programa Draj Marsh.

Figura 59. Histórico de consumo de energía.



Fuente: Esta investigación.

Dentro del sistema 3D, el software permite adaptar el emplazamiento de los módulos en la superficie deseada. En este caso, se ocuparán las dos cubiertas del techo para ubicar la cantidad de módulos correspondientes. La configuración del

sistema de la primera y segunda vivienda incluye cinco módulos fotovoltaicos con una potencia total de generación de 2,25 kWp y una superficie total de 12,9 m². Esta red fotovoltaica está conectada a dos inversores y un sistema de baterías, como se puede ver en las figuras 61 y 63.

Cada conjunto de módulos está configurado para optimizar la captación solar en función de su orientación e inclinación específica, siendo estos paralelos a la cubierta de la vivienda. Las configuraciones de orientación son noreste y suroeste, con inclinaciones de 16°, aprovechando de manera eficiente la radiación solar directa, según los modelos de simulación. Cabe aclarar que el tipo de vivienda 1 y 2 comparten la misma posición solar con respecto al norte; sin embargo, el único cambio que experimentan es la orientación de la fachada principal. Además, el techo está diseñado de forma que tenga las mismas dimensiones en ambos lados y la misma inclinación.

La configuración de la vivienda tipo 3 y 4 corresponde a una ubicación diferente respecto al norte, por lo que el análisis solar y el sistema fotovoltaico varían en comparación con la vivienda 1 y 2. Para este planteamiento, se utilizan 4 módulos fotovoltaicos, los cuales proporcionan una potencia total de 1,80 kWp y una superficie total de 10,4 m². Cuenta con 2 inversores y un sistema de baterías distribuidos de forma que logren captar la mayor radiación solar durante la hora pico a lo largo del año.

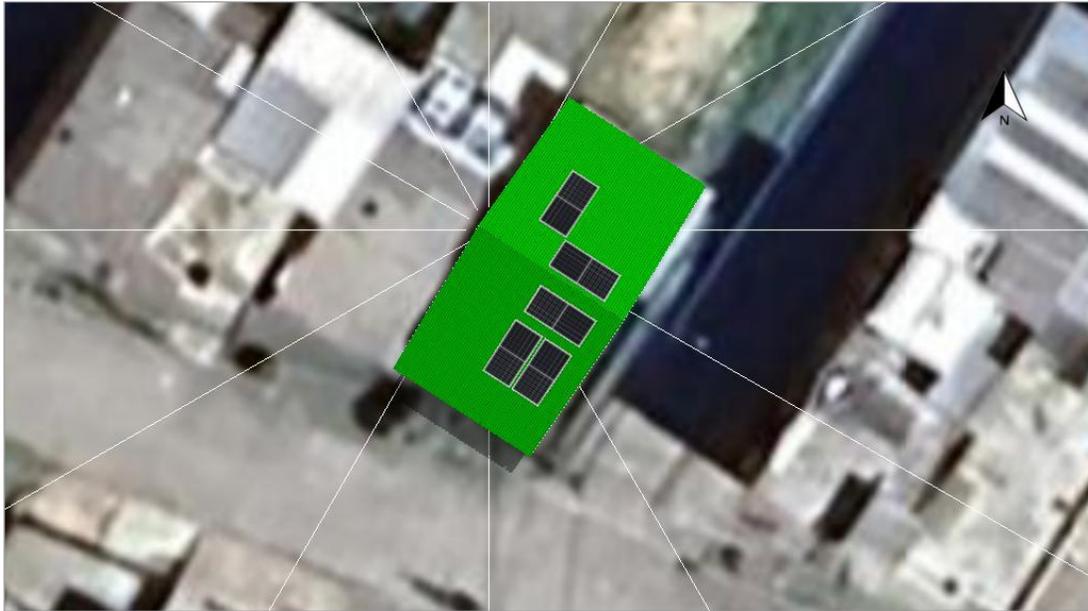
Todos los módulos fotovoltaicos usados para los 4 tipos de vivienda son de la marca ZNShine PV-Tech - ZXM6-NH144-450/M. La integración de los módulos a la red eléctrica se realiza a través de dos inversores de la marca Afore New Energy Technology, cada uno ajustado para operar a un factor de dimensionamiento óptimo según las necesidades del sistema y la capacidad de generación de los módulos. A esta misma red de cableado se conectan las baterías, las cuales son de la marca Example kW - AC Coupling - 14.45 kWh.

La configuración del sistema se detalla en un esquema eléctrico que muestra las conexiones entre módulos, inversores, baterías y la red de CA, asegurando la correcta distribución y transformación de la energía generada.

Además, el software permite generar un informe con toda la información detallada de los paneles solares, su configuración, la cantidad de energía proporcionada por los módulos y la cantidad de energía suministrada a la red, la cual puede ser recompensada por la empresa encargada de los servicios de energía de la ciudad.

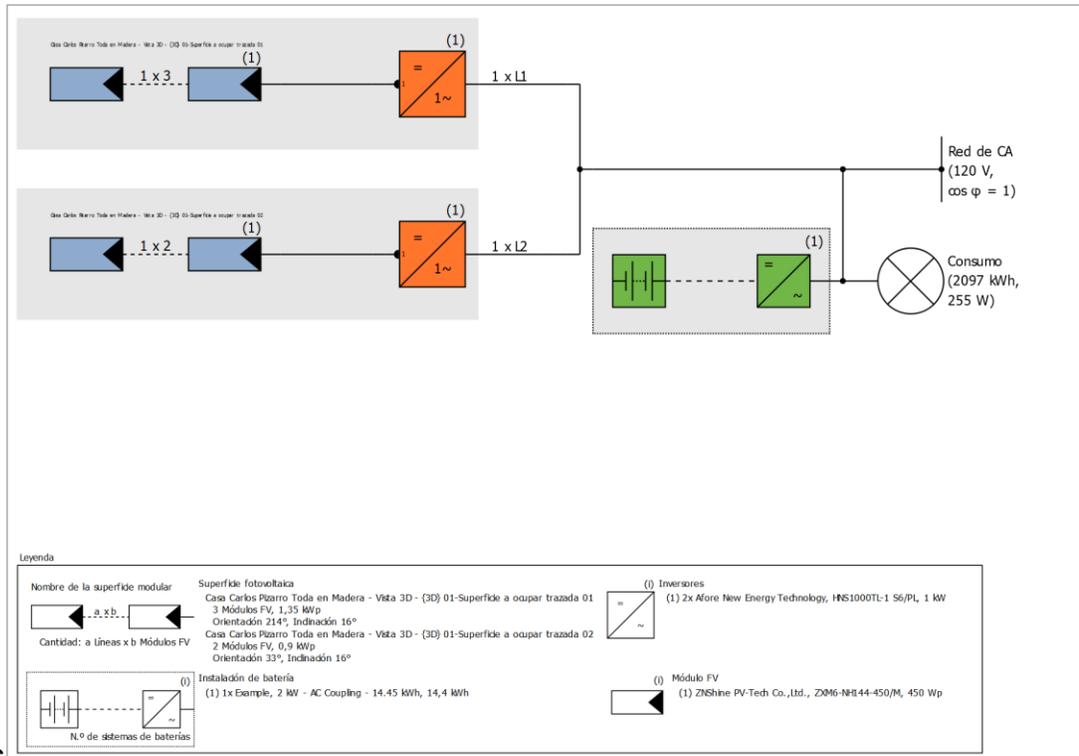
El informe de las viviendas 1 y 2 es el mismo, puesto que el número de módulos y su configuración no varían. El informe de las viviendas 3 y 4 cumple las mismas características. Ambos informes se pueden encontrar en los anexos 18 y 19.

Figura 60. Cubierta vivienda con módulos fotovoltaicos 1.



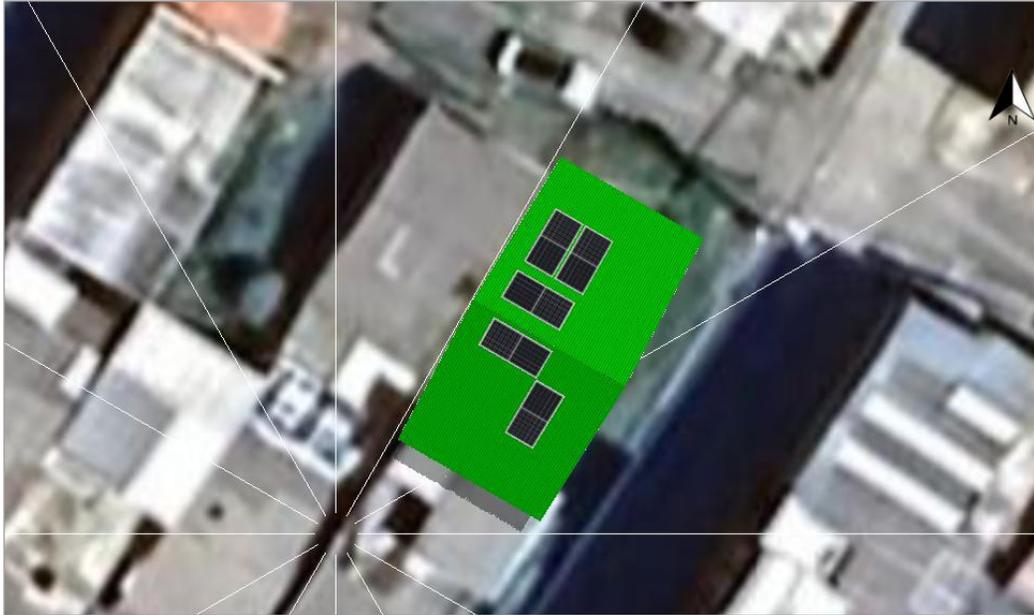
Fuente: Esta investigación.

Figura 61. Plano de módulos fotovoltaicos vivienda tipo 1.



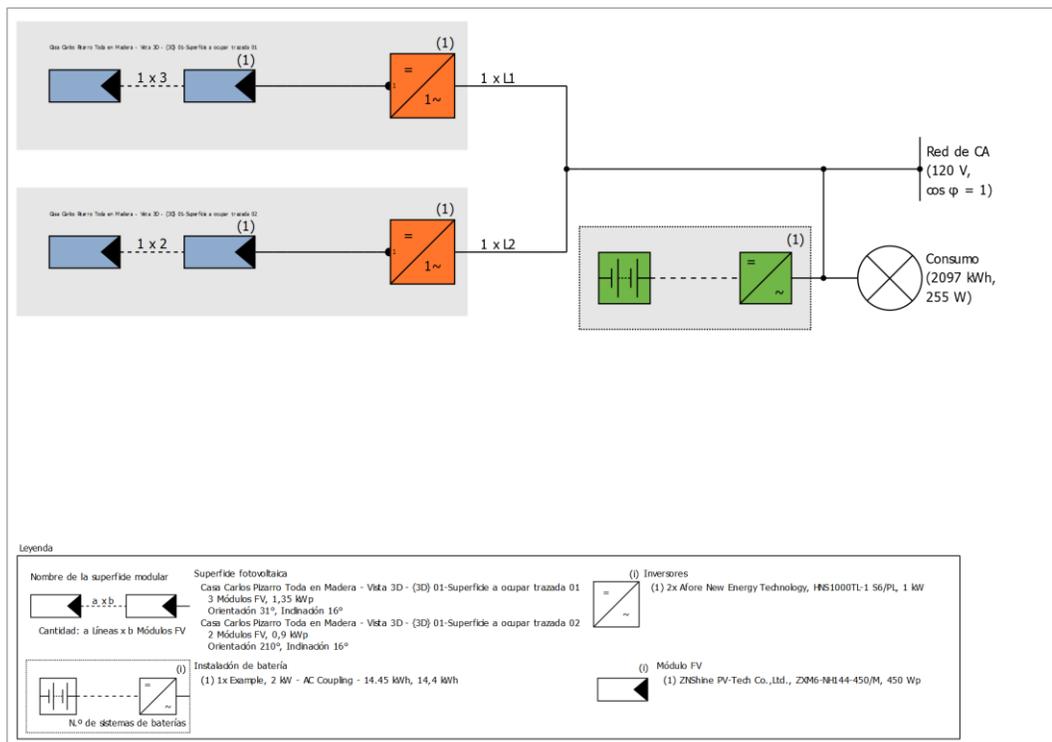
Fuente: Esta investigación.

Figura 62. Cubierta vivienda con módulos fotovoltaicos 2.



Fuente: Esta investigación.

Figura 63. Plano de módulos fotovoltaicos vivienda tipo 2.



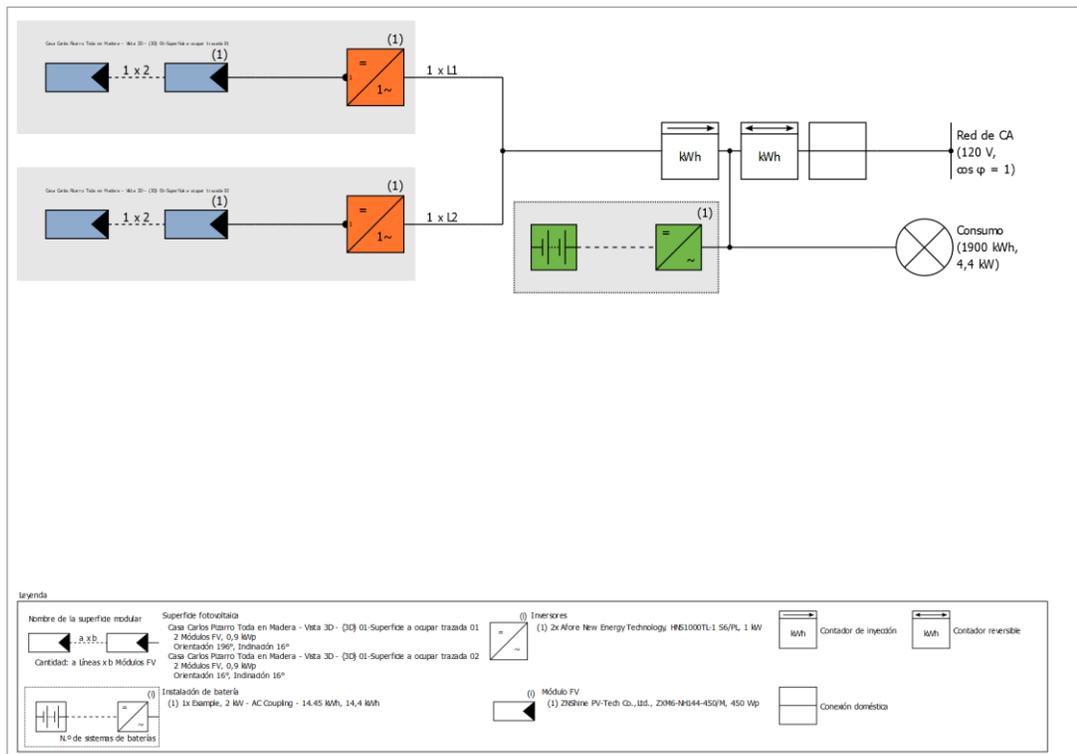
Fuente: Esta investigación.

Figura 64. Plano de módulos fotovoltaicos vivienda tipo 3.



Fuente: Esta investigación.

Figura 65. Plano de módulos fotovoltaicos vivienda tipo 3.



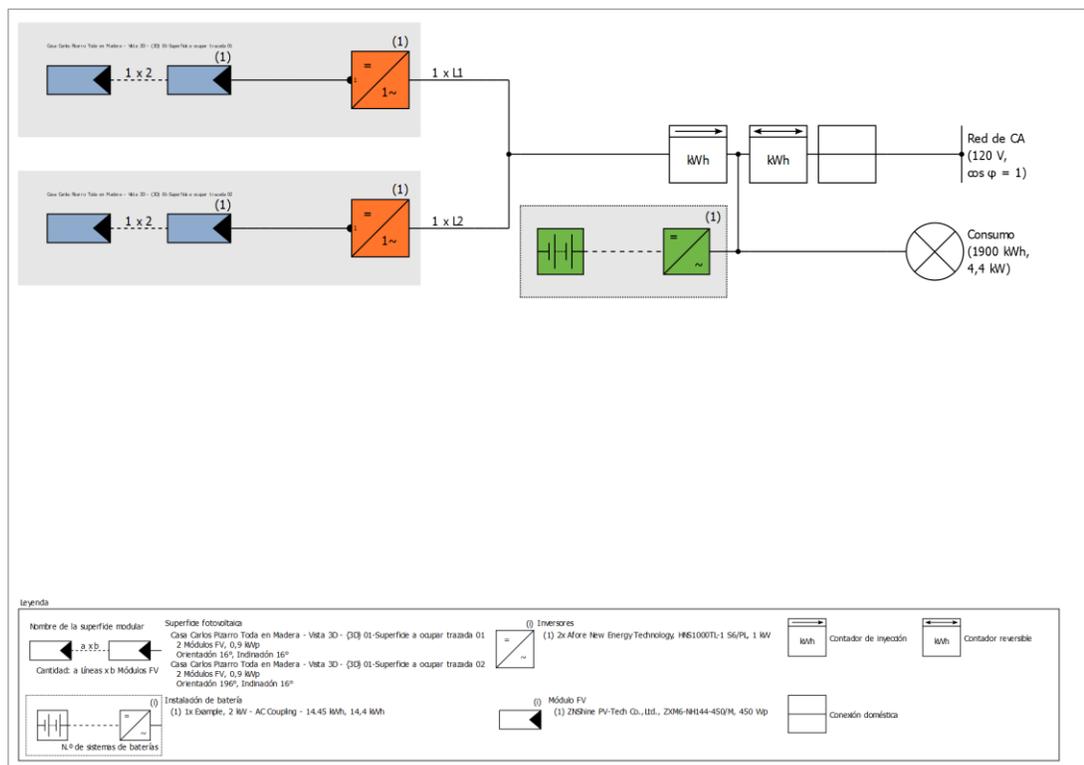
Fuente: Esta investigación.

Figura 66. Plano de módulos fotovoltaicos vivienda tipo 4.



Fuente: Esta investigación.

Figura 67. Plano de módulos fotovoltaicos vivienda tipo 4.

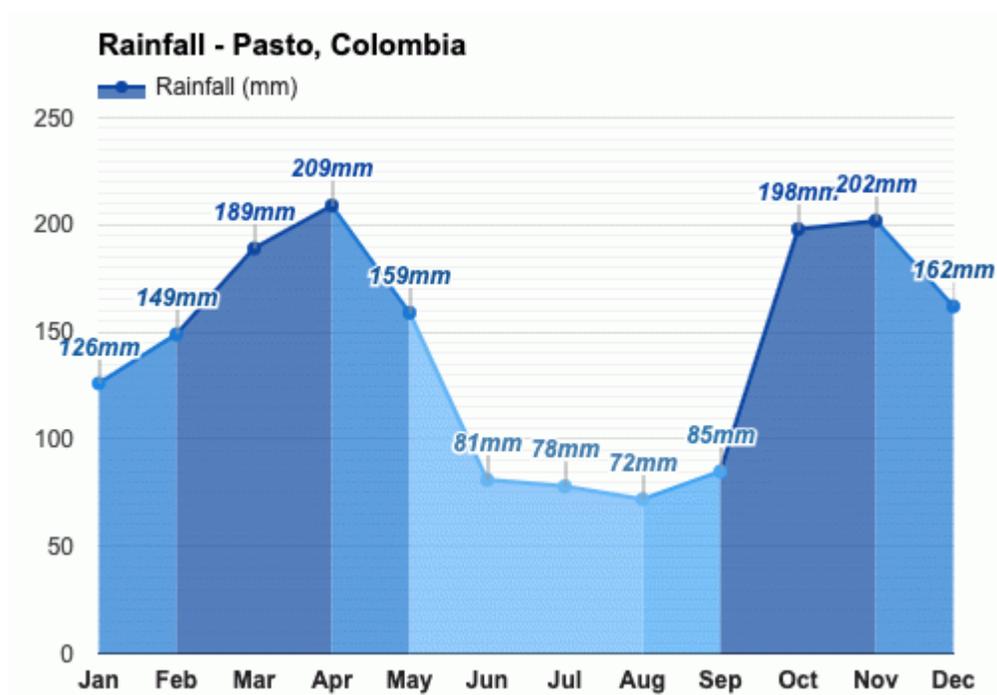


Fuente: Esta investigación.

6.2 REDES HIDROSANITARIAS VIVIENDA PROPUESTA

Para el desarrollo de la propuesta de redes hidrosanitarias que se encuentren dentro de un marco sostenible, se empieza calculando la captación de aguas lluvias que podemos lograr con el área de la cubierta propuesta, para así, conocer la cantidad de agua que podemos disponer para mitigar los usos que más consumo representan en la vivienda sobre el recurso hídrico, obteniendo los valores referenciados en la Figura 68.

Figura 68. Precipitación en Pasto.



Fuente: WEATHER ATLAS. Clima y previsión meteorológica mensual Pasto, Colombia (en línea). En: weather atlas (Serbia): 27, mayo, 2024 consultada: 10, mayo, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.weather-atlas.com/es/colombia/pasto-clima>.

Para desarrollar el cálculo, multiplicamos el área del techo disponible por la cantidad de agua lluvia que recibe el sector, utilizando para este propósito el dato de precipitaciones anuales en San Juan de Pasto. Posteriormente, se aplica un indicador de pérdidas que equivale al 5% del agua recolectada. De esta manera, obtenemos finalmente la cantidad de litros de agua que podemos recolectar al año. Al convertir esta cifra a metros cúbicos, dividimos la cantidad de metros cúbicos mensuales que podemos disponer mediante la captación de agua lluvia (Cuadro 50)

Cuadro 50. Cálculo de captación de aguas lluvias vivienda propuesta.

CAPATACIÓN DE AGUA						
FORMULA	Captura (Litros) = Superficie techo (m2) x lluvia caída (mm) x 0,95 (5% pérdidas)					
DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE TECHO	PRECIPITACIÓN (MM)/AÑO	PERDIDAS	LITROS/AÑO	M3/AÑO	M3/MES
CANTIDAD	71,44	1710	0,95	116054,3	116,1	9,67

Fuente: Elaboración propia con información de weather – atlas.

A partir de este punto, se consideran los consumos de agua por uso, basados en los litros consumidos por habitante al día. Con estos datos, se proyecta el consumo en metros cúbicos por habitante al mes, el dato del consumo en m³ por habitante se extrajo del recibo de la empresa empopasto (ver figura 69) y de la tabla encontrada en el documento de comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico (ver Cuadro 51), además se debe adecuar al número de habitantes para los que está destinada la vivienda en este caso 4 personas. Una vez obtenidos estos datos, es importante tener en cuenta los metros cúbicos que se pueden recolectar con la superficie de la cubierta, valor que ya se ha calculado previamente, para determinar así la cantidad de consumo de agua que se puede mitigar. De este modo, se puede establecer la capacidad adecuada de los tanques (ver Cuadro 52).

Cuadro 51. Consumo promedio por persona para estratos 1, 2 y 3 en 2014

Clima	Ciudad	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Promedio 1 a 3	Promedio 1 a 6
Clima Frio	Bogotá	12,05	10,77	9,77	9,59	10,41	10,45
	Manizales	12,63	13,18	13,57	11,77	13,32	12,86
	Tunja	11,75	11,87	10,83	9,15	11,30	10,82
	Pasto	10,85	12,24	10,98	11,94	11,48	11,54
	Promedio	11,98	10,93	10,01	9,75	10,59	10,60
Clima Templado	Medellín	12,19	12,60	12,52	12,76	12,52	12,90
	Ibagué	16,60	15,51	15,24	14,72	15,59	15,84
	Pereira	12,85	12,81	12,69	11,75	12,78	12,71
	Armenia	12,56	12,39	13,24	12,67	12,77	12,73
	Popayán	11,56	13,06	14,19	14,47	13,08	13,38
	Promedio	12,84	13,05	12,97	12,93	12,99	13,22
Clima Cálido	Cali	15,48	15,70	14,94	14,00	15,32	15,48
	Bucaramanga	17,56	17,42	16,18	14,57	16,82	15,92
	Cúcuta	16,35	15,45	15,54	18,38	15,75	16,18
	Neiva	13,21	14,78	15,07	17,97	14,43	14,81
	Barranquilla	13,41	14,55	16,04	17,73	14,51	15,53
	Cartagena	13,03	15,00	16,25	19,02	14,36	15,02
	Montería	13,44	15,70	15,81	18,25	14,18	14,60
	Promedio	14,26	15,38	15,45	15,73	15,03	15,44

Fuente: SANTANA, María; BONILLA, Juan y CASTILLO, Carlos. RANGO DE CONSUMO BÁSICO. Documento de trabajo proyecto general. Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico. Primera edición. Bogotá: MINVIVIEDA, 2015. V03, P.19. Disponible en la dirección electrónica: https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/original/documents/Documento_de_Trabajo_y_Participacion_Ciudadana_750.pdf.

Figura 69. Consumo mensual de agua vivienda analizada.

DE PASTO S.A. E.S.P. NIT. 891.200.696-3. NÚMERO 1-52001000-2 VIGILADA POR LA SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS Dirección de Correspondencia: Carrera 24 No. 21 - 40, Pasto		FACTURA MENSUAL ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO		USO	01 RESIDENCIAL	ESTRATO	02 BAJO
Nº 23660883		PERIODO FACTURADO	15/MAR/2024 13/ABR/2024	MES FACTURADO	ABRIL	CICLO	12
INFORMACIÓN DE MEDICIÓN							
MEDIDOR No.	10-025661	DIAMETRO MEDIDOR	1/2 PU	LECTURA ACTUAL	3216	LECTURA ANTERIOR	3198
CONSUMO ÚLTIMOS SEIS MESES	16	18	17	19	15	18	CONSUMO M ³
VALOR ÚLTIMOS SEIS MESES	68,440	78,610	73,520	83,690	65,360	81,110	CONSUMO PROMEDIO
CAUSAL DE NO LECTURA							

Fuente: Esta investigación con ayuda del recibo de la empresa Empopasto.

Para el caso de estudio, se propone un sistema de redes hidrosanitarias que permita el aprovechamiento de aguas lluvias y aprovechamiento de aguas grasas proveniente de residuos alimentarios. Es importante destacar que el agua recolectada por el tanque de agua lluvia debe utilizarse únicamente para funciones que no impliquen contacto directo con el consumo humano. De esta manera, se logra un ahorro del 28,2% en la descarga de sanitarios, del 10,6% en el lavado de ropa (lavadora y lavadero), del 7% en el lavado de pisos y del 4,9% en el riego de jardines, lo que equivale a 8,6 m³ al mes, con el tanque separador de grasas se logra mitigar el consumo hídrico de la cocina equivalente al 21,2%. En total, se logra una mitigación del 71,2% en el uso de agua.

Cuadro 52. Calculo m3 por zona y usuario.

CONSUMO DEL AGUA	L/HAB/DIA	L/HAB/MES	M3/MES	M3/ 4 HAB/ MES	PORCENTAJE %	MITIGACIÓN DE CONSUMO/M3/MES	PORCENTAJE %
ASEO PERSONAL	40	1200	1,2	4,8	28,4		
DESCARGA DE SANITARIOS	40	1200	1,2	4,8	28,4	4,8	28,4
LAVADO DE ROPA	15	450	0,45	1,8	10,6	1,8	10,6
COCINA	30	900	0,9	3,6	21,3	0,9	21,3
LAVADO DE PISOS	10	300	0,3	1,2	7,1	1,2	7,1
RIEGO DE JARDINES	6	180	0,18	0,72	4,3	0,72	4,3
TOTAL	141	4230	4,23	16,92	100%	8,52	71,6%
CAPACIDAD DE TANQUE DE RECOLECCIÓN AGUA	8500 L						
TANQUE SEPARADOR DE GRASAS PARA LA COCINA	900 L						

Fuente: Esta investigación.

Es importante destacar que la propuesta de recolección de agua lluvia no está directamente relacionada con el Ecoindicador 99; sin embargo, se plantea debido a su estrecha relación con el Análisis del Ciclo de Vida (ACV), dado que:

- Reducción de la demanda de agua potable

El principal beneficio ambiental de un sistema de recolección de agua lluvia es la reducción de la demanda de agua potable. Esto disminuye la necesidad de tratar y distribuir agua potable desde fuentes centralizadas, lo que implica un menor consumo de energía y un impacto ambiental reducido asociado con el tratamiento del agua.

En el ACV, se evaluaría cómo la recolección de agua lluvia reduce el uso de recursos naturales (agua potable) y la huella de carbono vinculada con su tratamiento y distribución.

- Disminución de la escorrentía y la contaminación

Los tanques de recolección ayudan a reducir la escorrentía superficial (agua de lluvia que no se absorbe en el suelo), que es una fuente significativa de contaminación en áreas urbanas. El agua no recolectada puede arrastrar contaminantes como sedimentos, metales pesados y productos químicos, afectando la calidad del agua en los cuerpos de agua cercanos.

En el ACV, esta fase incluiría la reducción de la contaminación al minimizar el impacto de la escorrentía, lo que tiene efectos positivos en los ecosistemas y en la calidad del agua en el entorno.

- Uso eficiente de los recursos naturales

Los tanques de recolección de agua lluvia optimizan el uso de recursos naturales renovables (el agua de lluvia), aprovechándola para fines no potables (riego, limpieza, etc.). Esto contribuye a un modelo más sostenible de consumo de recursos.

El ACV considera cómo el uso de estos sistemas puede reducir la presión sobre los recursos naturales, al disminuir la extracción de agua de fuentes naturales y reducir la energía utilizada en su distribución.

- Reducción de la huella de carbono

Al reducir el uso de agua potable tratada, la instalación de tanques de recolección de agua lluvia contribuye a disminuir las emisiones de carbono asociadas con la producción y distribución del agua.

El ACV calcularía la reducción de la huella de carbono al comparar el consumo de agua tratada con la recolección de agua lluvia, evaluando las emisiones evitadas gracias a la eficiencia en el uso del recurso.

Es relevante recalcar que los dispositivos propuestos son soterrados, es decir, se encuentran enterrados dentro del terreno de la vivienda. Considerando la subestructura de la construcción, el tanque debe ubicarse a un lado de la vivienda para facilitar el acceso directo al mismo y, al mismo tiempo, estar cerca de las bajantes para optimizar la recolección de agua lluvia. Además, se debe realizar una excavación adecuada con la instalación de muros de contención a pequeña escala, lo que permitirá un fácil mantenimiento del tanque.

Es fundamental también que el tanque se ubique a una distancia segura del sistema de alcantarillado y otras fuentes potenciales de contaminación, para garantizar la calidad del agua recolectada. Además, el tanque debe colocarse sobre una base

sólida, preferentemente compuesta por rocas o material similar, para asegurar su firmeza y evitar la posible contaminación del agua almacenada. Esto ayudará a mantener la integridad del sistema a lo largo del tiempo y garantizar un funcionamiento eficiente.

Para más detalles, consulte la ficha técnica del tanque 1 y 2 en el Anexo 20.

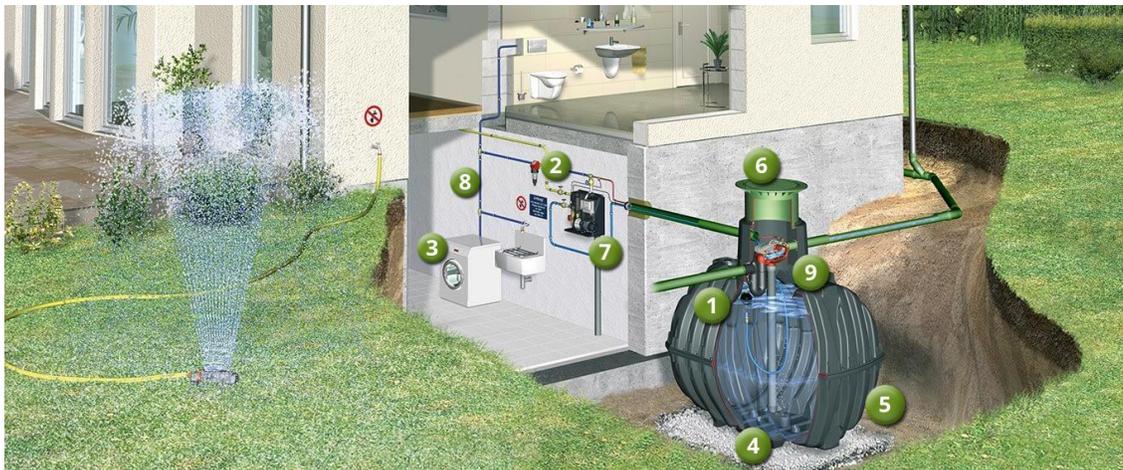
El tipo de tanque se seleccionó de acuerdo con las necesidades de la vivienda, por lo que es importante considerar las características específicas del tanque elegido.

El tanque elegido es el Carat XL 8.500L de la empresa Graf, y para la separación de grasas se utiliza el Separador de grasa SAPHIR.

El depósito soterrado Carat XL es de gran capacidad, diseñado especialmente para acumular grandes volúmenes de agua (8.500 - 10.000 L), siendo muy robusto y estable.

En instalaciones en las que las aguas residuales contienen grasa, estas aguas deben ser tratadas aparte con un separador antes de verterlas al alcantarillado. Estos separadores están compuestos por un área de precipitación, un colector de grasa, un colector de lodo y una toma muestras. El sistema reduce el caudal del agua residual para permitir que los sólidos -tales como restos de alimentos- puedan hundirse y depositarse en el colector de lodo. Las grasas, que tienen una densidad menor que el agua, flotan hasta la superficie. Una vez eliminada la grasa, el agua residual fluye hasta el alcantarillado¹⁸.

Figura 70. Mecanismo del tanque de agua.



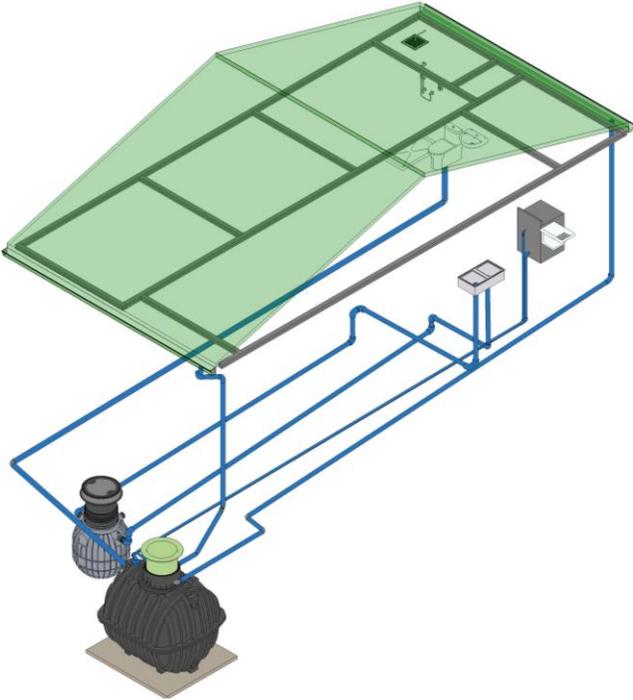
¹⁸ GRAF. Separador de grasas para el uso en lugares donde el agua esté contaminada con grasas y aceites (en línea). En: Graf (Alemania): 2024 (consultada: 21, mayo, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.graf.info/es/separadores/separadores-de-grasas/separador-de-grasas-saphir.html>.

Fuente: GRAF. Funcionamiento de un sistema de recuperación de agua de lluvia casa y jardín (en línea). En: Graf (Alemania): 2024 (consultada: 20, mayo, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.graf.info/es/depositos-soterrados/como-recuperar-agua-de-lluvia/sistema-casa-y-jardin.html>.

El mecanismo de los tanques de agua funciona de la siguiente manera.

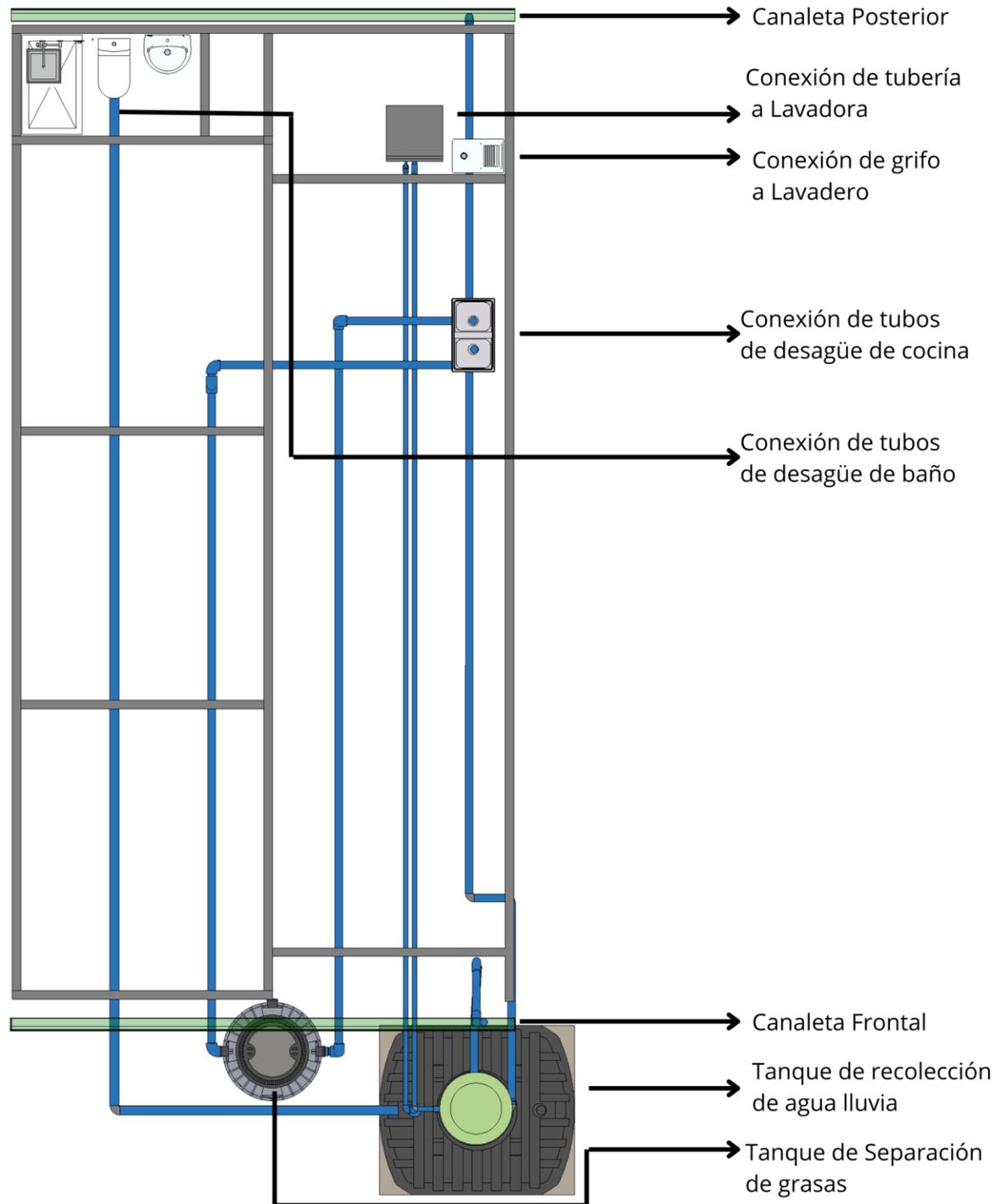
1. Rebosadero: Elimina la capa flotante de partículas ligeras (como polen) cuando el depósito alcanza su capacidad máxima.
2. Microfiltro: Filtra partículas finas (0,1 mm) del agua de lluvia después de ser bombeada, ideal para uso en lavadoras. Es fácil de limpiar y no requiere reemplazo.
3. Lavar la ropa con agua de lluvia: El agua de lluvia suaviza la ropa, no contiene cal y facilita el planchado, prolonga la vida útil de la lavadora y ahorra en suavizante
4. Zapata de entrada tranquila: Facilita la sedimentación de partículas finas en el fondo del depósito, evitando el arremolinamiento y mejorando la oxigenación del agua.
5. Depósito Carat: Depósito soterrado para la recuperación de aguas pluviales, disponible en versiones clásica y de poca profundidad, garantiza la calidad del agua almacenada.
6. Cubierta telescópica: Ajustable en altura e inclinación, sella el depósito al nivel del suelo y puede ser transitable según el tipo de instalación.
7. Control bomba: Regula el suministro de agua, conectando al suministro de agua potable automáticamente cuando el nivel de agua de lluvia es bajo.
8. Extracción: El agua de lluvia, impulsada por una bomba, se distribuye a diversas tomas de consumo, sustituyendo alrededor del 50% del agua potable sin pérdida de confort.
9. Filtro: Limpia el agua antes de almacenarla en el depósito, garantizando su calidad. GRAF ofrece diversos sistemas de filtración según las necesidades.

Figura 71. 3D de la instalación de tuberías en el proyecto.



Fuente: Esta investigación.

Figura 72. Planta de la instalación de tuberías en el proyecto.



Fuente: Esta investigación

7. CONCLUSIONES

En cuanto a la tipología de la vivienda en el barrio Carlos Pizarro, se ha determinado que estos módulos de vivienda poseen materiales comúnmente usados en el sector de la construcción, gracias a su bajo presupuesto y al conocimiento para manipular estos elementos. Asimismo, en cuanto a su diseño, el modelo arquitectónico de estas viviendas contempla las zonas básicas necesarias y un área mínima para cada espacio. En relación con las condiciones físicas analizadas, se logró determinar que el diseño de estas viviendas no corresponde a un estudio previamente realizado que responda a las mismas.

De acuerdo con la investigación, y como se establece a través del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), se ha determinado que las viviendas con enfoque en VIS realizadas en la ciudad de San Juan de Pasto, específicamente en el barrio Carlos Pizarro, presentan un alto impacto ambiental negativo. Este impacto es consecuencia del uso de materiales con altas cargas ambientales, lo cual ha sido determinado mediante el análisis del ciclo de vida de los mismos.

Este problema tiene su origen en la falta de planificación urbana y sostenible, lo que permite deducir que la ciudad no contempla la posibilidad de invertir más en viviendas de alta sostenibilidad, como son las viviendas VIS. Es por ello que se procuran usar materiales comúnmente conocidos, pero con una tendencia elevada de impacto ambiental, lo cual a largo plazo es un tema preocupante. Sin embargo, mediante la propuesta realizada en este estudio, que presenta un indicador mucho más bajo, aproximadamente la octava parte del impacto actual, y donde se implementan estrategias de construcción viables para el medio ambiente, se logra desarrollar un modelo aplicable que permite realizar una mitigación del 90% del impacto actual.

Además, esta propuesta aprovecha recursos naturales como la irradiación solar y aguas pluviales para generar un consumo autosuficiente y proporcionar una opción cercana a la sostenibilidad.

Es importante destacar que, al diseñar una vivienda con enfoque sostenible, se debe considerar este aspecto desde la etapa de planificación. Como se demostró en la investigación, reducir el impacto ambiental solo es posible cuando todos los componentes de la vivienda colaboran para alcanzar el objetivo. Es casi imposible lograr una mitigación considerable cuando solo se manipulan uno o dos materiales de los que se pretenden usar en la construcción. Esto se evidencia en la intervención realizada en la vivienda actual, donde solo se modificaron los muros internos con materiales de bajo impacto, logrando reducir tan solo un 0,6% del impacto total.

En cuanto a los resultados obtenidos, es importante aclarar que la vivienda propuesta genera un impacto total de 238.275 mPt, equivalente a 238 toneladas de residuos sólidos generados por personas. Para poner esto en perspectiva, la ciudad

de San Juan de Pasto produce 9.383 toneladas de residuos, al mes según el último informe realizado por la empresa Byveolia. La vivienda propuesta equivale a una cuarentava parte de los desechos producidos por toda la ciudad.

Considerando que el total de viviendas en el barrio es de 237, el equivalente total en toneladas sería de 56.406 toneladas de residuos. Realizando una equivalencia, la ciudad de Bogotá produce 9.000 toneladas de residuos al día, lo que se traduce en 270.000 toneladas mensuales. Por lo tanto, el total de desechos producidos por todas las viviendas del barrio equivaldría a una quinta parte de los desechos totales producidos mensualmente en la ciudad Bogotá.

Finalmente, es importante reflexionar sobre la construcción en Pasto, especialmente en el sector de las viviendas, ya que el uso del suelo en la ciudad muestra que está conformada principalmente por áreas residenciales. Se hace evidente la necesidad de cambiar las técnicas constructivas tradicionales para contribuir a la conservación y preservación del medio ambiente desde el ámbito arquitectónico y el desarrollo urbano. Implementar materiales y métodos sostenibles no solo ayudará a reducir el impacto ambiental, sino que también puede mejorar la calidad de vida de los habitantes al crear viviendas más saludables y eficientes. Esta transformación es crucial para enfrentar los desafíos ambientales actuales y futuros, promoviendo un desarrollo urbano más responsable y sostenible.

8. RECOMENDACIONES

En primera instancia, y considerando el constante desarrollo en la ciudad de San Juan de Pasto, junto con la alta demanda en el sector de la construcción de viviendas, se recomienda continuar con el proceso de investigación para calcular el impacto ambiental que está generando esta importante actividad económica, utilizando la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), conforme a la norma ISO 14040.

Asimismo, se recomienda realizar estudios de caso en viviendas con características similares a las del barrio Carlo Pizarro, siguiendo el método aplicado en esta investigación, basado en el Eco-indicador 99 y la cartilla de medición de impacto, en la que se encuentra diligenciado el impacto de cada material. Esto permitirá realizar comparaciones de mitigación de impacto respecto a la vivienda propuesta. También se sugiere evaluar las condiciones físicas del barrio para determinar diferentes estrategias que permitan construir un modelo de vivienda sostenible. En este contexto, se recomienda el uso de los softwares PV*SOL y DRAJ MARSH, que proporcionan un amplio estudio y nivel de exactitud, permitiendo desarrollar estrategias realistas para la construcción en la ciudad.

En cuanto a los materiales planteados en la investigación, se recomienda en primera instancia analizar las condiciones físicas y topográficas del sector donde se pretende realizar el estudio de la vivienda, con el fin de identificar si las características del sector permiten la intervención con los materiales propuestos. En caso de implementar los materiales sugeridos, o de replantear los materiales usados, se debe realizar un análisis profundo del impacto de los nuevos materiales, asegurando que el impacto generado sea igual o menor al obtenido en este estudio, en tanto la vivienda sugiera las mismas características de las evaluadas en esta investigación.

Cabe resaltar que, si se implementan materiales con un alto porcentaje de reciclaje o totalmente reciclados, los cuales proporcionan impactos negativos y no se encuentran en la cartilla del Eco-indicador, se debe seguir la metodología planteada en esta investigación. Esta metodología basa el valor de impacto en la maquinaria utilizada para la recuperación del material. Igualmente, es importante conocer el impacto inicial de la construcción de cada módulo; para ello, se recomienda seguir el planteamiento de este estudio, que considera la maquinaria utilizada inicialmente para preparar el terreno antes de comenzar la construcción.

Se recomienda al equipo de profesionales responsables del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Pasto realizar evaluaciones pertinentes para futuras edificaciones, con el propósito de regular su impacto en el entorno y así implementar medidas de mitigación y compensación del impacto ambiental. Esto, junto con la continuidad de la investigación sobre vivienda de interés social en altura y otros tipos de edificaciones de alto impacto, permitirá generar modelos de

aplicación que contribuyan al desarrollo de una ciudad sostenible en San Juan de Pasto. De esta manera, desde la arquitectura, se puede diseñar un modelo urbano integral que armonice con el entorno natural, sin comprometer la funcionalidad ni las necesidades urbanas de una ciudad en crecimiento.

9. BIBLIOGRAFIA

ABC MOTOR. Eléctricos vs combustión: diferencias de consumo, rendimiento y coste por kilómetro (en línea). En: DIARIO ABC, S.L (Madrid, España): 2, julio, 2020 (consultada: 25, mayo, 2024). Disponible en la dirección electrónica: https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-electricos-combustion-diferencias-consumo-rendimiento-y-coste-kilometro-202006020150_noticia.html#vca=amp-rss-inducido&vmc=&vso=wh&vli=.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente. Título B-cargas. Responsabilidad subordinada. Primera edición. Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010. P. B-9. Colección. 978-958-97609-3-2. Disponible en la dirección electrónica: <https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>.

AKZONOBEL. Sikkens (en línea). Sikkens (Países bajos): 2021 (consultada: 28, mayo, 2023). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.sikkens.be/nl/alpha-recycle-mat>.

BAUTISTA, Juan David y LOAIZA, Nelson Fabian. La construcción sostenible aplicada a las viviendas de interés social en Colombia. En: Boletín Semillas Ambientales, Bogotá. 2017. Vol.11, No 1. p. 87.

ELIZABETH VALENCIA, Diana. Vivienda sostenible, desde un enfoque teórico y de políticas públicas en Colombia. En: Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 2018. Vol.17, No 33. p 40.

CALDERON URIBE, Franz. Evaluación del mejoramiento del confort térmico con la incorporación de materiales sostenibles en viviendas en autoconstrucción en bosa. Bogotá, Colombia. En: Scielo. Revista hábitat sustentable. Diciembre, 2019, Vol. 9, N°. 2. p. 37.

CAT. Manual de rendimiento. Manual de rendimiento CATERPILLAR (en línea). Caterpillar Inc. Edición 31. Illinois, EE.UU: Caterpillar, 2000. P. 947. Serie. SSB0341. Disponible en la dirección electrónica: <https://es.slideshare.net/slideshow/manual-rendimiento-maquinaria-pesada-caterpillar/32754253>.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana. En: Colombia Potencia de la Vida. (Bogotá, D.C): Julio, 2012 (Consultada: 1, noviembre, 2023). Disponible en la dirección electrónica: https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Cartilla_Criterios_Ambientales_Disenio_y_Construccion_de_Vivienda_Urbana.pdf.

COLLINGNO, Marcel. Tablas de impacto. Anexo eco indicador 99. Tercera edición. 3821 BB Amersfoort. PRé Consultans B.V. 1999. Pág. 28. Consultado: 11 de mayo de 2024. Disponible en: https://proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Herramientas/Eco%20indicador%2099%20ca.pdf.

DIAZ MALDONADO, Javier Felipe. Diagnóstico de impactos ambientales de proyectos de viviendas VIS y VIP en la ciudad de Tunja. Trabajo de grado en Ingeniería Civil. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Programa de Ingeniería Civil, 2020. p. 89.

DIAZ MALDONADO, Javier Felipe. Diagnóstico de impactos ambientales de proyectos de viviendas VIS y VIP en la ciudad de Tunja. Trabajo de grado en Ingeniería Civil. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Programa de Ingeniería Civil, 2020. p. 89.

ESCALLÓN, Clemencia. La vivienda de interés social en Colombia, principios y retos (en línea) En: Revista de ingeniería. Facultad de ingeniería de la Universidad de los Andes (Bogotá-Colombia) 2011 (Consultada 13, agosto, 2023). Disponible en la dirección electrónica: <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/149>.

GOEDKOOOP, Mark; EFFTING, Suzzane y COLLINGNO, Marcel. Anexo eco indicador 99: Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del Ciclo de Vida. Tercera edición. Lugar de publicación: Amersfoort-Países Bajos. PRé Consultans B.V. 1999. Pág. 4. Consultado: 5 de octubre de 2023. Disponible en la dirección electrónica: https://proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Herramientas/Eco%20indicador%2099%20ca.pdf.

GOEDKOOOP, Mark; EFFTING, Suzzane y COLLINGNO, Marcel. Anexo eco indicador 99: Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del Ciclo de Vida. Tercera edición. Lugar de publicación: Amersfoort-Países Bajos. PRé Consultans B.V. 1999. Pág. 25 y 27. Consultado: 25 de abril de 2024. Disponible en la dirección electrónica: https://proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Herramientas/Eco%20indicador%2099%20ca.pdf.

GOEDKOOOP, Mark; EFFTING, Suzzane y COLLINGNO, Marcel. Anexo eco indicador 99: Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del Ciclo de Vida. Tercera edición. Lugar de publicación: Amersfoort-Países Bajos. PRé Consultans B.V. 1999. Pág. 29. Consultado: 5 de mayo de 2024. Disponible en la dirección electrónica: https://proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Herramientas/Eco%20indicador%2099%20ca.pdf.

GUTIÉRREZ OBESO, Orlando y SIERRA MÁRQUEZ, Euxis Kismet. Estudiantes de doctorado en Tecnología Avanzada del Centro de Investigación e Innovación Tecnológica. Ciudad de México. Entrevista publicada, 2019.

GRAF. Funcionamiento de un sistema de recuperación de agua de lluvia casa y jardín (en línea). En: Graf (Alemania): 2024 (consultada: 20, mayo, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.graf.info/es/depositos-soterrados/como-recuperar-agua-de-lluvia/sistema-casa-y-jardin.html>.

GRAF. Separador de grasas para el uso en lugares donde el agua esté contaminada con grasas y aceites (en línea). En: Graf (Alemania): 2024 (consultada: 21, mayo, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.graf.info/es/separadores/separadores-de-grasas/separador-de-grasas-saphir.html>.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC. Colombia en mapas (en línea). En: Colombia potencia de vida (Bogotá D.C): 2021 (consultada: 24, agosto, 2023). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.colombiaenmapas.gov.co/>.

IPARRAGUERRI, Nestor. La vida útil de la vivienda social debe ser el eje de la planificación de obra (en línea). En: UNICER Instituto de Investigación y desarrollo. (Buenos Aires): 2017 (consultada: 10, agosto, 2023). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.unicer.com.ar/notas/buenas-practicas102017.html>.

MOGICA, Paola y CUELLA, Sergio. Construcciones sostenibles: materiales de bajo impacto ambiental. En: Industria y Comercio Superintendencia (Bogotá): noviembre, 2022 (consultada: 13, octubre, 2023). Disponible en la dirección electrónica: https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/2022/Construcciones_Boletin.pdf.

MÜLLER, Ernest. Análisis térmico y recomendaciones para el diseño de casas solares pasivas y la difusión de viviendas sustentables. En: ResearchGate. análisis térmico y recomendaciones para el diseño de casas solares pasivas y la difusión de viviendas sustentables. Florianópolis-Brasil. noviembre, 2008, Conferencia: II Congresso Brasileiro de Energía Solar e III. p. 10.

NATURAL PLANET. Lámina de teja de polialuminio ecológico (en línea). En: Natural planet (México): 16, febrero, 2021 (consultada: 25, mayo, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://naturalplanet.com.mx/product/tipo-asbesto-2/>.

NATURAL PLANET. Lámina de teja de polialuminio ecológico (en línea). En: Natural planet (México): 16, febrero, 2021 (consultada: 25, mayo, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://naturalplanet.com.mx/product/caballote-cumbrera-t-a/>.

PARDO, Andrés Felipe, et al. Introducción a la construcción sostenible (en línea). En: Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (Bogotá): 2020 (consultada 10, agosto, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.cccs.org.co/wp/mitigacion/guia-introduccion-a-la-construccion-sostenible/>.

PICAZO CARREÑO, Albert. Proyecto de una vivienda sostenible a partir del sistema constructivo denominado "Bahareque". En: Escuela Politécnica Superior de Edificación, Barcelona. 2013. p 5.

SANTANA, María; BONILLA, Juan y CASTILLO, Carlos. RANGO DE CONSUMO BÁSICO. Documento de trabajo proyecto general. Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico. Primera edición. Bogotá: MINVIVIEDA, 2015. V03, P.19. Disponible en la dirección electrónica: https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/original/documents/Documento_de_Trabajo_y_Participacion_Ciudadana_750.pdf.

TIKTiN, Juan. Procedimientos generales de construcción. Movimiento de tierras. Responsabilidad subordinada. Tercera edición. Madrid-España: E.T.S . Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1997. P. 42. Colección. 84-7493-204-1. Disponible en la dirección electrónica: https://oa.upm.es/67524/1/movimiento_tierras.pdf.

TIKTiN, Juan. Procedimientos generales de construcción. Movimiento de tierras. Responsabilidad subordinada. Tercera edición. Madrid-España: E.T.S . Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1997. P. 42. Colección. 84-7493-204-1. Disponible en la dirección electrónica: https://oa.upm.es/67524/1/movimiento_tierras.pdf.

WEATHER ATLAS. Clima y previsión meteorológica mensual Pasto, Colombia (en línea). En: weather atlas (Serbia): 27, mayo, 2024 consultada: 10, mayo, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.weather-atlas.com/es/colombia/pasto-clima>.

ZAPETER, Carlos. Determinación del rendimiento de una retroexcavadora marca Caterpillar 420e de 94hp para el movimiento de tierras (en línea). Ingeniería civil. Machala, Ecuador: Universidad técnica de Machala. Facultad de ingeniería civil, 2017. P.11. Disponible en la dirección electrónica: https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11008/1/TUAIC_2017_IC_CD0065.pdf.

ZAPETER, Carlos. Determinación del rendimiento de una retroexcavadora marca Caterpillar 420e de 94hp para el movimiento de tierras (en línea). Ingeniería civil. Machala, Ecuador: Universidad técnica de Machala. Facultad de ingeniería civil, 2017. P.15. Disponible en la dirección electrónica: [https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11008/1/TUAIC_2017_IC_CD0065.p
d](https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11008/1/TUAIC_2017_IC_CD0065.pdf)

10. ANEXOS

Anexo 1. Masas de los materiales

Material	Densidad (kg/m ³)	Material	Densidad (kg/m ³)
Acero	7 800	Mortero de inyección para mampostería	2 250
Agua		Mortero de pega para mampostería	2 100
Dulce	1 000	Piedra	
Marina	1 030	Caliza, mármol, cuarzo	2 700
Aluminio	2 700	Basalto, granito, gneis	2 850
Arena		Arenisca	2 200
Limpia y seca	1 440	Pizarra	2 600
Seca de río	1 700	Plomo	11 400
Baldosa cerámica	2 400	Productos bituminosos	
Bronce	8 850	Asfalto y alquitrán	1 300
Cal		Gasolina	700
Hidratada suelta	500	Grafito	2 160
Hidratada compacta	730	Parafina	900
Carbón, apilado	800	Petróleo	850
Carbón vegetal	200	Relleno de ceniza	920
Cemento pórtland, a granel	1 440	Tableros de madera aglutinada	750
Cobre	9 000	Terracota	
Concreto simple	2 300	Poros saturados	1 950
Concreto reforzado	2 400	Poros no saturados	1 150
Corcho, comprimido	250	Tierra	
Estaño	7 360	Arcilla húmeda	1 750
Grava seca	1 660	Arcilla seca	1 100
Hielo	920	Arcilla y grava seca	1 600
Hierro		Arena y grava húmeda	1 900
Fundido	7 200	Arena y grava seca apisonada	1 750
Forjado	7 700	Arena y grava seca suelta	1 600
Latón	8 430	Limo húmedo consolidado	1 550
Madera laminada	600	Limo húmedo suelto	1 250
Madera seca	450-750	Vidrio	2 600
Mampostería de concreto	2 150	Yeso en tableros para muros	800
Mampostería de ladrillo macizo	1 850	Yeso suelto	1 150
Mampostería de piedra	2 200	Zinc en láminas enrolladas	7 200

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente. Título B-cargas. Responsabilidad subordinada. Primera edición. Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010. P. B-9. Colección. 978-958-97609-3-2. Disponible en la dirección electrónica: <https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>.

Anexo 2. Herramienta para cálculo de volumen y masa de acero.

CALCULO ACERO ESTRUCTURAL EN VIGAS										
N	EJES VIGAS	LONGITUD ML	LONGITUD TOTAL	CANTIDAD	LONG. TOTAL	LONG. TOTAL				
4	VARILLAS A - B - C	10,90	11,26	12	135,12	234,64				
4	VARILLAS 1 - 2 - 3 - 4	5,86	6,22	16	99,52					
2	ESTRIBOS A - B - C	0,64	0,86	192	165,12	285,52				
2	ESTRIBOS 1 - 2 - 3 - 4	0,64	0,86	140	120,40					
CALCULO ACERO ESTRUCTURAL										
VOLUMEN ACERO VIGAS CIMENTACIÓN, VIGAS CUMBRERAS, VIGAS AEREAS N°4	RADIO	AREA M2	LONG. TOTAL	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG	MASA CIMENTACIÓN KG			
	0,0064	0,000127	234,64	0,030	7800	231,73	695,18			
VOLUMEN ACERO ESTRIBOS VIGAS CIMENTACIÓN, VIGAS CUMBRERAS, VIGAS AEREAS N°2	RADIO	AREA M2	LONG. TOTAL	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG	MASA KG			
	0,0032	0,000032	285,52	0,009	7800	71,61	214,82			
CALCULO ACERO ESTRUCTURAL COLUMNAS										
ACERO COLUMNAS Y CUERPO DE COLUMNA	LONG. VARILLA (ML)	CANTIDAD	LONG. TOTAL (ML)	TOTAL COLUMNAS	LONG. TOTAL COLUMNAS	LONG. TOTAL				
	5,4	4	21,6	3	64,8	191,6				
	4,9	4	19,6	3	58,8					
	4,4	4	17,6	1	17,6					
	4,2	4	16,8	3	50,4					
CALCULO ACERO ESTRUCTURAL COLUMNAS										
VOLUMEN ACERO COLUMNAS 5/8	RADIO	AREA M2	LONG. TOTAL COLUMNAS	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG				
	0,007950	0,000198	192	0,04	7800	296,59				
CALCULO ACERO ESTRUCTURAL ESTRIBOS COLUMNA										
ACERO ESTRIBOS	VARILLA ESTRIBO HORIZONTAL	VARILLA ESTRIBO VERTICAL	GANCHOS	LONGITUD	# DE ESTRIBOS COLUMNA	TOTAL COLUMNAS	LONG. TOTAL ESTRIBOS			
	0,4	0,4	0,2	1	63	3	189			
CALCULO ACERO ESTRUCTURAL ESTRIBOS COLUMNA										
VOLUMEN ACERO ESTRIBOS 3/8	RADIO	AREA M2	LONG. TOTAL ESTRIBOS	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG				
	0,004750	0,000071	189	0,0134	7800	104,44				
CALCULO ACERO ESTRUCTURAL ZAPATAS										
ACERO ZAPATAS	LONG. PARRILLA	GANCHOS	LONG. TOTAL (ML)	SEPARACION	NUMERO DE VARILLAS	SENTIDOS	TOTAL VARILLAS	TOTAL ML ZAPATA	# DE ZAPATAS	TOTAL ML
	0,9	0,2	1,1	0,15	6	2	12	13,2	13	171,6
CALCULO ACERO ESTRUCTURAL ZAPATAS										
VOLUMEN ACERO ZAPATA 3/8	RADIO	AREA M2	TOTAL ML ZAPATAS	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG				
	0,004750	0,000071	171,6	0,0122	7800	94,83				

Anexo 3. Cálculo de la masa en vigas y zapatas de cimentación.

INVENTARIO DE MATERIALES										
MATERIAL	ID	FORMA	FORMULA	BASE	H1	AREA B M2	H2	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
VIGAS DE CIMENTACIÓN EN CONCRETO	VC1	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	2,92	0,30	0,88	0,32	0,28	2400	672,8
	VC2	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	2,64	0,30	0,79	0,32	0,25	2400	608,3
	VC3	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	2,73	0,30	0,82	0,32	0,26	2400	629,0
	VC4	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	3,23	0,30	0,97	0,32	0,31	2400	744,2
	VC5	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	4,63	0,30	1,39	0,32	0,44	2400	1066,8
	VC6	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	5,56	0,30	1,67	0,32	0,53	2400	1281,0
	VC7	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	5,56	0,30	1,67	0,32	0,53	2400	1281,0
	VC8	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	5,56	0,30	1,67	0,32	0,53	2400	1281,0
	VC9	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	10,60	0,30	3,18	0,32	1,02	2400	2442,2
	VC10	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	10,60	0,30	3,18	0,32	1,02	2400	2442,2
TOTAL M3								5,19	12449	
TOTAL KG										
ZAPATAS DE CIMENTACIÓN EN CONCRETO	ZAPATA L 1	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16	2400	378,0
	ZAPATA L 2	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16	2400	378,0
	ZAPATA L 3	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16	2400	378,0
	ZAPATA L 4	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16	2400	378,0
	ZAPATA L 5	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16	2400	378,0
	ZAPATA L 6	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16	2400	378,0
	ZAPATA L 7	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16	2400	378,0
	ZAPATA L 8	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,70	0,90	0,63	0,25	0,16	2400	378,0
	ZAPATA 9	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,90	0,90	0,81	0,25	0,20	2400	486,0
	ZAPATA 10	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,90	0,90	0,81	0,25	0,20	2400	486,0
	ZAPATA 11	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,90	0,90	0,81	0,25	0,20	2400	486,0
	ZAPATA E 12	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,70	0,70	0,49	0,25	0,12	2400	294,0
	ZAPATA E 13	PRISMA, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,70	0,70	0,49	0,25	0,12	2400	294,0
TOTAL M3								2,11	5070	

Anexo 4. Cálculo de la masa de columnas y cuerpo de columnas.

INVENTARIO DE MATERIALES										
MATERIAL	ID	FORMA	FORMULA	BASE 1	BASE 2	M2	H	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
CUERPO COLUMNAS EN CONCRETO	CC1	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06	2400	136
	CC2	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06	2400	136
	CC3	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06	2400	136
	CC4	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06	2400	136
	CC5	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06	2400	136
	CC6	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06	2400	136
	CC7	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06	2400	136
	CC8	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06	2400	136
	CC9	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06	2400	136
	CC10	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06	2400	136
	CC11	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06	2400	136
	CC12	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06	2400	136
	CC13	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,63	0,06	2400	136
TOTAL M3								0,74	1769	
TOTAL KG										
COLUMNAS EN CONCRETO	T1 C1	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27	2400	648
	T1 C2	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27	2400	648
	T1 C3	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27	2400	648
	T1 C4	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27	2400	648
	T1 C5	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27	2400	648
	T1 C6	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27	2400	648
	T1 C7	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27	2400	648
	T1 C8	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27	2400	648
	T1 C9	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27	2400	648
	T1 C10	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27	2400	648
	T1 C11	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27	2400	648
	T1 C12	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27	2400	648
	T1 C13	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	3,0	0,27	2400	648
	T2 C14	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	1,24	0,11	2400	267,8
	T2 C15	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	1,24	0,11	2400	267,8
	T2 C16	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	1,24	0,11	2400	267,8
	T2 C17	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,7	0,06	2400	151,2
	T2 C18	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,7	0,06	2400	151,2
	T2 C19	PRISMA RECTO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	0,7	0,06	2400	151,2
TOTAL M3								3,62	9681	

Anexo 5. Cálculo de la masa de vigas cunbreras y aéreas.

INVENTARIO DE MATERIALES										
MATERIAL	ID	FORMA	FORMULA	AREA BASE	ALTURA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG		
VIGAS CUNBRERAS EN CONCRETO	V1	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,37	0,30	0,11	2400	266,4		
	V2	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,37	0,30	0,11	2400	266,4		
	V3	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,37	0,30	0,11	2400	266,4		
	V4	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,004	0,30	0,0012	2400	2,9		
	V5	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,004	0,30	0,0012	2400	2,9		
	V6	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,004	0,30	0,0012	2400	2,9		
	V7	PRISMA TRAPEZOIDAL, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,00013	0,30	0,00004	2400	0,1		
	V8	PRISMA TRAPEZOIDAL, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,00013	0,30	0,00004	2400	0,1		
	V9	PRISMA TRAPEZOIDAL, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,00013	0,30	0,00004	2400	0,1		
	V10	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,90	2,40	2,16	2400	5184		
	V11	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,90	2,40	2,16	2400	5184		
	V12	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,90	2,40	2,16	2400	5184		
	V13	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,90	2,60	2,61	2400	6264		
	V14	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,90	2,60	2,61	2400	6264		
	V15	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,90	2,60	2,61	2400	6264		
	V16	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,008	0,30	0,0023	2400	5,4		
	V17	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,008	0,30	0,0023	2400	5,4		
	V18	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,008	0,30	0,0023	2400	5,4		
	V19	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,27	0,30	0,0810	2400	194,4		
	V20	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,27	0,30	0,0810	2400	194,4		
	V21	PRISMA TRIANGULAR, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,27	0,30	0,0810	2400	194,4		
	V22	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,90	2,60	2,34	2400	5616		
	V23	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,90	2,60	2,34	2400	5616		
	V24	PRISMA OBLICUO, BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,90	2,60	2,34	2400	5616		
TOTAL M3						21,92	52599,52			
TOTAL KG										
VIGAS AEREAS EN CONCRETO	V1	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	11,40	1,03	2400	2462,4
	V2	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	11,40	1,03	2400	2462,4
	V3	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	11,40	1,03	2400	2462,4
	V4	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	2,34	0,21	2400	505,4
	V5	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	2,34	0,21	2400	505,4
	V6	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	2,34	0,21	2400	505,4
	V7	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	2,34	0,21	2400	505,4
	V8	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	2,60	0,23	2400	561,6
	V9	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	2,60	0,23	2400	561,6
	V10	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	2,60	0,23	2400	561,6
	V11	PRISMA BASE RECTANGULAR	$A=Bx \times V=Abx \times h$	0,30	0,30	0,09	2,60	0,23	2400	561,6
TOTAL M3								4,86	11655,4	

Anexo 6. Herramienta para cálculo de la masa de muros en ladrillo.

INVENTARIO DE MATERIALES											
MATERIAL	MURO	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ANCHURA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG		
M1	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,50	0,12	0,72	1850	1332			
M2	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	0,40	2,50	0,12	0,12	1850	222			
M3	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,90	2,50	0,12	0,87	1850	1609,5			
M4	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	4,30	2,50	0,12	1,29	1850	2386,5			
M5	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,60	2,50	0,12	0,78	1850	1443			
M6	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,30	2,50	0,12	0,69	1850	1276,5			
M7	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,60	2,50	0,12	0,48	1850	888			
M8	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,50	0,12	0,72	1850	1332			
M9	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,90	2,50	0,12	0,87	1850	1609,5			
M10	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,50	0,12	0,72	1850	1332			
M11	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	0,40	2,50	0,12	0,12	1850	222			
M12	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,90	2,50	0,12	0,87	1850	1609,5			
M13	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,70	2,50	0,12	0,81	1850	1498,5			
M14	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,70	2,50	0,12	0,81	1850	1498,5			
M15	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,60	0,80	0,12	0,15	1850	284,16			
M16	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,70	0,80	0,12	0,16	1850	301,92			
TOTAL M3				10,19				18845,58			
TOTAL KG											
MUROS EN LADRILLO											
M17	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,30	2,5	0,12	0,69	0,54	0,15	1850	277,5	
M18	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,5	0,12	0,72	0,23	0,49	1850	501,32	
M19	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	3,00	2,5	0,12	0,90	0,43	0,43	1850	801,42	
M20	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	3,30	2,5	0,12	0,99	0,45	0,54	1850	994,56	
M21	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,30	2,5	0,12	0,39	0,20	0,19	1850	350,76	
M22	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	3,00	2,5	0,12	0,90	0,45	0,45	1850	828,06	
M23	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,60	2,5	0,12	0,78	0,40	0,38	1850	710,4	
TOTAL M3				2,63				4864,02			
TOTAL KG											
M24	PRISMA, BASE TRIANGULAR	A= b*h/2 Vp= Ab*h	1,08		0,12	0,13	1850	239,76			
M25	PRISMA, BASE TRIANGULAR	A= b*h/2 Vp= Ab*h	0,52		0,12	0,06	1850	115,44			
M26	PRISMA, BASE TRIANGULAR	A= b*h/2 Vp= Ab*h	1,08		0,12	0,13	1850	239,76			
M27	PRISMA, BASE TRIANGULAR	A= b*h/2 Vp= Ab*h	0,52		0,12	0,06	1850	115,44			
TOTAL M3				0,38				710,4			
TOTAL KG											
M8	PRISMA TRAPEZOID, BASE RECTANGULAR	A= B*h/2 + h Vp= Ab*h	4,20		0,12	0,50	1850	932,4			
M9	PRISMA TRAPEZOID, BASE RECTANGULAR	A= B*h/2 + h Vp= Ab*h	5,20		0,12	0,62	1850	1154,4			
TOTAL M3				1,13				2086,8			
TOTAL KG											
TOTAL M3				14,33				26506,8			
TOTAL KG											

Anexo 7. Herramienta para cálculo de la masa de mortero.

INVENTARIO DE MATERIALES											
MATERIAL	MURO	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ANCHURA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG		
M1	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,50	0,01	0,06	2100	126			
M2	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	0,40	2,50	0,01	0,11	2100	21			
M3	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,90	2,50	0,01	0,07	2100	152,25			
M4	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	4,30	2,50	0,01	0,11	2100	225,75			
M5	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,30	2,50	0,01	0,06	2100	136,5			
M6	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,60	2,50	0,01	0,04	2100	84			
M7	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,50	0,01	0,06	2100	126			
M8	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,90	2,50	0,01	0,07	2100	152,25			
M9	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,50	0,01	0,06	2100	126			
M10	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	0,40	2,50	0,01	0,01	2100	21			
M11	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,90	2,50	0,01	0,07	2100	152,25			
M12 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,70	2,50	0,01	0,07	2100	141,75			
M13 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,70	2,50	0,01	0,07	2100	141,75			
M14 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,70	2,50	0,01	0,07	2100	141,75			
M15 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,60	0,80	0,01	0,01	2100	28,8			
M16 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,70	0,80	0,01	0,01	2100	28,56			
M12 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,90	2,50	0,01	0,07	2100	152,25			
M13 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,70	2,50	0,01	0,07	2100	141,75			
M14 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,70	2,50	0,01	0,07	2100	141,75			
M15 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,60	0,80	0,01	0,01	2100	28,8			
M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,70	0,80	0,01	0,01	2100	28,56			
TOTAL M3				1,88				2273,88			
TOTAL KG											
MORTERO											
M17	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,30	2,5	0,01	0,06	0,01	0,01	2100	26,25	
M18 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,5	0,01	0,06	0,02	0,04	2100	85,26	
M19 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	3,00	2,5	0,01	0,08	0,04	0,04	2100	75,81	
M20 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	3,30	2,5	0,01	0,08	0,04	0,04	2100	91,56	
M21 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,30	2,5	0,01	0,02	0,02	0,02	2100	33,18	
M18 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,5	0,01	0,06	0,04	0,04	2100	85,26	
M19 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	3,00	2,5	0,01	0,08	0,04	0,04	2100	75,81	
M20 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	3,30	2,5	0,01	0,08	0,04	0,04	2100	91,56	
M21 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,30	2,5	0,01	0,03	0,02	0,02	2100	33,18	
M22 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,60	2,5	0,01	0,07	0,04	0,03	2100	57,33	
M22 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,60	2,5	0,01	0,07	0,04	0,03	2100	57,33	
M23	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	3,00	2,5	0,01	0,08	0,03	0,04	2100	88,2	
TOTAL M3				0,38				800,73			
TOTAL KG											
M24	PRISMA, BASE TRIANGULAR	A= b*h/2 Vp= Ab*h	0,005		0,01	0,0001	2100	0,105			
M25	PRISMA, BASE TRIANGULAR	A= b*h/2 Vp= Ab*h	0,01		0,01	0,0001	2100	0,105			
M26	PRISMA, BASE TRIANGULAR	A= b*h/2 Vp= Ab*h	0,005		0,01	0,0001	2100	0,105			
M27	PRISMA, BASE TRIANGULAR	A= b*h/2 Vp= Ab*h	0,01		0,01	0,0001	2100	0,21			
TOTAL M3				0,0003				0,525			
TOTAL KG											
M8	PRISMA TRAPEZOID, BASE RECTANGULAR	A= B*h/2 + h Vp= Ab*h	0,002		0,01	0,00	2100	0,042			
M9	PRISMA TRAPEZOID, BASE RECTANGULAR	A= B*h/2 + h Vp= Ab*h	1,002		0,01	0,01	2100	21,042			
TOTAL M3				0,01				21,609			
TOTAL KG											
TOTAL M3				1,47				3096,74			
TOTAL KG											

Anexo 8. Herramienta para cálculo de la masa de pintura.

INVENTARIO DE MATERIALES											
MATERIAL	MURO	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ANCHURA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG		
M1	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,50	0,005	0,03	1421	42,63			
M2	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	0,40	2,50	0,005	0,01	1421	21,11			
M3	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,90	2,50	0,005	0,04	1421	51,51			
M4	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	4,30	2,50	0,005	0,06	1421	76,38			
M5	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,60	2,50	0,005	0,03	1421	48,18			
M6	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,30	2,50	0,005	0,03	1421	40,85			
M7	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,60	2,50	0,005	0,02	1421	28,42			
M8	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,50	0,005	0,03	1421	42,63			
M9	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,90	2,50	0,005	0,04	1421	51,51			
M10	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,50	0,005	0,03	1421	42,63			
M11	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	0,40	2,50	0,005	0,01	1421	7,11			
M12 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,90	2,50	0,005	0,04	1421	51,51			
M13 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,70	2,50	0,005	0,03	1421	47,96			
M14 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,70	2,50	0,005	0,03	1421	47,96			
M15 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,60	0,80	0,005	0,01	1421	9,66			
M16 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,70	0,80	0,005	0,01	1421	9,66			
M12 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,90	2,50	0,005	0,04	1421	51,51			
M13 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,70	2,50	0,005	0,03	1421	47,96			
M14 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,70	2,50	0,005	0,03	1421	47,96			
M15 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,60	0,80	0,005	0,01	1421	9,09			
M16 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,70	0,80	0,005	0,01	1421	9,66			
TOTAL M3				0,54				769,33			
TOTAL KG											
PINTURA											
M17	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,30	2,5	0,005	0,03	0,02	0,01	1421	8,88	
M18 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,5	0,005	0,03	0,02	0,02	1421	28,85	
M19 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	3,00	2,5	0,005	0,04	0,02	0,02	1421	25,65	
M20 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	3,30	2,5	0,005	0,04	0,02	0,02	1421	30,98	
M21 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	1,30	2,5	0,005	0,02	0,01	0,01	1421	11,23	
M18 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,5	0,005	0,03	0,02	0,02	1421	28,85	
M19 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	3,00	2,5	0,005	0,04	0,02	0,02	1421	25,65	
M20 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	3,30	2,5	0,005	0,04	0,02	0,02	1421	30,98	
M21 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,40	2,5	0,005	0,02	0,01	0,01	1421	9,31	
M22 A	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,60	2,5	0,005	0,03	0,02	0,01	1421	19,40	
M22 B	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	2,60	2,5	0,005	0,03	0,02	0,01	1421	19,40	
M23	PRISMA, BASE RECTANGULAR	V= B*H*A	3,00	2,5	0,005	0,04	0,02	0,02	1421	29,94	
TOTAL M3				0,19				269,00			
TOTAL KG											
TOTAL M3				0,73				1038,3			
TOTAL KG											

Anexo 9. Herramienta para cálculo de la masa de cerámica.

INVENTARIO DE MATERIALES										
MATERIAL	ZONAS	FORMA	FORMULA	AREA 1	ALTURA	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG		
CERAMICA	HABITACION 1	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abxh$	9,17	0,007	0,06	2400	154,06		
	HABITACION 2	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abxh$	8,67	0,007	0,06	2400	145,66		
	HABITACION 3	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abxh$	8,96	0,007	0,06	2400	150,53		
	COCINA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abxh$	6,56	0,007	0,05	2400	110,21		
	TERRAZA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abxh$	5,88	0,007	0,04	2400	98,78		
	SALA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abxh$	16,19	0,007	0,11	2400	271,99		
	BAÑO	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abxh$	2,72	0,007	0,02	2400	45,70		
	PARED BAÑO 1	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abxh$	2,20	0,007	0,02	2400	36,96		
	PARED BAÑO 2	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abxh$	2,20	0,007	0,02	2400	36,96		
	PARED BAÑO 3	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abxh$	4,60	0,007	0,03	2400	77,28		
	PARED BAÑO 4	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abxh$	4,60	0,007	0,03	2400	77,28		
	PARED COCINA 1	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abxh$	1,32	0,007	0,01	2400	22,18		
	PARED COCINA 2	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=Abxh$	3,60	0,007	0,03	2400	60,48		
	TOTAL M3						0,54	1288,06		
	TOTAL KG									

Anexo 10. Cálculo de la masa de vidrio y marco de ventanas.

INVENTARIO DE MATERIALES									
MATERIAL	ZONAS	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ESPESOR	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
VIDRIO VENTANAS 4MM	VENTA 1	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,50	1,10	0,004	0,0022	2600	5,72
	VENTANA 1 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	1,80	1,10	0,004	0,0070	2600	18,304
	VENTANA 1 B	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	1,60	0,30	0,004	0,0019	2600	4,992
	VENTANA 1 C	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,50	0,30	0,004	0,0006	2600	1,56
	VENTANA 2	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,50	1,10	0,004	0,0022	2600	5,72
	VENTANA 2 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,80	1,10	0,004	0,0035	2600	9,152
	VENTANA 2 B	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,50	0,30	0,004	0,0006	2600	1,56
	VENTANA 2 C	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,80	0,30	0,004	0,0010	2600	2,496
	VENTANA 3	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,30	0,30	0,004	0,0004	2600	0,936
	VENTANA 3 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,70	0,30	0,004	0,0008	2600	2,184
	VENTANA 3 B	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,30	0,30	0,004	0,0004	2600	0,936
	VENTANA 3 C	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,30	0,90	0,004	0,0011	2600	2,808
	VENTANA 3 D	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,70	0,90	0,004	0,0025	2600	6,552
	VENTANA 3 E	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,30	0,90	0,004	0,0011	2600	2,808
	VENTANA 4	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,30	0,30	0,004	0,0004	2600	0,936
	VENTANA 4 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,70	0,30	0,004	0,0008	2600	2,184
	VENTANA 4 B	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,30	0,30	0,004	0,0004	2600	0,936
	VENTANA 4 C	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,30	0,90	0,004	0,0011	2600	2,808
	VENTANA 4 D	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,70	0,90	0,004	0,0025	2600	6,552
	VENTANA 4 E	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,30	0,90	0,004	0,0011	2600	2,808
VENTANA 5	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	1,00	1,30	0,004	0,0052	2600	13,52	
VENTANA 5 A	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,40	1,30	0,004	0,0021	2600	5,408	
TOTAL M3						0,039	100,9		
TOTAL KG									
MARCO VENTANAS EN HIERRO	VENTANA 1	$Am=Ah - Av V=Am^2 E P=V^2P$	3,30	2,94	0,36	0,05	0,02	7200	129,6
	VENTANA 2	$Am=Ah - Av V=Am^2 E P=V^2P$	2,25	1,82	0,43	0,05	0,02	7200	154,8
	VENTANA 3	$Am=Ah - Av V=Am^2 E P=V^2P$	1,95	1,56	0,39	0,05	0,02	750	14,6
	VENTANA 4	$Am=Ah - Av V=Am^2 E P=V^2P$	1,95	1,56	0,39	0,05	0,02	750	14,6
	VENTANA 5	$Am=Ah - Av V=Am^2 E P=V^2P$	2,10	1,82	0,28	0,05	0,01	7200	100,8
	TOTAL M3						0,09	414	
TOTAL KG									

Anexo 11. Cálculo de la masa de marcos de puertas y puertas.

INVENTARIO DE MATERIALES									
MATERIAL	ZONAS	FORMA	FORMULA	BASE	ALTURA	ESPESOR	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
PUERTAS INTERNAS Y EXTERNAS EN MADERA Y LAMINA DE HIERRO	PUERTA LAMINA 1 EXTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,80	2,40	0,020	0,0384	7200	276,5
	PUERTA LAMINA 2 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,70	2,20	0,020	0,03	7200	221,76
	PUERTA MADERA 1 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,80	2,20	0,035	0,0616	750	46,2
	PUERTA MADERA 2 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,80	2,20	0,035	0,0616	750	46,2
	PUERTA MADERA 3 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,80	2,20	0,035	0,0616	750	46,2
PUERTA MADERA 4 INTERNA	PRISMA BASE RECTANGULAR	$V=B^2H^2$	0,70	2,20	0,035	0,05	750	40,4	
TOTAL M3						0,3079	677,3		
TOTAL KG									
MARCO PUERTAS EN MADERA	PUERTA LAMINA 1 EXTERNA	$Am=Ah - Av V=Am^2 E P=V^2P$	2,25	1,92	0,33	0,05	0,02	7200	118,8
	PUERTA LAMINA 2 INTERNA	$Am=Ah - Av V=Am^2 E P=V^2P$	1,87	1,54	0,13	0,05	0,01	7200	46,8
	PUERTA MADERA 1 INTERNA	$Am=Ah - Av V=Am^2 E P=V^2P$	1,94	1,76	0,18	0,035	0,01	750	4,7
	PUERTA MADERA 2 INTERNA	$Am=Ah - Av V=Am^2 E P=V^2P$	1,94	1,76	0,18	0,035	0,01	750	4,7
	PUERTA MADERA 3 INTERNA	$Am=Ah - Av V=Am^2 E P=V^2P$	1,94	1,76	0,18	0,035	0,01	750	4,7
	PUERTA MADERA 4 INTERNA	$Am=Ah - Av V=Am^2 E P=V^2P$	1,67	1,54	0,13	0,035	0,005	750	3,4
TOTAL M3						0,04	183,19		
TOTAL KG									

Anexo 12. Cálculo de la masa de láminas de fibrocemento.

INVENTARIO DE MATERIALES				
MATERIAL	MEDIDAS	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
CUBIERTA TEJA EN FIBROCEMENTO	TEJA 1	0,024	1440	34,56
	TEJA 2	0,024	1440	34,56
	TEJA 3	0,024	1440	34,56
	TEJA 4	0,024	1440	34,56
	TEJA 5	0,029	1440	41,76
	TEJA 6	0,029	1440	41,76
	TEJA 7	0,024	1440	34,56
	TEJA 8	0,024	1440	34,56
	TEJA 9	0,024	1440	34,56
	TEJA 10	0,024	1440	34,56
	TEJA 11	0,029	1440	41,76
	TEJA 12	0,029	1440	41,76
	TEJA 13	0,020	1440	28,80
	TEJA 14	0,020	1440	28,80
	TEJA 15	0,020	1440	28,80
	TEJA 16	0,020	1440	28,80
	TEJA 17	0,024	1440	34,56
	TEJA 18	0,024	1440	34,56
	TEJA 19	0,010	1440	14,40
	TEJA 20	0,010	1440	14,40
	TEJA 21	0,010	1440	14,40
	TEJA 22	0,010	1440	14,40
	TEJA 23	0,012	1440	17,28
	TEJA 24	0,012	1440	17,28
	CABALLETE 1	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 2	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 3	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 4	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 5	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 6	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 7	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 8	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 9	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 10	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 11	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 12	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 13	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 14	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 15	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 16	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 17	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 18	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 19	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 20	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 21	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 22	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 23	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 24	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 25	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 26	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 27	0,001	1440	1,44
	CABALLETE 28	0,001	1440	1,44
CABALLETE 29	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 30	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 31	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 32	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 33	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 34	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 35	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 36	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 37	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 38	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 39	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 40	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 41	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 42	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 43	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 44	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 45	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 46	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 47	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 48	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 49	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 50	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 51	0,001	1440	1,44	
CABALLETE 52	0,001	1440	1,44	
	TOTAL M3	0,6		
	TOTAL KG		795	

Anexo 13. Cálculo de la masa de tejas y piso de concreto.

LAMINAS DE SUPERBOARD PARA CIELO RASO				
NOMBRE	VOLUMEN M3	UNIDAD	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
Lamina 1	0,03	m ³	1440	43,2
Lamina 2	0,03	m ³	1440	43,2
Lamina 3	0,01	m ³	1440	14,4
Lamina 4	0,03	m ³	1440	43,2
Lamina 5	0,03	m ³	1440	43,2
Lamina 6	0,01	m ³	1440	14,4
Lamina 7	0,03	m ³	1440	43,2
Lamina 8	0,03	m ³	1440	43,2
Lamina 9	0,02	m ³	1440	28,8
Lamina 10	0,03	m ³	1440	43,2
Lamina 11	0,02	m ³	1440	28,8
Lamina 12	0,02	m ³	1440	28,8
Lamina 13	0,02	m ³	1440	28,8
Lamina 14	0,02	m ³	1440	28,8
Lamina 15	0,02	m ³	1440	28,8
Lamina 16	0,02	m ³	1440	28,8
Lamina 17	0,02	m ³	1440	28,8
Lamina 18	0,02	m ³	1440	28,8
Lamina 19	0,02	m ³	1440	28,8
TOTAL VOLUMEN	0,43		619,2	
INVENTARIO DE MATERIALES				
MATERIAL	AREA M2	VOLUMEN M3	DENSIDAD KG/M3	MASA KG
LOSA DE CIMENTACION EN CONCRETO	64,23	9,60	2400	23040

Anexo 14. Ficha técnica de marco de ventana en PVC reciclado de la marca Deceunick Colombiana

LÍNEA SL/DL322

RECICLADO
INTEGRACION
SUSTAINABILITY

GAMA DE COLORES

• CORREDERA MONORRIEL
Cristal termopanel

Detalle 1

EXTERIOR INTERIOR

Marco 10003342
Cinta doble contacto
Hoja móvil 10003315
Cristal termopanel según norma
Hoja móvil 10003315
Junquillo 10003180
Marco 10003342

ACRISTALAMIENTO DESDE 4mm HASTA 16 mm.
INCLUYE ALETA PERIMETRAL.
DISEÑO DE 3 CÁMARAS.
SISTEMA DE CIERRE: FALPA PERIMETRAL EN HOJA.
TRASLAPO FIJO Y MÓVIL REFORZADO.
CIERRE DE PESTILLO CENTRAL EN TRASLAPO MÓVIL.
PROFUNDIDAD CONSTRUCTIVA 68,5 mm.

VALIDAR MEDIDAS MÁXIMAS SEGÚN MANUAL TÉCNICO Y DE FABRICACIÓN.

Detalle 2

EXTERIOR INTERIOR

Marco 10003342 Hoja 10003315 Junquillo 10003180 Tuerca móvil 10003511 Rodillo 11429 Junquillo 10003180 Traslazo fijo 10003340 Rodillo 11428 Junquillo 10003180 Marco 10003342

Falpa
Cristal termopanel según norma
Cinta doble contacto

BUILDING A SUSTAINABLE HOME

Anexo 15. Ficha técnica de fibra de vidrio.



FRESCASA ECO

Cubiertas – Muros divisorios – Fachadas interiores
Cielo Rasos – Auditorios, Cínicas y Estudios de grabación

Aislamiento térmico y acústico de lana mineral de vidrio biosoluble, de textura uniforme, presentado en rollos o en láminas. El material consiste de lana mineral de vidrio biosoluble aglomerada con resina termo-resistente para ser empleado como aislamiento para construcciones, especialmente para ser instalada entre la periferia de muros de los Sistemas Constructivos en Seco (Dry Wall) en áreas residenciales, comerciales e industriales.



Características

El producto ha sido diseñado como aislamiento térmico y acústico, para ser instalado en recintos con calefacción, recintos con aire acondicionado y otras aplicaciones industriales, tales como ensamblados pared-pared, ensamblados bajo piso, como complemento para instalaciones de cielorasos.

La barrera de vapor ayuda a controlar la cantidad de humedad que pasa a través del aislamiento y de la cara interna de paredes exteriores, cielorasos y pisos. Esta barrera de vapor se instala normalmente en o cerca de la superficie expuesta a la mayor presión de vapor de agua. **ASTM C665-06** Standard Specification for Mineral Fiber Blanket Thermal Insulation for Light Frame Construction and Manufactured Housing Type I unfaced, Type II - Class C, kraft-faced, Type III-Class B, Foil faced)

En general los productos (con y sin acabado) no deben ser expuestos a ambientes con condiciones anormales de humedad y temperatura.

Producto certificado por LAPEN (Laboratorio de Pruebas, Equipos y Materiales) Méjico.

Presentación	Descripción
FRESCASA ECO*	Rollos flexibles de lana color verde, sin acabado.
FRESCASA ECO PAPEL	Rollos de lana verde con acabado en papel kraft, adherido a una cara del aislamiento.
FRESCASA ECO FOIL	Rollos de lana color verde con acabado en foil de aluminio tipo FRK (foil-kraft-Reinforcement), excelente barrera de vapor, adherido a una cara del aislamiento.
FRESCASA ECO MBI	Rollos de lana color verde con acabado en película blanca tipo PSK (Polypropylene Scrim Kraft Reinforcement), excelente barrera de vapor, adherido a una cara del aislamiento, excelente reflexión a la luz (85%).

* FRESCASA ECO disponible bajo pedido con cortes longitudinales de 24" y 16"; y con cortes transversales múltiples de 96" (FRESCASA ECO SAB).

Presentación y Empaque



Producto	Longitud m	Ancho mm	Espesor (1) mm	NRC (2) montaje a 405	Resistencia térmica (3) hr·ft ² ·°F/btu (100 m ² ·°C/w)
FRESCASA ECO 600" x 48" x 2.5"	15.24 ± 150mm	1219 ± 13mm	63.5 ± 3mm	0.85/0.9	8 (141)
FRESCASA ECO 600" x 48" x 3.5"	15.24 ± 150mm	1219 ± 13mm	89 ± 3mm	1.05/1.0	11 (193.7)
FRESCASA ECO 450" x 48" x 6.25"	11.43 ± 150mm	1219 ± 13mm	159 ± 3mm	—	19 (335)

Producto	Longitud m	Ancho mm	Espesor (1) mm	NRC (2) montaje a 405	Resistencia térmica (3) hr·ft ² ·°F/btu (100 m ² ·°C/w)
FRESCASA ECO 12.5 m x 1.2 m x 2"	12.5 ± 150mm	1200 ± 13mm	50 ± 3mm	—	7 (123.3)
FRESCASA ECO** 7.5 m x 1.20 m x 2.5"	7.5 ± 150mm	1200 ± 13mm	63.5 ± 3mm	0.85/0.9	8 (141)
FRESCASA ECO 7.5 m x 1.20 m x 3.5"	7.5 ± 150mm	1200 ± 13mm	89 ± 3mm	1.05/1.0	11 (193.7)
FRESCASA ECO 12.5 m x 1.2 m x 4"	12.5 ± 150mm	1200 ± 13mm	102 ± 3mm	—	13 (233)

** Disponible con recubrimientos de papel y aluminio FRK.

Página 1 de 9



Página 2 de 9



Producto	Longitud m	Ancho mm	Espesor (1) mm	NRC (2) montaje a 405	Resistencia térmica (3) hr·ft ² ·°F/btu (100 m ² ·°C/w)
FRESCASA ECO SAB 24" x 96" x 50 mm	2.438 ± 300mm	610 ± 13mm	50 ± 3mm	—	7 (126.4)
FRESCASA ECO SAB 24" x 96" x 63.5 mm	2.438 ± 300mm	610 ± 13mm	63.5 ± 3mm	0.85/0.9	8 (141)
FRESCASA ECO SAB 24" x 96" x 89 mm	2.438 ± 300mm	610 ± 13mm	89 ± 3mm	1.05/1.0	11 (193.7)
FRESCASA ECO SAB 16" x 96" x 2.5"	2.438 ± 300mm	406 ± 13mm	63.5 ± 3mm	0.85/0.9	8 (141)
FRESCASA ECO SAB 16" x 96" x 3.5"	2.438 ± 300mm	406 ± 13mm	89 ± 3mm	1.05/1.0	11 (193.7)
FRESCASA ECO SAB PAPEL 24" x 96" x 2.5"	2.438 ± 300mm	610 ± 13mm	63.5 ± 3mm	0.85/0.9	8 (141)
FRESCASA ECO SAB PAPEL 24" x 96" x 3.5"	2.438 ± 300mm	610 ± 13mm	89 ± 3mm	1.05/1.0	11 (193.7)

(1) Espesor mínimo 95% a seis semanas de ser producido.
(2) NRC (Coeficiente De reducción de ruido): Valores esperados basados en productos similares y un número limitado de muestras, valores reportados con el aislamiento expuesto al sonido. ASTM C423 Método de ensayo estándar para los coeficientes de reducción de ruido mediante el método de reverberación. Los valores NRC deben ser usados como una referencia para comparar diferentes materiales de construcción. (Montaje A): Material colocado sobre un soporte sólido como un muro de concreto. (Montaje E-405): Material colocado sobre cámara de aire (16 inch).
(3) Valor a espesor nominal. Nota: Transmisión térmica U(1/R) (BTU/h·ft²·°F) & (W/m²·°C).

Propiedades Técnicas

PROPIEDAD	NORMA	DESCRIPCIÓN
Desempeño térmico (Conductividad térmica)	ASTM C411	0.039 – 0.045 W/m·°C Valor típico a 24°C Temp. Media [0.269 – 0.312 BTU/h·ft ² ·°F a 75°F Temp. Media]
Desempeño térmico (Resistencia térmica)	ASTM C518	Cumple los requerimientos
Desempeño acústico	ASTM C423	Cumple los requerimientos
Absorción de vapor de agua	ASTM C1104/C1104M	<3% en peso a 120°F [49°C] 95% R.H
Características de Combustión de la Superficie	ASTM E84 / UL723 (*)	Índice de propagación de llama <25 Índice de generación de humo <50
Barreras de vapor (FRK/PSK)	ASTM C1136	Cumplen los requerimientos
Permeabilidad vapor de agua	ASTM E96/E96M Método A	PRK: 0.02 Perms max. (1.15 ng/Ns) PRK: 0.02 Perms Max. (1.15 ng/Ns)
Emisión de Olores	ASTM C1304	Cumple los requerimientos
Resistencia a la corrosión	ASTM C665 / ASTM C795	Cumple los requerimientos
Resistencia a los hongos	ASTM C1338	Cumple los requerimientos
Contenido de Decabromuro	Estado de Oregón	DBE FREE Cumple los requerimientos

(*) Para productos con recubrimiento etiqueta UL bajo pedido, MTO.

Página 3 de 9



Página 4 de 9

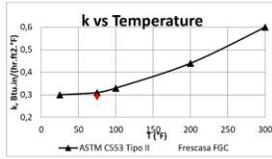




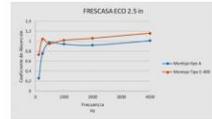
Los datos presentados a continuación son una guía del desempeño térmico según lo requerido por la norma ASTM C553 Tipo II comparado con el punto mínimo del desempeño térmico (0.294 – 0.308 BTU.in/hr.°F.a 79°F Temp. Media) del producto en referencia (FRESCASA ECO):

ASTM C553 Tipo II			
TEMPERATURA		CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	
°F	°C	BTU.in/hr.°F.a	W/m.°C
25	-3.89	0.3	0.043
75	23.89	0.31	0.045
100	37.78	0.33	0.048
200	93.33	0.44	0.063
300	148.89	0.6	0.087

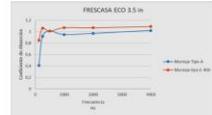
FRESCASA ECO 2.5"			
TEMPERATURA		CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	
°F	°C	BTU.in/hr.°F.a	W/m.°C
75	23.89	0.312	0.045



Desempeño Acústico:



Frecuencia (Hz)	25	125	250	500	1000	2000	4000	NBC	SA
Condiciones de Absorción	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Condiciones de Absorción	0.20	0.15	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05



Frecuencia (Hz)	25	125	250	500	1000	2000	4000	NBC	SA
Condiciones de Absorción	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Condiciones de Absorción	0.41	0.32	0.21	0.15	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05



Estándar Visual

Características	Guía de Aceptación
Color	El producto es de color verde. Son aceptados tonos ligeramente oscuros o ligeramente claros. Variaciones en la tonalidad no afectan el desempeño acústico y térmico del material. Sobre la superficie expuesta al aire se pueden presentar ocasionalmente parches blancos; no más de tres en una lámina, que no excedan un área de 0.04 m² (aproximadamente el área de la palma de la mano; 20 cm de diámetro) y no más de un parche húmedo que exceda la misma área.
Apariencia de la Superficie y del acabado	El foil debe estar completamente limpio y sin perforaciones; sin embargo, en caso de detectarse perforaciones, éstas se deben reparar con cinta tipo FRK (o PSK, según corresponda) para asegurar la barrera de vapor. No debe presentarse evidencia de desprendimiento. La superficie del foil puede presentar decoloración, o coloración de oxidación o de abrasión en transporte, pero esta condición no afecta el producto. La superficie PSK no debe someterse a calor directo por encima de 50°C, pues el acabado puede recogerse. La presencia de huecos, daños, perforaciones, etc., en la barrera de vapor reducen altamente su eficacia, por lo cual cualquier anomalía de este tipo debe ser corregida oportunamente.
Empaque	El empaque recubre la superficie del rollo y los bordes pero deja los extremos abiertos para permitir la adecuada aireación del producto, por lo cual se debe asegurar una adecuada manipulación y almacenamiento.

Empaque

Producto	unidades/empaque	área/empaque (m²)	Peso neto +/-10% kg/empaque
FRESCASA ECO 600" x 48" x 2.5"	1	18.58	10.6
FRESCASA ECO 600" x 48" x 3.5"	1	18.58	15
FRESCASA ECO 450" x 48" x 6.25"	1	13.93	22
FRESCASA ECO 12.5 m x 1.2 m x 2"	1	15.0	8
FRESCASA ECO 12.5 m x 1.2 m x 4"	1	15.0	15
FRESCASA ECO 7.5 m x 1.20 m x 2.5"	1	9.0	5.1

Ficha Técnica-PM-FI-DI-15-IN-FRESCASA ECO-ES-12-04-2021

Ficha Técnica-PM-FI-DI-15-IN-FRESCASA ECO-ES-12-04-2021



Producto	unidades/empaque	área/empaque (m²)	Peso neto +/-10% kg/empaque
FRESCASA ECO 7.5 m x 1.20 m x 3.5"	1	9.0	7.2
FRESCASA ECO SAB 24" x 96" x 30 mm	12	17.84	10.6
FRESCASA ECO SAB 24" x 96" x 63.5 mm	12	17.84	10.2
FRESCASA ECO SAB 24" x 96" x 89 mm	12	17.84	14.2
FRESCASA ECO SAB 16" x 96" x 2.5"	18	17.84	10.2
FRESCASA ECO SAB 16" x 96" x 3.5"	18	17.84	14.2
FRESCASA ECO SAB PAPEL 24" x 96" x 2.5"	12	17.84	11.3
FRESCASA ECO SAB PAPEL 24" x 96" x 3.5"	12	17.84	16

PESO BRUTO (kg/empaque) = PESO NETO (kg/empaque) + 0.3 kg aprox.
Empaque: Poliuretano termonecogible con extremos abiertos y etiqueta autoadhesiva.

Contenido de Reciclado

(1) FI Contenido Reciclado Post Industrial: Recogido de los fabricantes a la industria.
(2) PC Contenido Reciclado Post-Consumidor: Recogido de usos finales.

Producto	Contenido de Reciclado total	Contenido de Reciclado post industrial pi (%)	Contenido de Reciclado post consumidor pc (%)
sin Acabado	74.9 %	74.9 %	0 %
Con Acabado	min 60%	min 60%	0 %

Almacenamiento

- Un anume, una sola referencia.
- Almacenar rollos protegidos del sol y la humedad.
- Colocar anume sobre estibas para proteger de humedad.
- Apilar rollos, máximo hasta una altura de 2.30 metros.



Aplica para cualquier referencia sin importar el perímetro y espesor.



Recomendaciones

Instalación

El producto FRESCASA ECO está hecho para encajar dentro de un marco de pared regular, debido a que son paneles pre cortados de aislamiento. Está disponible con y sin recubrimiento, este último actúa como barrera de vapor.

Consejos para Instalación:

- Cuando aisle un alíco, tenga cuidado con los puntillas, clavos y cualquier elemento extraño que sobresalgan o pasen a través de la cubierta.
- No saque la Frescasa Eco del empaque hasta que esté listo el sitio para instalarlo. Desempaque el producto en el lugar de su aplicación.
- Antes de instalar, deje que el rollo de Frescasa Eco recupere su grosor quitando suavemente el aislamiento después de que lo saque del paquete.
- El ancho de los precortes de la Frescasa ECO SAB coincide con la separación entre la periferia, logrando un mejor aprovechamiento del material y disminuyendo la cantidad de cortes. Viene listo para ser instalado, midiendo manualmente el ancho requerido, 406 mm (16") y 410 mm (24"), y longitud de 2438 mm (96").
- Durante la instalación del aislamiento, trate de no comprimir demasiado la Frescasa Eco, esto puede disminuir su rendimiento.
- Después de instalar el aislamiento, llene todas las áreas alrededor de ventanas y puertas con elementos en madera o con los mismos marcos.
- Aíse todas las instalaciones sanitarias, hidráulicas, eléctricas, todos los conductos del aire acondicionado, las aberturas y tuberías.

- Para las paredes mida y corte en pequeños pedazos el aislamiento, de esta manera facilitará el ajuste perfecto del material al espacio entre vigas y paneles.
- Para cortar el aislamiento, colóquelo sobre una tabla y después comprímalo con una regla. Córtelo utilizando un cortador o cuchillo filoso.

Durante la instalación:

- Asegúrese de tener una luz adecuada
- Extienda el aislamiento del extremo exterior del alíco hacia el centro, esto permitirá tener mayor espacio en el centro, en donde puede realizarse el corte y ajuste, y facilitar el acceso.
- La Frescasa Eco debe extenderse suficientemente para cubrir la parte superior de las paredes laterales, pero no debe bloquear el flujo de aire de los alerces o aberturas.
- Mantener el aislamiento a una distancia de 3" de las líneas de conexión de luz para evitar que éstas se sobrecalienten e incendien. Las 3" de distancia también se deben respetar en entradas de gas o cualquier dispositivo que genere calor.
- Coloque la barrera contra el vapor hacia la zona de mayor temperatura.
- Es necesario proporcionar un espacio de 1" para ventilar el plenum entre la cubierta y el aislamiento.
- Presione el material entre las viguetas hasta lograr nivelarlo, y siempre se debe colocar la Frescasa Eco sobre un soporte estructural para evitar que se desdualgue con el tiempo.
- No deje espacios de aire entre los rollos de Frescasa Eco.

Ficha Técnica-PM-FI-DI-15-IN-FRESCASA ECO-ES-12-04-2021

Ficha Técnica-PM-FI-DI-15-IN-FRESCASA ECO-ES-12-04-2021





- No deje espacios de aire entre los rollos de Frescasa Eco.
- Una vez instalada completamente la Frescasa Eco con la barrera de vapor, ésta debe estar totalmente cubierta con un acabado final ya sea en yeso o madera. Las barreras de vapor son inflamables, por lo tanto, nunca deben dejarse al descubierto.

Limpeza

Los revestimientos del producto (fol y MBI), pueden ser limpiados con la mayoría de los limpiadores industriales de venta libre y limpiadores domésticos. Se deben evitar los limpiadores que contengan blanqueador con cloro y otros agentes oxidantes fuertes.

Para el producto con acabado en fol de aluminio, hacer uso de limpiadores de pH neutro preferiblemente. Deben evitarse los limpiadores cáusticos de pH alto ya que pueden reaccionar con el papel de aluminio y dañar la superficie expuesta.

Certificados



Información adicional disponible en: www.isover.com.co

Para limpiar el revestimiento del producto:

1. Limpiar con una bayetilla de color blanco que tenga buen espesor y buen tamaño, sacudiendo la bayetilla contra la lamina para retirar las partículas de polvo. Como alternativa, puede pasar suavemente un cepillo de cerdas blandas para retirar el polvo adherido en la superficie del producto.
2. Limpiar la superficie con un paño humedecido con la solución del limpiador o utilizar (se sugiere siempre utilizar los limpiadores, en soluciones diluidas).
3. Al terminar, limpie la superficie de cualquier residuo de limpiador. Los residuos secos en la superficie pueden atraer y retener suciedad y polvo.



Ficha Técnica-PM, FT_013_IN_FRESCASA ECO_ES_12/04/2021

Copla no controlada. La información contenida en este documento puede ser actualizada sin previo aviso.



Anexo 16. Ficha técnica de tejas en polialuminio reciclado.

Producto 100% reciclado

www.naturalplanet.com.mx

FICHA TÉCNICA
Natulam

Natulam

Laminas aglomeradas con características similares a la de madera sintética, elaboradas a partir de **materiales reciclados** de una mezcla de **polietileno y aluminio**.

Son el resultado de la compactación mediante termo compresión del componente plástico, sin el uso de resinas fenólicas, las cuales son de alto impacto ambiental, logrando así el beneficio de un **material resistente a la humedad** sumado a **propiedades termo-acústicas**.

Reciclado de envases tetrapack



PROPIEDADES Natulam

Algunas propiedades de **Natulam** son:

- Libre de resinas y formaldehído.
- **Buenas propiedades mecánicas:** resistente a la expansión bajo variables condiciones climáticas, resistente a la rotura, resistente al desgarre, medianamente elástico, buen agarre de tornillos en cara y en cantos, baja propagación de llamas en superficie, resistente a la humedad, buenas cualidades de insonorización, buenas cualidades como aislante.
- Térmicas, acústicas, impermeables.
- Puede ser aserrado, modelado, pegado y atornillado.
- Por estar hecha de plástico, **está sujeta a expansión y contracción** dependiendo del medio ambiente al que se encuentre expuesta.
- Por estar hechas de materiales reciclados **no tienen un color definido**.

Las láminas ecológicas **Natulam** tienen diferentes usos y aplicaciones como:

- Techados en general
- Granjas
- Construcciones rurales
- Naves industriales
- Divisiones de obra
- Cimbra
- Tapiado
- Muros divisorios, entre otros.



VENTAJAS DE Natulam

Solución en los tiempos modernos para techos y construcciones de su tipo. Producto mexicano, ecológico y novedoso.

TÉRMICA

- Resiste muy bien altas temperaturas.
- Reduce en gran medida el paso del calor y el frío.
- Ideal para ciudades con temperaturas extremas.

ACÚSTICA

- Reduce en gran medida el ruido generado por lluvia o granizo.

LIGERA

- Configuración uniforme que facilita trasladar y estibar.
- Fácil de transportar.

ANTI-CORROSIVA

- No se oxida debido a los materiales con los que está fabricada.

FLEXIBLE Y RESISTENTE

- Resistente a la carga y tensión sin romperse.
- Segura contra impactos, como granizo, golpes o pedradas.

ESTÉTICA Y COLOR

- Debido al tipo de producto, no se decolora.
- Colores únicos y originales, que le dan un agradable aspecto.

Tipo Asbesto



VENTAJAS DE Natulam



Comparación de **NATULAM** con láminas de acero galvanizado y láminas de asbesto o fibrocemento:

PROPIEDADES	NATULAM	ACERO GALVANIZADO	ASBESTO O FIBROCEMENTO
Térmica	✓	✗	✗
Acústica	✓	✗	✓
Impermeable*	✓	✓	✓
Reciclable	✓	✓	✗
Reciclado 100%	✓	✗	✗
Mantenimiento	✗	✓	✓
Contaminante	✗	✓	✓

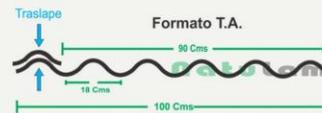


FORMATOS Natulam

Contamos con tres formatos de **Natulam**:

• Tipo Asbesto

Del reciclado de envases tetrapack.



• Lámina lisa sin canales

Del reciclado de envases tetrapack.



• Lámina Silex

Del del reciclado de botellas de shampoo, juguetes, tapas, etc.





**NATURAL
PLANET**

INSTALACIONES Natulam











**INFORMES
Y VENTAS**

Del Valle 201 Esq. C/Canteras
Col. Parque Manzanares
León, Gto. México
Tel: (477) 7 17 07 87
ventas@naturalplanet.com.mx

www.naturalplanet.com.mx

Anexo 17. Ficha técnica de pintura reciclada.



sikkens

AkzoNobel

Técnische fiche AkzoNobel

ALPHA RECYCLE MAT

Goede dekkraft en hoog rendement



MATTE, GOED DEKKENDE, WATERGEDRAGEN BINNENMUR- EN PLAFONDVERF OP BASIS VAN EEN ACRYLAAT COPOLYMEER EMULSIE – MET 35% GERECYCLEERDE VERF.

35 % RECYCLED PAINT CONTENT
De ingezamelde afvalverf wordt gesorteerd, gefilterd en uitgezuiverd. Het basisproduct dat zo ontstaat, wordt door AkzoNobel uitgebracht getest en de kwaliteit wordt uitvoerig gecontroleerd. Verderop wordt met dit mengsel een nieuwe verf gemaakt. Het eindproduct bevat 35% gerecycleerde verf.

Belangrijkste eigenschappen

- 35 % gerecycleerd materiaal
- Excellente verwerking en eindaspect – mooie vloei.
- Goede dekkraft
- Gunstig rendement
- Snelle droging. Hogere rentabiliteit op werven
- Reukvrij. Voor het comfort en met respect voor de gezondheid van de toepasser en inwonende/aanwezigen.
- Waterdampdoorlatend

TOEPASSING

Ondergronden: Ideaal voor het behandelen van binnenwanden en plafonds in pleisterwerk, beton, gipskartonplaten, Niet geschikt voor ruimtes met hoge luchtvochtigheid zoals badkamer, doucheruimte, ...

Toepassing: Met borstel, rol of airless.
Airless: druk: min. 160 bar – opening: vanaf 0,017 inch – pistooffilter 60.

TECHNISCHE EIGENSCHAPPEN

Deze gegevens hebben betrekking op de

Keur: wit	
Dichtheid	1,40 ± 0,05 kg/l
Bindmiddel	Acrylaat copolymeer emulsie
Glanzgraad	Mat. < 3 GU bij 85° volgens ISO 2813
Pigment	Titandioxide, calciumcarbonaat en speciale vulstoffen
Schroefvastheidsklasse	Klasse 2 volgens DIN EN 13300
Dekkracht	Klasse 2 volgens DIN EN 13300 bij rendement van 10 - 12 m ² /l
Vaste Stofgehalte	52 ± 3 gew. % ± 3 vol. %
VOC-EU-grenswaarde/	EU grenswaarde voor dit product (catAa) : 30 g/l (2010).
VOC-gehalte gemeten volgens ISO 11890-2: 2006 en volgens receptuur.	Dit product bevat maximaal 12 g/l VOC.
Assortimentkleuren	Beschikbaar in wit. Het wit kan aangekleurd worden tot een beperkte set van courante pastelstralen uit de RAL waaijer zoals RAL 1013, 9001, 9002, 9003, 9010 en 9016.
Chemisch uitgehard	n.v.t.
Hittewaltheid	Weerstaat een continue belasting tot 60°C en piekmomenten tot 80°C
Aanbevolen droge laagdikte	Droog: ± 30 µm per laag = nat: ± 90 µm per laag
Structuur	Fijn – gladde afwerking
Rendement	9 -11 m ² /laag Het praktische rendement is afhankelijk van de applicatiemethode, de kwaliteit van de ondergrond en de vorm van het object.

VERWERKINGSGEGEVENEN

Verwerking Condities	Ondergrondtemperatuur: min. 8°C – max. 25°C Omgevingstemperatuur: min. 8°C – max. 25°C Relative vochtigheid: max. 70%
Verwerkingsmethode/ gereedschap	Met borstel, rol of airless
verwerkingsmethoden instellingen/types	Het product is gebruiksklaar Airless: druk: min 160bar – opening: vanaf 0,017 inch – pistooffilter 60.
Droging	Stofdroog: 30 min Kleefrij: 1 uur Overschikderbaar: 4 uur De droogtijden zijn afhankelijk van de omgevingstemperatuur, de relatieve vochtigheid en de porositeit van de ondergrond.
Reiniging gereedschap	Met water, zo snel als mogelijk na gebruik.
Verdunning %	Het product is klaar voor gebruik.
Overschikderbaar mat	Goed overschikderbaar met zichzelf en alle gangbare muurvervuldspersieerven.

SYSTEMEINFORMATIE

Onbehandelde ondergronden	Nieuwe onbehandelde ondergronden Pleisterwerk, geplamuurde ondergronden en derivaten: De te behandelen ondergrond dient samenhangend, draagkrachtig en voldoende hard te zijn.
---------------------------	--

T1720 | SEPT 2021 | EMB 1 VAN 3 2 VAN 3

Losse pleisterresten verwijderen en onzuiverheden ontkorrelen.
Zorgvuldig en grondig ontstoffen.
De ondergronden ontdoen van vuil, vet, stof, e.d....

- 1 laag **ALPHATEX PRIMER SF** of **ALPHACRYL PRIMER**.
Afhankelijk van de porositeit van de ondergrond de primers max. 10 % verdunnen met water.
- Afwerken met **ALPHA RECYCLE MAT**

Opmerkingen:
Sommige ondergronden dienen specifiek geïsoleerd te worden om dichte vlekken, risico op doorbloeding, doorslag van wateroplosbare vlekken te voorkomen. Bijv. ondergronden besmet met nicotine...
In dergelijke gevallen: 1 of 2 lagen **ALPHACRYL PRIMER** of **ALPHA BOLUX SF** als grondslag aanbrengen = 1 laag per dag. De afwerkingslaag pas na 24 uur doordroging aanbrengen.

Op reeds behandelde ondergronden nog in goede staat, waar de hechting nog goed is en die niet poreus zijn:

- Lokaal bijwerken met of 1 laag over het geheel met **ALPHATEX PRIMER SF** of **ALPHACRYL PRIMER**
- afwerken met **ALPHA RECYCLE MAT**

Behandelde ondergronden in goede staat/onderhoud

Behandelde ondergronden in slechte staat

Oude verfsystemen in slechte staat, met onvoldoende hechting, oude vernislagen of andere incompatibele verfsystemen:
Alle oude verflagen verwijderen en vervolgens behandelen zoals een nieuwe onbehandelde ondergrond.

VEILIGHEID EN WETGEVING

Vlampunt > 100°C.
Veiligheidsblad Zie voor meer informatie en de meest actuele veiligheids-gegevens het productveiligheidsblad.

ARTIKELGEGEVENS

Houdbaarheid In oorspronkelijke verpakking is het materiaal minimaal 12 maanden houdbaar. Voorstrijf bewaren.

Verpakkingen 10 Liter

Beschikbaarheid Meuren Beschikbaar in wit. Het wit kan aangekleurd worden tot een beperkte set van courante pasteltinten uit de RAL waaier zoals RAL 1013, 9001, 9002, 9003, 9010 en 9016

AlcoNobel Paints Belgium
Systeem Beveiligen - Peintures bâliments
P&B - 1988 Vervolsteet Tel: +32 2 284 24 88 Fax: +32 2 284 24 81 Internet: www.alconobel.be

De doelbaarheid van onze systemen beruist op jarenlange praktijkervaring en laboratoriumtests. Wij staan ervoor in, dat de kwaliteit van het volgens onze systemen vervaardigde werk voldoet aan de eigenschappen die AlcoNobel Decorative Coatings B.V. heeft toegezegd, mits de ontwerper de juiste aanwijzingen volgt. Wij aanvaarden geen aansprakelijkheid indien het eindresultaat anderszins is beïnvloed door factoren waarop wij geen controle hebben. De afnemer dient met de hem normaal ten dienste staande middelen te controleren of de gewenste producten geschikt zijn voor de beoogde toepassing. Bij het vervaardigen van nieuwe uitgave vervult dit technisch documentatablad zijn geldigheid.

TIZZO | SEPT 2022 | EMB 3 VAN 3

Anexo 18. Informe módulos fotovoltaicos vivienda 2, similar al de la vivienda 1

1.218183, -77.262660

N.º de oferta: 1004232875

6/05/2024

Sistema fotovoltaico N°2

Dirección de la instalación



Número de oferta: 1004232875

Vista general del proyecto

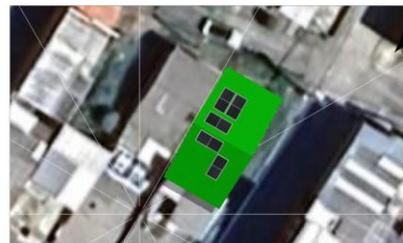


Figura: Vista general, Planificación 3D

Instalación FV

3D_Sistema FV conectado a la red con consumidores eléctricos y sistemas de batería

Datos climáticos	Barro Carlos Pizarro, COL (2001 - 2020)
Fuente de los valores	Meteonorm 8.2(i)
Potencia generador FV	2,25 kWp
Superficie generador FV	12,9 m²
Número de módulos FV	5
Número de inversores	2
N.º de sistemas de baterías	1

Número de oferta: 1004232875

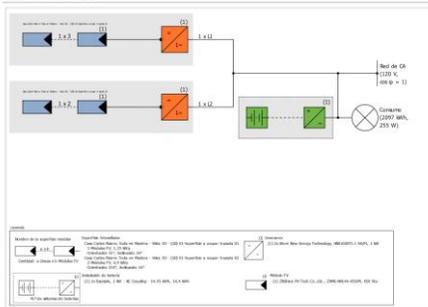


Figura: Diagrama esquemático

Pronóstico rendim.

Pronóstico rendim.	
Potencia generador FV	2,25 kWp
Rendimiento anual espec.	1.637,92 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	82,93 %
Reducción de rendimiento por sombreado	0,1 %
Energía de generador FV (Red CA)	3.692 kWh/Año
Consumo propio directa	813 kWh/Año
Carga de baterías	1.536 kWh/Año
Limitación en el punto de inyección	0 kWh/Año
Inyección en la red	1.343 kWh/Año
Proporción de consumo propio	63,6 %
Emisiones de CO ₂ evitadas	1.462 kg / año
Grado de autarquía	85,0 %

pv Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Valentin Software GmbH

Página 3 de 24

Número de oferta: 1004232875

Evaluación económica

Su beneficio	
Costes totales de inversión	3.375,00 \$
Tasa interna de retorno (TIR)	15,28 %
Duración amortización	6,6 Años
Costes de producción de energía	0,0507 \$/kWh
Balance / Concepto de alimentación	Inyección del excedente en la red

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, horas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otras causas.

pv Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Valentin Software GmbH

Página 4 de 24

Número de oferta: 1004232875

Disposición de la instalación

Resumen

Datos del sistema	
Tipo de instalación	3D, Sistema FV conectado a la red con consumidores eléctricos y sistemas de batería
Datos climáticos	
Ubicación	Barrio Carlos Pizarro, CDE (2001 - 2020)
Fuente de los valores	Meteonorm 8.2(i)
Resolución de los datos	1 min
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Hofmann
- Radiación sobre superficie inclinada	Hay & Davies
Consumo	
Consumo total	2097 kWh
Nuevo	2097 kWh
Pico de carga	0,3 kW

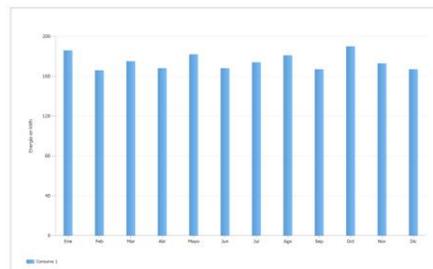


Figura: Consumo

pv Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Valentin Software GmbH

Página 5 de 24

Número de oferta: 1004232875

Superficies de módulos

1. Superficie fotovoltaica - Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01-Superficie a ocupar trazada 01

Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01-Superficie a ocupar trazada 01

Nombre	
Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01-Superficie a ocupar trazada 01	
Módulos FV	
Fabricante	ZKShine PV-Tech Co., Ltd.
Inclinación	16 °
Orientación	Noreste 31 °
Situación de montaje	Paralelo a la cubierta
Superficie generador FV	7,8 m ²

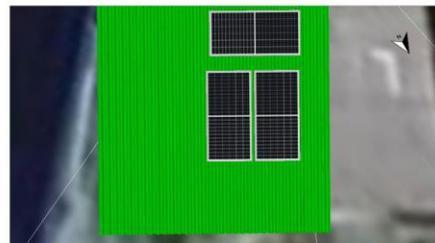


Figura: 1. Superficie fotovoltaica - Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01-Superficie a ocupar trazada 01

pv Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Valentin Software GmbH

Página 6 de 24

Número de oferta: 1004232875

2. Superficie fotovoltaica - Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01- Superficie a ocupar trazada 02

Generador FV, 2. Superficie fotovoltaica - Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01- Superficie a ocupar trazada 02

Nombre	Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01- Superficie a ocupar trazada 02
Módulos FV	2 x ZN16 NH144 450TM (v2)
Fabricante	ZNShine PV-Tech Co.,Ltd.
Inclinación	16 °
Orientación	Suroeste 210 °
Situación de montaje	Paralelo a la cubierta
Superficie generador FV	5,2 m ²

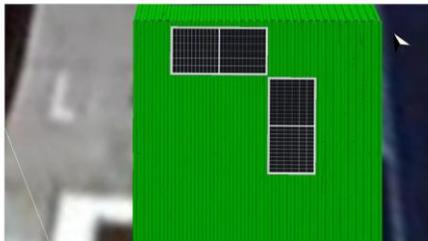


Figura 2: Superficie fotovoltaica - Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01- Superficie a ocupar trazada 02

pv Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Eleonora Software GmbH

Página 7 de 24

Número de oferta: 1004232875

Instalaciones de batería

Instalación de batería - Grupo 1	
Modelo	2 kW - AC Coupling - 14.45 kWh (v2)
Fabricante	Example
Cantidad	1
Inversores de batería	
Tipo de conexión	Conexión a CA
Potencia nominal	2 kW
Batería	
Fabricante	Example
Modelo	2V 1050 Ah valve regulated (v1)
Cantidad	12
Energía de la batería	14,4 kWh
Tipo de batería	Ácido de plomo - Cerrada (Gel)

pv Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Eleonora Software GmbH

Página 9 de 24

Número de oferta: 1004232875

Línea del horizonte, Planificación 3D

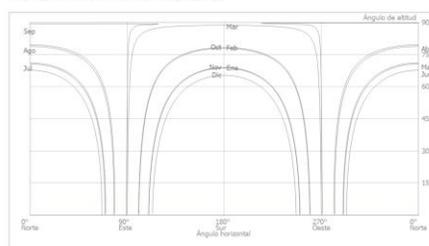


Figura: Horizonte (Planificación 3D)

Conexión del inversor

Conexión 1	
Superficie fotovoltaica	Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01- Superficie a ocupar trazada 01
Inversores 1	
Modelo	HNS1000TL-1 56/PL (v1)
Fabricante	Afore New Energy Technology
Cantidad	1
Factor de dimensionamiento	135 %
Conexión	MPP 1: 1 x 3

Conexión 2	
Superficie fotovoltaica	Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01- Superficie a ocupar trazada 02
Inversores 1	
Modelo	HNS1000TL-1 56/PL (v1)
Fabricante	Afore New Energy Technology
Cantidad	1
Factor de dimensionamiento	90 %
Conexión	MPP 1: 1 x 2

Red de CA

Red de CA	
Número de fases	3
Tensión de red entre fase y neutro	120 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

pv Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Eleonora Software GmbH

Página 8 de 24

Número de oferta: 1004232875

Resultados de simulación

Resultados Sistema completo

Instalación FV		
Potencia generador FV	2,25 kWp	
Rendimiento anual espec.	1.637,92 kWh/kWp	
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	82,93 %	
Reducción de rendimiento por sombreado	0,1 %	
Energía de generador FV (Red CA)	3.692 kWh/Año	
Consumo propio directa	813 kWh/Año	
Carga de baterías	1.536 kWh/Año	
Limitación en el punto de inyección	0 kWh/Año	
Inyección en la red	1.343 kWh/Año	
Proporción de consumo propio	63,6 %	
Emisiones de CO ₂ evitadas	1.462 kg / año	

Consumidores	
Consumidores	2.097 kWh/Año
Consumo Standby (Inversores)	7 kWh/Año
Consumo total	2.104 kWh/Año
cubierto mediante energía fotovoltaica	813 kWh/Año
cubierto mediante batería neto	975 kWh/Año
cubierto mediante red	315 kWh/Año
Fracción de cobertura solar	85,0 %

Instalación de batería		
Carga al principio	14 kWh	
Carga de baterías (Total)	1.695 kWh/Año	
Carga de baterías (Instalación FV)	1.536 kWh/Año	
Carga de baterías (Red)	159 kWh/Año	
Energía procedente de las baterías destinada para consumo	1.134 kWh/Año	
Descarga de la batería en la red	0 kWh/Año	
Pérdidas debido a la carga/descarga	320 kWh/Año	
Pérdidas en batería	256 kWh/Año	
Carga de cíclos	3,6 %	
Vida útil	>12 Años	

Grado de autarquía	
Consumo total	2.104 kWh/Año
cubierto mediante red	315 kWh/Año
Grado de autarquía	85,0 %

pv Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Eleonora Software GmbH

Página 10 de 24

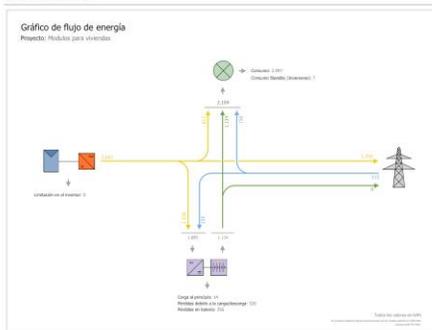


Figura: Flujo de energía

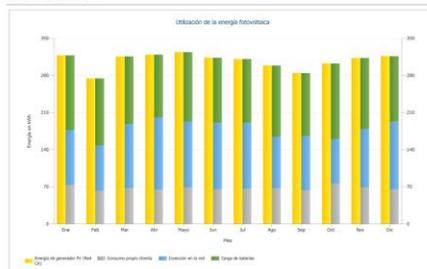


Figura: Utilización de la energía fotovoltaica

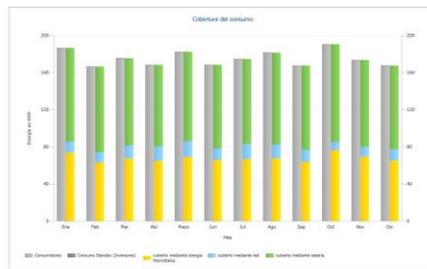


Figura: Cobertura del consumo

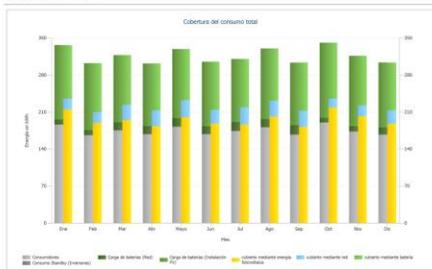
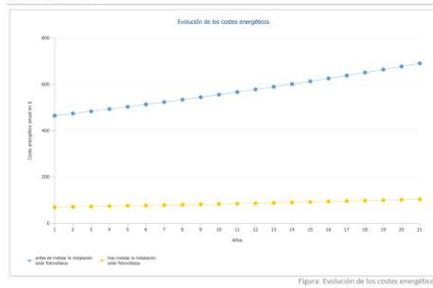


Figura: Cobertura del consumo total

Análisis de rentabilidad

Resumen

Datos del sistema	
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	1.343 kWh/Año
Potencia generador FV	2,3 kWp
Puesta en marcha de la instalación	3/04/2024
Periodo de consideración	20 Años
Interés del capital	1 %
Parámetros económicos	
Tasa interna de retorno (TIR)	15,28 %
Cashflow acumulado (caja)	7.216,12 \$
Duración amortización	6,6 Años
Costes de producción de energía	0,0507 \$/kWh
Resumen de pagos	
costes específicos de inversión	1.500,00 \$/kWp
Coste de la inversión	3.375,00 \$
Pagos únicos	0,00 \$
Subvenciones	0,00 \$
Costes anuales	0,00 \$/Año
Otros beneficios y ahorros:	0,00 \$/Año
Remuneración y ahorros	
Remuneración total en el primer año	110,09 \$/Año
Ahorros durante el primer año	395,21 \$/Año
Válidos (Teil- / Vollversicherung) - Gebüdeanlagen	
EEG 2023	14/04/2024 - 31/12/2044
Remuneración spec. por energía inyectada en la red	0,082 \$/kWh
Tarifa de inyección	110,0879 \$/Año
Ejemplo Private (Example)	
Precio de trabajo	0,2219 \$/kWh
Precio base	6,9 \$/Mes
Factor de cambio del precio del costo del consumo energético	2 %/Año



Flujo de caja

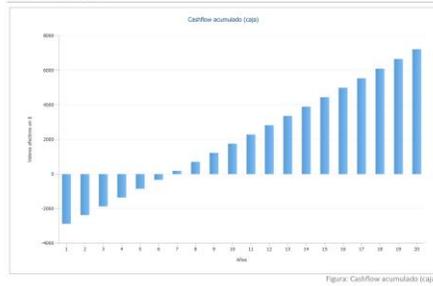
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversiones	-\$ 3.375,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Tarifa de inyección	\$ 138,26	\$ 107,92	\$ 136,85	\$ 105,79	\$ 104,74
Ahorro consumo electricidad	\$ 388,88	\$ 395,17	\$ 399,08	\$ 403,04	\$ 407,03
Flujo de caja anual	-\$ 2.877,86	\$ 503,09	\$ 505,93	\$ 508,83	\$ 511,77
Cashflow acumulado (caja)	-\$ 2.877,86	-\$ 2.374,77	-\$ 1.868,83	-\$ 1.360,01	-\$ 848,24

	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversiones	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Tarifa de inyección	\$ 103,71	\$ 102,68	\$ 101,66	\$ 100,66	\$ 99,66
Ahorro consumo electricidad	\$ 431,06	\$ 435,13	\$ 439,24	\$ 443,39	\$ 447,58
Flujo de caja anual	\$ 534,76	\$ 517,81	\$ 520,90	\$ 524,04	\$ 527,24
Cashflow acumulado (caja)	-\$ 333,47	\$ 184,34	\$ 705,24	\$ 1.229,28	\$ 1.756,52

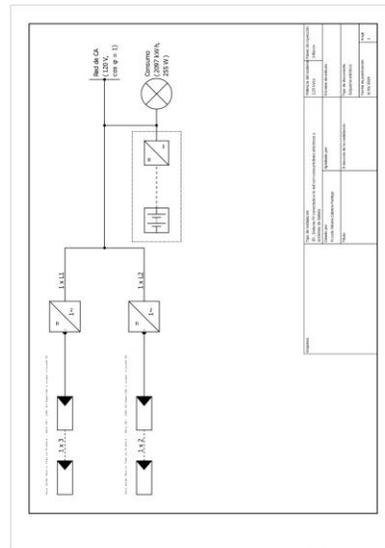
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Inversiones	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Tarifa de inyección	\$ 98,67	\$ 97,70	\$ 96,73	\$ 95,77	\$ 94,82
Ahorro consumo electricidad	\$ 431,81	\$ 436,09	\$ 440,41	\$ 444,77	\$ 449,17
Flujo de caja anual	\$ 530,49	\$ 533,78	\$ 537,14	\$ 540,54	\$ 543,99
Cashflow acumulado (caja)	\$ 2.287,01	\$ 2.820,79	\$ 3.357,93	\$ 3.898,47	\$ 4.442,46

	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Inversiones	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Tarifa de inyección	\$ 93,89	\$ 92,96	\$ 92,04	\$ 91,12	\$ 90,22
Ahorro consumo electricidad	\$ 433,62	\$ 438,11	\$ 442,64	\$ 447,22	\$ 451,85
Flujo de caja anual	\$ 547,50	\$ 551,06	\$ 554,68	\$ 558,35	\$ 562,07
Cashflow acumulado (caja)	\$ 4.989,96	\$ 5.541,02	\$ 6.095,70	\$ 6.654,05	\$ 7.216,12

Los datos de depreciación e inflación se aplican automáticamente durante todo el periodo de simulación. Esto no se realiza en el primer año.



Planos y listado de piezas
Esquema eléctrico



Número de oferta: 1004232875

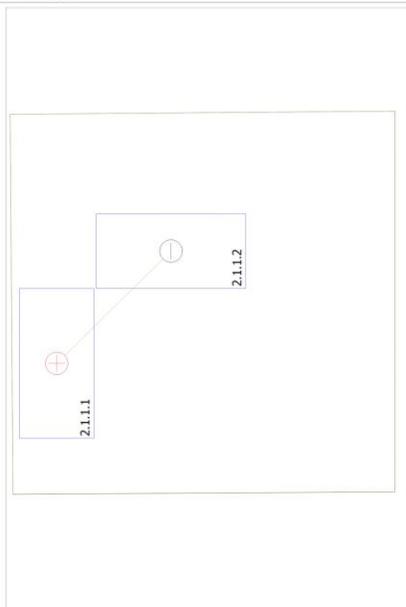


Figura: Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (30) 01 - Superficie a ocupar trazada 02

Número de oferta: 1004232875

Lista de piezas

#	Tipo	Número de artículo	Fabricante	Nombre	Cantidad	Unidad
1	Módulo FV		ZNShine PV-Tech Co.,Ltd.	ZXMS-NH144-450/M	5	Pieza
2	Inversores		Afore New Energy Technology	HNS1000TL-1 56/PL	2	Pieza
3	Instalación de batería		Example	2 kW - AC Coupling -	1	Pieza
				14.45 kWh		

Anexo 19. Informe fotovoltaico de la vivienda 4, similar al de la vivienda 3.

1.218183, -77.262660

Nombre del proyecto: Proyecto online de PV*SOL Perimetro Urbano Pasto (2.3 kWp)
N.º de oferta: 1004232875

6/05/2024

Sistema fotovoltaico N°4

Dirección de la instalación
Las Orquídeas, Comuna 12, Perimetro Urbano Pasto, Pasto, Centro, Nariflo, RAP Pacifico, 520003, Colombia



Proyecto online de PV*SOL Perimetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

Vista general del proyecto



Figura: Vista general, Planificación 3D

Instalación FV

3D, Sistema FV conectado a la red con consumidores eléctricos y sistemas de batería	
Datos climáticos	Barrio Carlos Pizarro, COL (2001 - 2020)
Fuente de los valores	Meteonorm 8.2(6)
Potencia generador FV	1,8 kWp
Superficie generador FV	10,3 m²
Número de módulos FV	4
Número de inversores	2
N.º de sistemas de baterías	1

Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

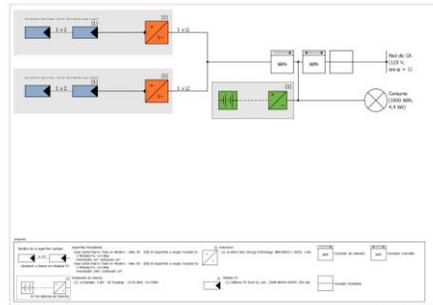


Figura: Diagrama esquemático

Pronóstico rendim.

Pronóstico rendim.	
Potencia generador FV	1,80 kWp
Rendimiento anual espec.	1.705,96 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	86,36 %
Reducción de rendimiento por sombreado	0,1 %
Energía de generador FV (Red CA)	3.077 kWh/Año
Consumo propio directa	513 kWh/Año
Carga de baterías	1.116 kWh/Año
Limitación en el punto de inyección	0 kWh/Año
Inyección en la red	1.448 kWh/Año
Proporción de consumo propio	52,8 %
Emissiones de CO ₂ evitadas	1.010 kg / año
Grado de autarquía	63,8 %

Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Valentin Software GmbH

Página 3 de 24

Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

Evaluación económica

Su beneficio	
Costes totales de inversión	2.700,00 \$
Tasa interna de retorno (TIR)	14,21 %
Duración amortización	7,0 Años
Costes de producción de energía	0,0487 \$/kWh
Balance / Concepto de alimentación	Inyección del excedente en la red

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmo PV*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los módulos o de inversores así como a otros causas.

Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Valentin Software GmbH

Página 4 de 24

Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

Disposición de la instalación

Resumen

Datos del sistema	
Tipo de instalación	3D, Sistema FV conectado a la red con consumidores eléctricos y sistemas de batería
Datos climáticos	
Ubicación	Barrio Carlos Pizarro, COL (2001 - 2020)
Fuente de los valores	Meteonorm 8.2(2)
Resolución de los datos	1 min
Módulos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Hofmann
- Radiación sobre superficie inclinada	Hay & Davies
Consumo	
Consumo total	1900 kWh
Residencia de 2 adultos y 2 niños	1900 kWh
Pico de carga	4,4 kW

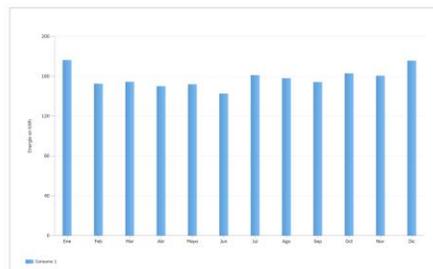


Figura: Consumo

Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Valentin Software GmbH

Página 5 de 24

Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

Superficies de módulos

- Superficie fotovoltaica - Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01-Superficie a ocupar trazada 01

Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01-Superficie a ocupar trazada 01

Nombre	Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01-Superficie a ocupar trazada 01
Módulos FV	2 x ZXN6-NH144-450/M (v2)
Fabricante	ZnShine PV-Tech Co., Ltd.
Inclinación	16 °
Orientación	Norte 16 °
Situación de montaje	Paralelo a la cubierta
Superficie generador FV	5,2 m ²

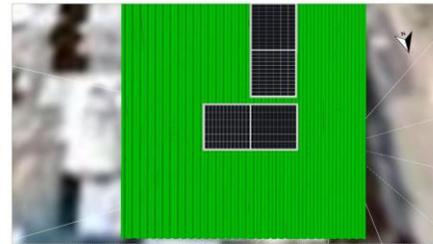


Figura - 1. Superficie fotovoltaica - Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01-Superficie a ocupar trazada 01

Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Valentin Software GmbH

Página 6 de 24

Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

2. Superficie fotovoltaica - Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01- Superficie a ocupar trazada 02

Generador FV, 2. Superficie fotovoltaica - Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01- Superficie a ocupar trazada 02

Nombre	Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01- Superficie a ocupar trazada 02
Módulos FV	2 x ZN46 NH144 450TM (v2)
Fabricante	ZNShine PV-Tech Co.,Ltd.
Inclinación	16 °
Orientación	Sur 196 °
Situación de montaje	Paralelo a la cubierta
Superficie generador FV	5,2 m²

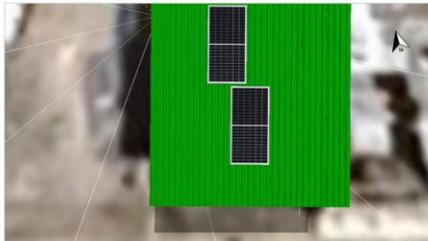


Figura 2: Superficie fotovoltaica - Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01- Superficie a ocupar trazada 02

Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Viamont Software GmbH

Página 7 de 24

Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

Instalaciones de batería

Instalación de batería - Grupo 1	
Modelo	2 kW - AC Coupling - 14.45 kWh (v2)
Fabricante	Example
Cantidad	1
Inversores de batería	Conexión a CA
Potencia nominal	2 kW
Batería	
Fabricante	Example
Modelo	2V 1050 Ah valve regulated (v1)
Cantidad	12
Energía de la batería	14,4 kWh
Tipo de batería	Ácido de plomo - Cerrada (Gel)

Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Viamont Software GmbH

Página 9 de 24

Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

Línea del horizonte, Planificación 3D

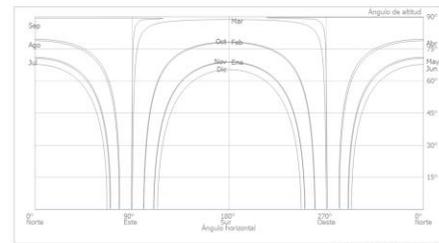


Figura: Horizonte (Planificación 3D)

Conexión del inversor

Conexión 1	
Superficie fotovoltaica	Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01- Superficie a ocupar trazada 01
Inversores 1	
Modelo	HNS1000TL-1 56/PL (v1)
Fabricante	Afore New Energy Technology
Cantidad	1
Factor de dimensionamiento	90 %
Conexión	MPP 1: 1 x 2
Conexión 2	
Superficie fotovoltaica	Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - (3D) 01- Superficie a ocupar trazada 02
Inversores 1	
Modelo	HNS1000TL-1 56/PL (v1)
Fabricante	Afore New Energy Technology
Cantidad	1
Factor de dimensionamiento	90 %
Conexión	MPP 1: 1 x 2

Red de CA

Red de CA	
Número de fases	3
Tensión de red entre Fase y neutro	120 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Viamont Software GmbH

Página 8 de 24

Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

Resultados de simulación

Resultados Sistema completo

Instalación FV		
Potencia generador FV	1.80 kWp	Energía de generador PV (Red CA)
Rendimiento anual espec.	1.705,96 kWh/kWp	
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	86,36 %	
Reducción de rendimiento por sombreado	0,1 %	
Energía de generador FV (Red CA)	3.077 kWh/Año	Consumo total
Consumo propio directa	513 kWh/Año	
Carga de baterías	1.116 kWh/Año	
Limitación en el punto de inyección	0 kWh/Año	
Inyección en la red	1.448 kWh/Año	Fracción de cobertura solar
Proporción de consumo propio	52,8 %	
Emisiones de CO ₂ evitadas	1.010 kg / año	

Consumidores	
Consumidores	1.900 kWh/Año
Consumo Standby (Inversores)	7 kWh/Año
Consumo total	1.907 kWh/Año
cubierto mediante energía fotovoltaica	513 kWh/Año
cubierto mediante batería	700 kWh/Año
cubierto mediante red	690 kWh/Año
Fracción de cobertura solar	63,8 %

Instalación de batería		
Carga al principio	14 kWh	Carga de baterías (Total)
Carga de baterías (Total)	1.402 kWh/Año	
Carga de baterías (Instalación PV)	1.116 kWh/Año	
Carga de baterías (Red)	286 kWh/Año	
Energía procedente de las baterías destinada para consumo	990 kWh/Año	Carga de baterías (Instalación PV)
Descarga de la batería en la red	0 kWh/Año	
Pérdidas debido a la carga/descarga	200 kWh/Año	
Pérdidas en batería	227 kWh/Año	
Carga de ciclos	2,1 %	
Vida útil	>12 Años	

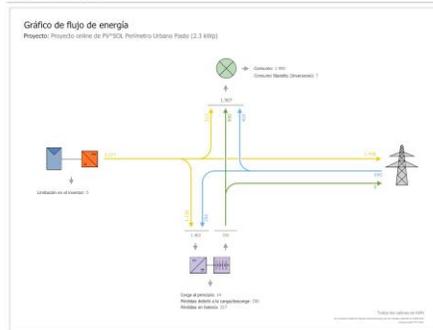
Grado de autarquía	
Consumo total	1.907 kWh/Año
cubierto mediante red	690 kWh/Año
Grado de autarquía	63,8 %

Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Viamont Software GmbH

Página 10 de 24

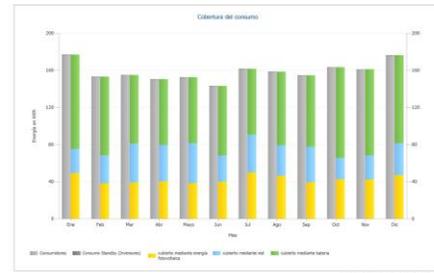
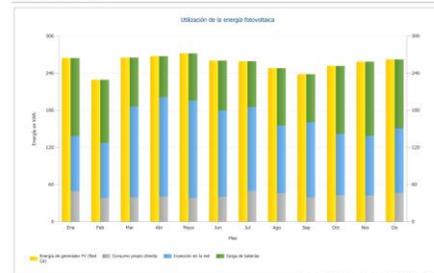
Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875



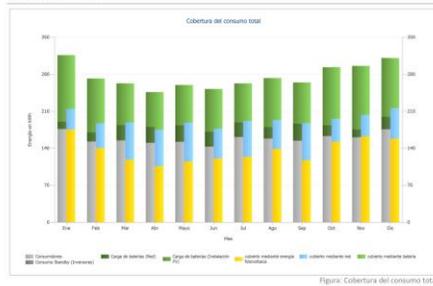
Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875



Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875



Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

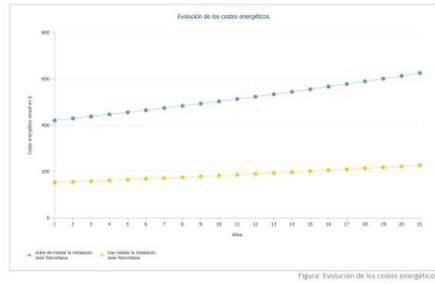
Análisis de rentabilidad

Resumen

Datos del sistema	
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	1,448 kWh/Año
Potencia generador FV	3,8 kWp
Puesta en marcha de la instalación	18/03/2024
Periodo de consideración	20 Años
Interés del capital	1 %
Parámetros económicos	
Tasa interna de retorno (TIR)	14,21 %
Cashflow acumulado (caja)	5.155,07 \$
Duración amortización	7,0 Años
Costes de producción de energía	0,0487 \$/kWh
Resumen de pagos	
costes específicos de inversión	1.500,00 \$/kWp
Coste de la inversión	2.700,00 \$
Pagos únicos	0,00 \$
Subvenciones	0,00 \$
Costes anuales	0,00 \$/Año
Otros beneficios y ahorros.	0,00 \$/Año
Remuneración y ahorros	
Remuneración total en el primer año	118,77 \$/Año
Ahorros durante el primer año	268,34 \$/Año
EEG 2023 (Teileinspeisung) - Gebäudeanlagen	
Validez	30/11/2022 - 31/12/2042
Remuneración spec. por energía inyectada en la red	0,082 \$/kWh
Tarifa de inyección	118,7659 \$/Año
Ejemplo Private (Example)	
Precio de trabajo	0,2218 \$/kWh
Precio base	6,9 \$/Mes
Factor de cambio del precio de costo del consumo energético	2 %/Año

Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875



Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

Flujo de caja

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversiones	-\$ 2.700,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Tarifa de inyección	\$ 111,05	\$ 116,43	\$ 115,27	\$ 114,13	\$ 113,00
Ahorro consumo electricidad	\$ 249,15	\$ 268,31	\$ 270,97	\$ 273,65	\$ 276,36
Flujo de caja anual	-\$ 2.339,81	\$ 384,74	\$ 386,24	\$ 387,78	\$ 389,36
Cashflow acumulado (caja)	-\$ 2.339,81	-\$ 1.955,07	-\$ 1.568,83	-\$ 1.181,05	-\$ 791,69

	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversiones	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Tarifa de inyección	\$ 111,88	\$ 110,78	\$ 109,68	\$ 108,59	\$ 107,52
Ahorro consumo electricidad	\$ 279,10	\$ 281,86	\$ 284,65	\$ 287,47	\$ 290,31
Flujo de caja anual	\$ 390,98	\$ 392,63	\$ 394,33	\$ 396,06	\$ 397,83
Cashflow acumulado (caja)	-\$ 400,71	-\$ 8,08	\$ 386,25	\$ 782,31	\$ 1.180,14

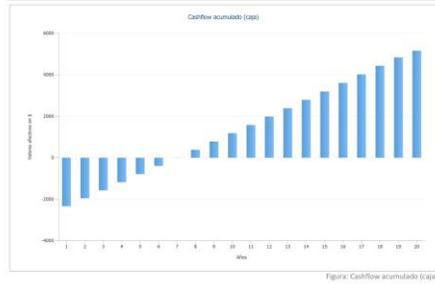
	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Inversiones	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Tarifa de inyección	\$ 106,45	\$ 105,40	\$ 104,36	\$ 103,32	\$ 102,30
Ahorro consumo electricidad	\$ 293,19	\$ 296,09	\$ 299,02	\$ 301,98	\$ 304,97
Flujo de caja anual	\$ 399,64	\$ 401,49	\$ 403,38	\$ 405,31	\$ 407,27
Cashflow acumulado (caja)	\$ 1.579,78	\$ 1.981,27	\$ 2.384,65	\$ 2.789,95	\$ 3.197,23

	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Inversiones	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Tarifa de inyección	\$ 101,29	\$ 100,28	\$ 99,29	\$ 98,23	\$ 97,20
Ahorro consumo electricidad	\$ 307,99	\$ 311,04	\$ 314,12	\$ 317,23	\$ 320,37
Flujo de caja anual	\$ 409,28	\$ 413,33	\$ 413,41	\$ 403,46	\$ 320,37
Cashflow acumulado (caja)	\$ 3.606,50	\$ 4.017,83	\$ 4.431,24	\$ 4.834,70	\$ 5.155,07

Los datos de degradación y eficiencia se calculan automáticamente a partir de los parámetros de configuración. Esto no se aplica en el primer año.

Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

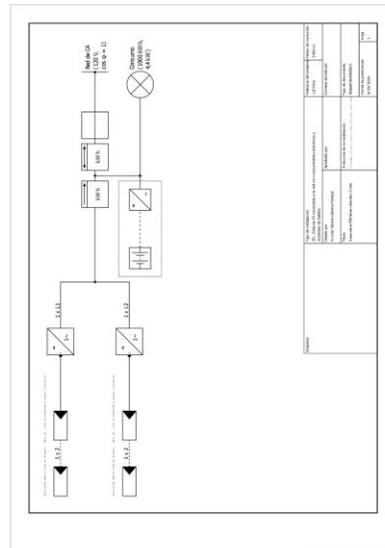


Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

Planos y listado de piezas

Esquema eléctrico



Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

Plano de conjunto

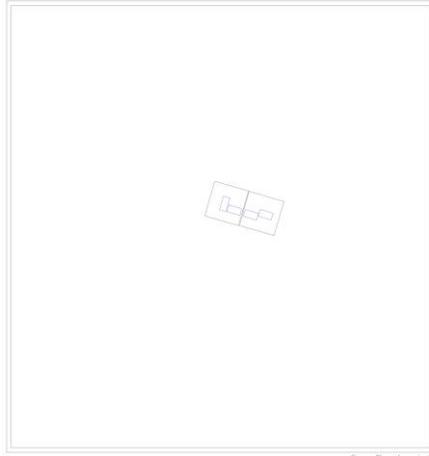


Figura: Plano de conjunto

Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

Plan de acotación

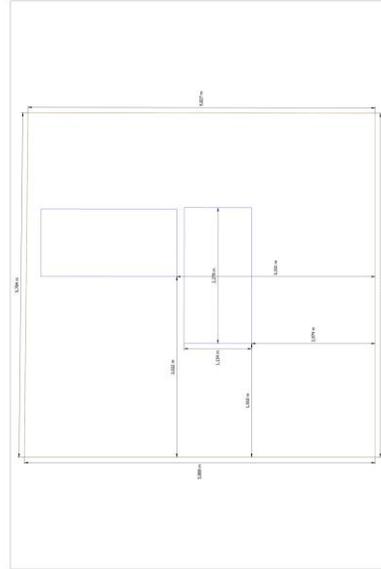


Figura: Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - [3D] 01 - Superficie a ocupar traseada 01

Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

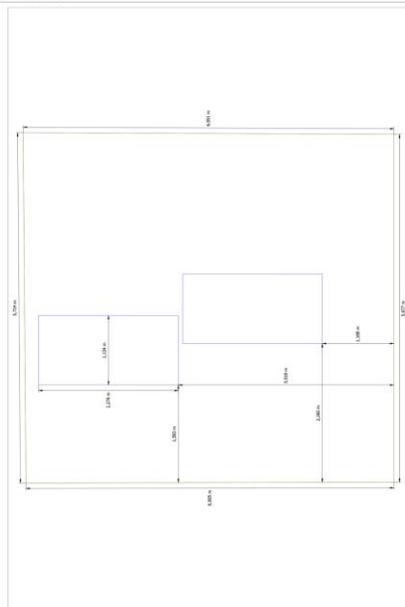


Figura: Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - [3D] 01 - Superficie a ocupar traseada 02

Proyecto online de PV*SOL Perímetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004232875

Plano de líneas

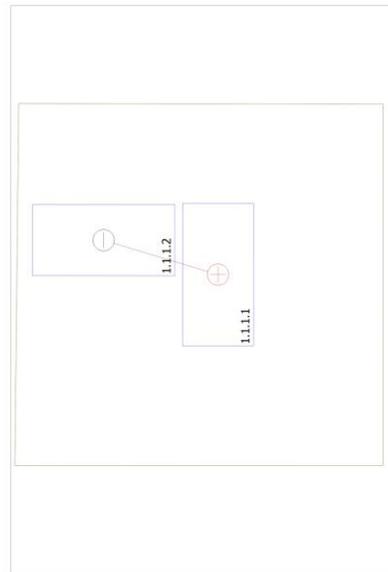


Figura: Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - [3D] 01 - Superficie a ocupar traseada 01

Proyecto online de PV*SOL Perimetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004212875

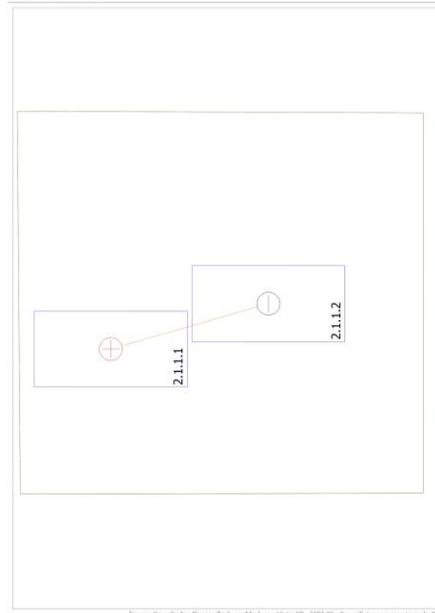


Figura: Casa Carlos Pizarro Toda en Madera - Vista 3D - [3D] 01 - Superficie a ocupar trazada 02

Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Valentini Software GmbH

Página 23 de 24

Proyecto online de PV*SOL Perimetro Urbano Pasto (2.3 kWp)

Número de oferta: 1004212875

Lista de piezas

#	Tipo	Número de artículo	Fabricante	Nombre	Cantidad	Unidad
1	Módulo FV	ZNShine PV-Tech Co.,Ltd.	ZNShine PV-Tech Co.,Ltd.	ZXMS-NH144-450/M	4	Pieza
2	Inversores	Afore New Energy Technology	Afore New Energy Technology	HNS1000TL-1.56/PL	2	Pieza
3	Instalación de batería	Example	Example	2 kW - AC Coupling - 14.45 kWh	1	Pieza
4	Componentes			Contador de inyección	1	Pieza
5	Componentes			Contador reversible	1	Pieza
6	Componentes			Conexión doméstica	1	Pieza

Creado con PV*SOL premium 2024 (R3)
Valentini Software GmbH

Página 24 de 24

Anexo 20. Ficha técnica del tanque recolector de aguas pluviales y ficha técnica del tanque separador de grasas.

GRAF Regenwasser-Erdtank-Carat XL
8500 L / 2245 gal.

GB	GRAF underground tank Carat XL 8500 L / 2245 gal.	ES	GRAF Depósito Soterrado Carat XL 8500 L / 2245 gal.	FR	GRAF Cuve à enterrer Carat XL 8500 L / 2245 gal.	revision:	370005 (370043 / 371018)
gesamtwert	EMU	Gesamtwert	380 kg	Otto Graf GmbH Carl-Zeiss-Str. 2-6 DZ-79333 Tübingen mail@graf.info www.graf.info			
Datum	2022.10.12	Toleranz	+/- 3%				
Modellskala	M 1:40	Einheiten	mm (inch) gal = US gal.				

Fettescheider KL.sepa.pop 2-200-3
Saphir 900L, S 200L, F 300L, G 730L, NS2

GB	Grease separator KL.sepa.pop NS2	ES	Separador de grasa KL.sepa.pop NS2	FR	Séparateur à graisse KL.sepa.pop TN2	revision:	108002 108052
gesamtwert	ISC	Gesamtwert	70 kg	Otto Graf GmbH Carl-Zeiss-Str. 2-6 DZ-79333 Tübingen mail@graf.info www.graf.info			
Datum	2017.08.01	Toleranz	+/- 3%				
Modellskala	M 1:20	Einheiten	mm (inch) gal = US gal.				



UNIVERSIDAD
CESMAG
MIT. 800.109.387.7
VIGILADA MINEDUCACIÓN

**CARTA DE ENTREGA TRABAJO DE GRADO O
TRABAJO DE APLICACIÓN – ASESOR(A)**

CÓDIGO: AAC-BL-FR-032

VERSIÓN: 1

FECHA: 09/JUN/2022

San Juan de Pasto, 19 de febrero de 2025

Biblioteca
REMIGIO FIORE FORTEZZA OFM. CAP.
Universidad CESMAG
Pasto

Saludo de paz y bien.

Por medio de la presente se hace entrega del Trabajo de Grado / Trabajo de Aplicación denominado Tendencia del impacto ambiental negativo en viviendas vis unifamiliares para generar estrategias de mitigación, en el barrio Carlos Pizarro de la ciudad de San Juan de Pasto, presentado por el (los) autor(es) Nicole Valeria Cabrera Pantoja, del Programa Académico de Arquitectura al correo electrónico biblioteca.trabajosdegrado@unicesmag.edu.co. Manifiesto como asesor(a), que su contenido, resumen, anexos y formato PDF cumple con las especificaciones de calidad, guía de presentación de Trabajos de Grado o de Aplicación, establecidos por la Universidad CESMAG, por lo tanto, se solicita el paz y salvo respectivo.

Atentamente,

Armando José Quijano Vodnza

NOMBRE Y APELLIDOS DEL ASESOR(A)

Número de documento 12.977.285

Programa académico *Arquitectura*

Teléfono de contacto 315 23 3115

Correo electrónico *jaquijano@unicesmag.edu.co*



INFORMACIÓN DEL (LOS) AUTOR(ES)	
Nombres y apellidos del autor: Nicole Valeria Cabrera Pantoja	Documento de identidad: 1004232875
Correo electrónico: nicolecabrerapantoja@gmail.com	Número de contacto: 3163862198
Nombres y apellidos del autor:	Documento de identidad:
Correo electrónico:	Número de contacto:
Nombres y apellidos del asesor: José Armando Quijano Vodniza	Documento de identidad: 12977285
Correo electrónico: jaquijano@unicesmag.edu.co	Número de contacto: 3152133115
Título del trabajo de grado: Tendencia del impacto ambiental negativo en viviendas vis unifamiliares para generar estrategias de mitigación, en el barrio Carlos Pizarro de la ciudad de San Juan de Pasto	
Facultad y Programa Académico: Facultad de Arquitectura y Bellas Artes – Programa de Arquitectura	

En mi (nuestra) calidad de autor(es) y/o titular (es) del derecho de autor del Trabajo de Grado o de Aplicación señalado en el encabezado, confiero (conferimos) a la Universidad CESMAG una licencia no exclusiva, limitada y gratuita, para la inclusión del trabajo de grado en el repositorio institucional. Por consiguiente, el alcance de la licencia que se otorga a través del presente documento, abarca las siguientes características:

- La autorización se otorga desde la fecha de suscripción del presente documento y durante todo el término en el que el (los) firmante(s) del presente documento conserve (mos) la titularidad de los derechos patrimoniales de autor. En el evento en el que deje (mos) de tener la titularidad de los derechos patrimoniales sobre el Trabajo de Grado o de Aplicación, me (nos) comprometo (comprometemos) a informar de manera inmediata sobre dicha situación a la Universidad CESMAG. Por consiguiente, hasta que no exista comunicación escrita de mi(nuestra) parte informando sobre dicha situación, la Universidad CESMAG se encontrará debidamente habilitada para continuar con la publicación del Trabajo de Grado o de Aplicación dentro del repositorio institucional. Conozco(conocemos) que esta autorización podrá revocarse en cualquier momento, siempre y cuando se eleve la solicitud por escrito para dicho fin ante la Universidad CESMAG. En estos eventos, la Universidad CESMAG cuenta con el plazo de un mes después de recibida la petición, para desmarcar la visualización del Trabajo de Grado o de Aplicación del repositorio institucional.
- Se autoriza a la Universidad CESMAG para publicar el Trabajo de Grado o de Aplicación en formato digital y teniendo en cuenta que uno de los medios de publicación del repositorio institucional es el internet, acepto(amos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación circulará con un alcance mundial.
- Acepto (aceptamos) que la autorización que se otorga a través del presente documento se realiza a título gratuito, por lo tanto, renuncio(amos) a recibir emolumento alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y/o cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente autorización y de la licencia o programa a través del cual sea publicado el Trabajo de grado o de Aplicación.



sobre la misma. Por consiguiente, asumo(asumimos) toda la responsabilidad sobre su contenido ante la Universidad CESMAG y frente a terceros, manteniéndose indemne de cualquier reclamación que surja en virtud de la misma. En todo caso, la Universidad CESMAG se compromete a indicar siempre la autoría del escrito incluyendo nombre de(los) autor(es) y la fecha de publicación.

- e) Autorizo(autorizamos) a la Universidad CESMAG para incluir el Trabajo de Grado o de Aplicación en los índices y buscadores que se estimen necesarios para promover su difusión. Así mismo autorizo (autorizamos) a la Universidad CESMAG para que pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

NOTA: En los eventos en los que el trabajo de grado o de aplicación haya sido trabajado con el apoyo o patrocinio de una agencia, organización o cualquier otra entidad diferente a la Universidad CESMAG. Como autor(es) garantizo(amos) que he(hemos) cumplido con los derechos y obligaciones asumidos con dicha entidad y como consecuencia de ello dejo(dejamos) constancia que la autorización que se concede a través del presente escrito no interfiere ni transgrede derechos de terceros.

Como consecuencia de lo anterior, autorizo(autorizamos) la publicación, difusión, consulta y uso del Trabajo de Grado o de Aplicación por parte de la Universidad CESMAG y sus usuarios así:

- Permiso(permitimos) que mi(nuestro) Trabajo de Grado o de Aplicación haga parte del catálogo de colección del repositorio digital de la Universidad CESMAG por lo tanto, su contenido será de acceso abierto donde podrá ser consultado, descargado y compartido con otras personas, siempre que se reconozca su autoría o reconocimiento con fines no comerciales.

En señal de conformidad, se suscribe este documento en San Juan de Pasto a los 19 días del mes de 02 del año 2025

<i>Nicole Valeira Cabrera Pantoja</i>	
Nombre del autor: <i>Nicole Valeira Cabrera Pantoja</i>	Nombre del autor:
Nombre del autor:	Nombre del autor:
<i>Armando José Quijano Vadnija</i> Nombre del asesor: <i>Armando José Quijano Vadnija</i>	