



**ENSAMBLE DE UNA VIVIENDA AUTOSUSTENTABLE**

**Diego Andrés Rodríguez Moya**

**José Luis Rueda Escobar**

**Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Bogotá D.C.**

**2022**



Ensamble de una vivienda autosustentable

**ENSAMBLE DE UNA VIVIENDA AUTOSUSTENTABLE**

**Diego Andrés Rodríguez Moya**

**José Luis Rueda Escobar**

**Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Civil**

**Docente Asesor**

**Janneth Patricia Gil e Iván Mora Samaca**

**Ing. Civil**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Bogotá D.C.**

**2022**

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### **Agradecimientos**

Nuestros agradecimientos van dirigidos principalmente a Dios quien nos ha dado la sabiduría y discernimiento para nuestro proceso académico y personal; a nuestros familiares, quienes nos han apoyado incondicionalmente en nuestro camino como estudiantes, hijos, sobrinos y hermanos, inculcándonos siempre los mejores y más valiosos valores que la vida y la experiencia nos pueden otorgar. No menos importante, agradecemos a nuestros amigos y compañeros quienes estuvieron presentes en nuestra formación profesional, ayudándonos día a día a ser mejores amigos y compañeros, trabajar en equipo y no darnos por vencido en nuestros momentos más difíciles

Por otro lado, agradecemos a las Universidad Piloto de Colombia y a todos los docentes que hicieron parte de este hermoso camino de la vida universitaria, por darnos todas las herramientas necesarias para poder enfrentar los retos que la vida natural y profesional nos puedan presentar. Por último, agradecemos a los docentes Jaime Iván Mora Samacá y Janneth Patricia Gil, por haber estado presentes en este paso de la vida académica y profesional, resolviendo las dudas presentadas en el camino al dejar su huella en nuestro proyecto de grado y en nosotros.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### **Dedicatorias**

Nuestra investigación es dedicada a nuestros padres. Nos quisieron con tanta fuerza y bondad, que su amor estará siempre grabado en nuestra alma, sólo Dios sabe lo agradecidos que estamos.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Tabla de Contenido**

Resumen .....	11
<i>Palabras claves</i> .....	12
Abstract.....	13
<i>Keywords</i> .....	14
1. Introducción .....	15
1.1. Antecedentes.....	15
1.1.1. <i>Local</i> .....	15
1.1.2. <i>Nacional</i> .....	16
1.1.3. <i>Internacional</i> .....	19
1.2. Justificación.....	22
1.3. Planteamiento del Problema .....	23
1.4. Hipótesis.....	24
1.4.1. <i>Hipótesis de trabajo</i> .....	24
1.4.2. <i>Hipótesis Nula</i> .....	24
1.5. Objetivos .....	25
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	25
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	25
1.6. Delimitación .....	25
1.6.1. <i>Espacio</i> .....	25
1.6.2. <i>Tiempo</i> .....	26
1.6.3. <i>Contenido</i> .....	26
1.6.4. <i>Alcance</i> .....	26
1.6.5. <i>Limitaciones</i> .....	27
2. Marco Teórico .....	28
2.1. Sustentabilidad.....	28
2.1.1. <i>Concepto</i> .....	28
2.1.1. <i>Características</i> .....	28
2.2. Desarrollo Sustentable .....	29
2.3. Tecnologías para la sustentabilidad.....	32
2.3.1. <i>Concepto</i> .....	32
2.3.2. <i>Clasificación</i> .....	33

## Ensamble de una vivienda autosustentable

2.4. Sistema Eléctrico .....	34
2.4.1. Paneles Solares.....	35
2.4.2. Sistema Geotérmico .....	38
2.5. Sistema Estructural .....	43
2.5.1. Concreto con agregado grueso de hueso triturado.....	44
2.5.2. Steel Framing.....	46
2.6. Sistema de Reciclaje del agua.....	53
2.6.2. Etapa 1.....	56
2.6.3. Etapa 2.....	56
2.6.4. Etapa 3.....	56
2.6.5. Etapa 4.....	57
2.6.6. Etapa 5.....	57
2.6.7. Etapa 6.....	57
3. Marco Legal .....	59
3.1 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.....	59
3.2. Ley 1715 de 2014 de la República de Colombia y modificada parcialmente por la Ley 2099 del 2021.....	59
3.3. Norma REITE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas).....	60
3.4. Norma NTC 2050 es un anexo general de la Norma REITE.....	60
3.5. La Sección 690 de la Norma NTC 2050.....	61
3.6. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS .....	61
4. Metodología .....	62
4.1. Fuentes de información .....	62
4.2. Diseño Metodológico .....	62
4.2.1. Fase I: Revisión Teórica.....	63
4.2.2. Fase II: Sistema de reciclaje de agua.....	63
4.2.3. Fase III: Mecanismo de energía renovable .....	64
4.2.4. Fase IV: Mecanismo geotérmico.....	64
4.2.5. Fase V: Ensamble de Vivienda.....	64
4.2.6. Fase VI: Análisis del cumplimiento del diseño de la vivienda autosustentable con las características claves del desarrollo sostenible. ....	65
5. Resultados .....	66
4.1. Sistema de reciclaje de agua .....	66
4.1.1. Cálculos consumo de agua .....	68

## Ensamble de una vivienda autosustentable

4.1.2.	<i>Diseño</i> .....	77
4.2.	Mecanismo de energía renovable.....	84
4.2.1.	<i>Cálculos consumo de energía</i> .....	89
4.2.2.	<i>Diseño</i> .....	96
4.2.3.	<i>Recomendaciones</i> .....	108
4.3.	Mecanismo geotérmico .....	109
4.3.2.	<i>¿Cuánto consume un aire acondicionado? - Edesur</i> .....	112
4.3.3.	<i>Diseño</i> .....	113
4.4.	Ensamble de Vivienda.....	124
4.4.1.	<i>Cimentación</i> .....	125
4.4.2.	<i>Revestimientos del contrapiso en Steel Framing</i> .....	128
4.4.3.	<i>Estructura Metálica</i> .....	130
4.4.4.	<i>Perfiles</i> .....	132
4.4.5.	<i>Paneles de Muros</i> .....	133
4.4.6.	<i>Escalera</i> .....	137
4.4.7.	<i>Revestimiento exterior e interior de los paneles en Steel Framing</i> .....	138
4.4.8.	<i>Cubierta</i> .....	141
4.4.9.	<i>Revestimientos exterior e interior de la cubierta en Steel Framing</i> .....	144
4.4.10.	<i>Presupuesto</i> .....	147
5.	Conclusiones .....	155
6.	Recomendaciones .....	157
7.	Referencias Bibliográficas .....	158
	Anexos.....	167
	Anexo 1. Medidas estandarizadas. ....	168
	Anexo 2. Plano Este de Fachada de la Casa Autosustentable. ....	169
	Anexo 3. Plano Oeste de Fachada de la Casa Autosustentable. ....	170
	Anexo 4. Plano Frontal de Fachada de la Casa Autosustentable .....	171
	Anexo 5. Plano Trasero de Fachada de la Casa Autosustentable.....	172

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Índice de Figuras**

<b>Figura 1</b> Panel solar.....	35
<b>Figura 2</b> Pozo Canadiense.....	39
<b>Figura 3</b> Steel Framing” Nuevo sistema de construcción liviano.....	47
<b>Figura 4</b> Filtro Ósmosis Inversa Agua Desionizada 2400gpd Luz Uv 25w .....	55
<b>Figura 5</b> Recibo de agua y alcantarillado en Anapoima, Cundinamarca. ....	67
<b>Figura 6</b> Esquema general de la vivienda de la red de suministro de agua local.....	77
<b>Figura 7</b> Esquema general de la vivienda de diseño de la red de tubería de aguas grises.....	78
<b>Figura 8</b> Esquema de reciclaje de aguas grises de la casa autosustentable. ....	80
<b>Figura 9</b> Esquema general de la vivienda diseño de la tubería de agua reciclada. ....	81
<b>Figura 10</b> Esquema general de la vivienda del diseño sanitario. ....	82
<b>Figura 11</b> Recibo de luz en Anapoima, Cundinamarca. ....	87
<b>Figura 12</b> Esquema general de la vivienda autosustentable - visualización en planta. ....	97
<b>Figura 13</b> Esquema general de la vivienda con la ubicación de los tomacorrientes - visualización en planta. ....	99
<b>Figura 14</b> Esquema general de la vivienda con la ubicación de los Paneles LED - visualización en planta. ....	100
<b>Figura 15</b> Esquema general de la vivienda con la ubicación de los interruptores - visualización en planta. ....	101
<b>Figura 16</b> Esquema general de la vivienda con la ubicación de los conductores, inversor y contador de energía - visualización en planta. ....	102
<b>Figura 17</b> Esquema eléctrico general de la vivienda con la implementación del kit solar. ....	105
<b>Figura 18</b> Esquema general del sistema eléctrico interno de la vivienda autosustentable .....	106
<b>Figura 19</b> Esquema general del sistema eléctrico externo de la vivienda autosustentable .....	106
<b>Figura 20</b> Esquema del pozo canadiense conectado a una vivienda. ....	110
<b>Figura 21</b> Esquema de distintas configuraciones de instalaciones. ....	113
<b>Figura 22</b> Detalle del pozo canadiense de la casa autosustentable. ....	123
<b>Figura 23</b> Esquema de zapata continúa fundida bajo tierra. ....	125



## Ensamble de una vivienda autosustentable

<b>Figura 24</b> Detalle de estructural de zapata corrida anclada a paneles estructurales de acero galvanizado. ....	126
<b>Figura 25</b> Detalle de paneles estructurales de acero galvanizado. ....	127
<b>Figura 26</b> Trazado de la cimentación de la edificación en Steel Framing. ....	128
<b>Figura 27</b> Trazado en corte de la cimentación de la edificación en Steel Framing. ....	129
<b>Figura 28</b> Esquema de una edificación en Steel Framing. ....	131
<b>Figura 29</b> Especificaciones de los perfiles en Steel Framing. ....	132
<b>Figura 30</b> Detalle de los anclajes permanentes de los paneles estructurales. ....	135
<b>Figura 31</b> Detalle de paneles estructurales con abertura de ventana. ....	136
<b>Figura 32</b> Detalle de paneles estructurales sin abertura. ....	137
<b>Figura 33</b> Detalle de escalera panel triangular inclinado. ....	138
<b>Figura 34</b> Detalle de paneles estructurales sin abertura. ....	139
<b>Figura 35</b> Detalle de la cubierta con conexión al panel estructural. ....	142
<b>Figura 36</b> Detalle de la cubierta en conexión con la cumbrera de viga compuesta. ....	143
<b>Figura 37</b> Diagrama de rigidización y terminación exterior de la cubierta. ....	144
<b>Figura 38</b> Detalle de la cubierta en conexión con la cumbrera de viga compuesta. ....	145
<b>Figura 39</b> Cumplimiento de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) ....	154

## Ensamble de una vivienda autosustentable

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Claves para la sostenibilidad.....	31
<b>Tabla 2</b> Tipos de Suelo - Conductividad Térmica - Capacidad Calorífica.....	41
<b>Tabla 3</b> Cálculos de consumo de agua aproximado de una casa habitada 30 días .....	69
<b>Tabla 4</b> Valores de consumo de agua aproximado de una casa vacacional 30 días. ....	70
<b>Tabla 5</b> Cálculos de consumo de agua aproximado de una casa habitada 15 días. ....	71
<b>Tabla 6</b> Valores de consumo de agua aproximado de una casa vacacional 15 días. ....	72
<b>Tabla 7</b> Cálculos de consumo de agua aproximado de una casa vacacional 8 días. ....	73
<b>Tabla 8</b> . Valores de consumo de agua aproximado de una casa vacacional promedio de 8 días. .....	73
<b>Tabla 9</b> Total de costos proyectados de ahorro de agua reciclada del sistema a 20 años aprox.	75
<b>Tabla 10</b> Valores de Elemento y duración.....	75
<b>Tabla 11</b> Total de costos proyectados de ahorro de agua reciclada del sistema a 20 años aprox. .....	76
<b>Tabla 12</b> Cálculos de consumo aproximado de una casa habitada 30 días. ....	89
<b>Tabla 13</b> Valores de consumo de energía aproximado de una casa vacacional 30 días .....	90
<b>Tabla 14</b> Cálculos de consumo aproximado de una casa vacacional 15 días.....	91
<b>Tabla 15</b> Valores de consumo de energía aproximado de una casa vacacional 15 días.....	92
<b>Tabla 16</b> Cálculos de consumo aproximado de una casa vacacional 8 días. ....	93
<b>Tabla 17</b> Valores de consumo de energía aproximado de una casa vacacional promedio de 8 días. ....	93
<b>Tabla 18</b> Proyección ahorro de energía en costo por sistema solar de 20 años aproximadamente .....	94
<b>Tabla 19</b> Proyección de ahorro de energía en costo por sistema solar de 20 años con un gasto energético de promedio de red.....	95
<b>Tabla 20</b> Total de costos proyectados de ahorro energético del sistema solar de 20 años aproximadamente. ....	96
<b>Tabla 21</b> Características de los perfiles estructurales de acero galvanizado.....	133

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### Resumen

El objetivo de la presente investigación fue el ensamble de una casa autosustentable, con base en diferentes sistemas innovadores y ecosostenibles que permitieron, no solo poder construir de una manera más sostenible y amigable con el ambiente, sino reflejar ahorros considerables en el uso de energías y sistemas tradicionales de construcción. La casa autosustentable consta de cuatro sistemas: en primer lugar, el *Steel framing*, que es una estructura resistente, flexible en diseño, de rápida construcción, económica, ahorradora de energía, durabilidad y características termoacústicas. En segunda instancia, los paneles solares, sistema de ahorro energético, los cuales contemplan una vida útil de 25 años en promedio.

Así mismo, se recurrió a este sistema por la ubicación de la casa, donde esta permite la obtención de la energía solar, la cual suplirá toda la energía que se necesita. Por otro lado, se cuenta con un filtro de agua, este sistema de reciclaje de agua permite que las aguas grises tengan las características óptimas para su uso convencional, además de ofrecer una duración y ahorro fundamental en el gasto de agua.

Por último, el pozo canadiense es el más innovador de los cuatro sistemas, cuyo fin es ahorrar de forma considerable la energía eléctrica del hogar, utilizando energía geotérmica y eliminando totalmente el uso de ventiladores y aires acondicionados para la calefacción o enfriamiento del interior de la vivienda. Entre los resultados más relevantes se encontró ahorros importantes con respecto a la energía eléctrica del hogar y consumo hídrico, construcción y los sistemas

## Ensamble de una vivienda autosustentable

autosostenibles a corto, mediano y largo plazo lo que motiva a la compra y construcción de este tipo de vivienda en un presente y futuro.

***Palabras claves:*** Casa autosustentable, Agua gris reciclada, Pozo Canadiense, Paneles Solares y Steel Framing

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### Abstract

The objective of the present investigation was the assembly of a self-sustaining house, based on different innovative and eco-sustainable systems that allowed not only to be able to build in a more sustainable and environmentally friendly way, but also to reflect considerable savings in the use of energy and traditional building systems. The self-sustaining house consists of four systems: first, the Steel framing, which is a resistant structure, flexible in design, quick to build, economical, energy-saving, durable and has thermo-acoustic characteristics. In the second instance, the solar panels, an energy saving system, which contemplate a useful life of 25 years on average.

Likewise, this system was used due to the location of the house, where it allows obtaining solar energy, which will supply all the energy that is needed. On the other hand, there is a water filter, this water recycling system allows gray water to have the optimal characteristics for its conventional use, in addition to offering a duration and fundamental savings in water consumption.

Lastly, the Canadian well is the most innovative of the four systems, the purpose of which is to considerably save electrical energy in the home, using geothermal energy and totally eliminating the use of fans and air conditioners for heating or cooling the interior of the house. living place. Among the most relevant results, significant savings were found with respect to household electrical energy and water consumption, construction and self-sustaining systems in the short,

## Ensamble de una vivienda autosustentable

medium and long term, which motivates the purchase and construction of this type of housing in a present and future.

**Keywords:** Self-sustaining house, Recycled gray water, Canadian Well, Solar Panels and Steel Framing

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### 1. Introducción

#### 1.1. Antecedentes

En la actualidad, la necesidad de buscar tecnologías limpias y sostenibles está en auge, el cambio climático está presentando consecuencias ambientales devastadoras, a tal punto que muchos de nuestros recursos hídricos se están viendo afectados por la acción humana; por esto se ha optado por utilizar energías renovables y tratamiento de aguas residuales constantemente.

El periódico ecoticias.com (2016), en su artículo 10 casas ecológicas y sostenibles, afirma que actualmente existe una variedad de diseños arquitectónicos para la construcción de viviendas ecológicas, sustentables y amigables con el medio ambiente; que por lo general son edificadas con desechos reciclados, fibras, bambú, madera o cristal. Sin embargo, Termiser.com (2015), en su artículo Construcción de casas ecológicas ventajas y desventajas, sostienen que este tipo de viviendas autosustentables presentan inconvenientes como: la localización adecuada para la exposición del sol y que algunos materiales ecológicos son difíciles de conseguir, junto con los costos elevados del transporte.

##### *1.1.1. Local.*

Una de las mejores soluciones para enfrentar la crisis ambiental es implementando viviendas autosustentables, las cuales son capaces de generar y abastecerse solas energía

## Ensamble de una vivienda autosustentable

renovable y agua reutilizable y funcionar automáticamente, sin depender directamente de redes exteriores.

Autores como Termiser (2015) y Ecoticias (2016) consideran que si bien es cierto que la construcción de viviendas autosustentables generan ventajas entre las que se encuentran la construcción de viviendas con desechos reciclables, también lo es que presenta desventajas como los costos elevados inicialmente, factores climáticos y materiales difíciles de conseguir.

### *1.1.2. Nacional.*

En las últimas décadas, se ha demostrado un interés por los cambios y nuevas adherencias al concreto convencional, con el fin de proporcionar mejoras a las características químicas y físicas que este posee. Ardila y Echeverry (2018) realizaron el experimento de utilizar el hueso triturado como agregado grueso, el cual se esperaba que incrementara la resistencia a la compresión del hormigón convencional.

Como primer paso, seleccionaron el material de reemplazo o aditivo del concreto, en este caso el hueso, luego evaluaron la accesibilidad de este, con el fin de determinar su procedencia. Eligieron el hueso de animal (res o porcino), debido a su fácil accesibilidad; posteriormente, evaluaron los impactos ambientales, obteniendo un resultado positivo y, por último, evaluaron las propiedades mecánicas que ofrece dicho aditivo, ya sea la resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión.



## Ensamble de una vivienda autosustentable

Concluyeron que el uso de hueso de res triturado es muy efectivo con respecto a la resistencia a la compresión que el concreto tiene, ya que disminuye la cantidad de agregado grueso en un 10% al ser sustituido por este aditivo, lo cual generó alrededor de un 8% menos de peso que el concreto convencional, manteniendo una resistencia similar e incluso mayor. Esto hace que la estructura a construir sea más liviana y que se disminuyan secciones tanto en la parte estructural como en la cimentación, conllevando así a un menor costo constructivo.

La resistencia y propiedades físico-mecánicas del tejido óseo abren un umbral de posibilidades para su uso dentro del hormigón, el cual procesado mediante calcinación muestra una alternativa para ser adherido a la pasta de cemento. Las pruebas de compresión en la pasta de cemento dan resultados favorables sustituyendo el 10% del material cementante por hueso calcinado a 1200°C durante una hora. En otras palabras, el hueso calcinado una hora a 1200°C tiene propiedades físicas muy similares a las del cemento. El 10% de reposición genera mayor resistencia que la mezcla pura (Mora, 2019).

Lemus y Romero (2014) plantean la viabilidad del diseño de un prototipo de vivienda sostenible en madera, con el propósito de mitigar la exposición de la población a las inundaciones, mejorando la calidad de vida de la población asentada en la ecorregión de la Mojana. Por otra parte, Díaz y Ramírez (2016) propusieron el diseño de un sistema de tratamiento y reutilización del agua de la lavadora en los hogares de Bogotá como solución eficaz en el control de aguas residuales y ahorro en los gastos de consumo. Esta investigación concluyó que el sistema diseñado tiene un tamaño grande en caso de ser solicitado para apartamentos pequeños; sin embargo, con la implementación del sistema propuesto en el

## Ensamble de una vivienda autosustentable

proyecto, se evidenció un ahorro del 25.5% del consumo total del agua en el hogar. Se aclara que el agua tratada no se encuentra disponible para el consumo humano.

El Steel Frame es utilizado para la construcción y se caracteriza por ser un sistema muy liviano y flexible en su diseño. Su estructura resistente está fundamentada por perfiles de acero galvanizado y una cantidad de componentes, tales como: terminaciones, estructurales y aislaciones que cumplen una finalidad en conjunto. La durabilidad, resistencia y eficiencia energética son ecológicas. En la construcción, se caracteriza por su excelente eficiencia energética, por el cumplimiento del Reglamento Sismo-Resistente en Colombia (NSR-10), también por la durabilidad en sus aceros galvanizados, alta resistencia en casos de incendios y vientos, su flexibilidad arquitectónica y sus aceros son 100% reciclables. Se puede catalogar un elemento de construcción sustentable (Estrutechos-admin, 2019).

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2015), establece en el Reglamento Técnico de Agua y Saneamiento (RAS), en su aparte Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias, las condiciones requeridas para la concepción y el desarrollo de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y lluvias, considerados como convencionales. Así mismo, orienta la planificación, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la operación, el mantenimiento y el seguimiento de la operación de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, de forma que se logre con esta infraestructura prestar un servicio de calidad determinada con estos sistemas y sus componentes.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Por otra parte, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010), en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, establece las condiciones requeridas para la concepción y el desarrollo de estudio geotécnicos, basados en la consecución de estudios del subsuelo y las características arquitectónicas y estructurales de una edificación. Así mismo, orienta la planificación, el diseño, la construcción, rehabilitación, reforzamiento y diseño sismo resistente de una edificación en Colombia, de forma que se logre con esta infraestructura soportar los efectos por sismos y amenazas geotécnicas desfavorables.

### ***1.1.3. Internacional.***

Dannemann, (s.f.) brinda información sobre el sistema de Steel Frame que emplea con poca frecuencia elementos como pórticos, vigas y columnas aisladas, siendo las cargas gravitacionales distribuidas en forma uniforme en las viguetas y montantes, todos ellos ubicados a la distancia modular elegida. Para la realización de este manual, se centró en viviendas de hasta dos pisos, en construcciones similares de casas rurales o urbanas, entregando recomendaciones constructivas y de detalle, métodos para verificación de los componentes del sistema, con su debida recomendación y aclaraciones importantes sobre aspectos de cálculo.

La investigación realizada por Brunat, L. y Escuer, J. (2010), tuvo como objetivo brindar información sobre las tecnologías alternas de climatización en hogares que presentaban temperaturas extremas, tanto altas como bajas, las cuales fueron diseñadas para mantener una temperatura relativamente constante y, sobre todo, cómoda para las personas que habitaban en dichos hogares. Para el desarrollo de esta se centraron en 5 aspectos: teoría e historia de los

## Ensamble de una vivienda autosustentable

pozos provenzales y pozos canadienses; principios generales del funcionamiento de dichos pozos: aspectos técnicos del diseño; mantenimiento del sistema y rendimiento económico.

Como conclusión evidenciaron que los usos de estas tecnologías tienen consecuencias positivas en el ahorro energético de viviendas; requieren una inversión mucho menor que una climatización reversible convencional; son amigables con el medio ambiente y, no son complicadas de diseñar y ensamblar.

Por otra parte, Cabezas (2012) se centró en conocer el funcionamiento de los pozos canadienses y a su vez, determinar la eficiencia del sistema en un proyecto ya ejecutado, obtener mediciones reales y compararlas con una simulación en DesignBuilder. Luego de finalizar el análisis de simulación, se evidenciaron unos resultados de temperatura interior que oscila entre 17°C Y 26°C para el invierno y entre 19°C Y 28°C para el verano, reconociendo que para cualquier ocasión que se presente, el clima interior de la vivienda se mantiene relativamente constante y confortable.

La Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas –AQUA- (2016), elabora una guía técnica para el reciclaje de aguas grises, para los administradores, autoridades sanitarias, profesionales del sector (Ingenieros, técnicos, arquitectos, instaladores, etc.), y usuarios finales. Como resultado encontraron dos principales problemas y dos recomendaciones respectivamente: el desprendimiento de olores desagradables y los olores irritables. En el primer caso, si se presentan redes lineales y/o periodos de baja utilización, reconocen hay grandes posibilidades de enfrentar problemas de olores desagradables,

## Ensamble de una vivienda autosustentable

específicamente en los puntos de uso, debido a que el tiempo de residencia de agua en la tubería supera un promedio de 12 horas. Para esto recomiendan utilizar pastillas desinfectantes como el cloro antes de retirarse de la vivienda, y al volver se debe vaciar el escusado aproximadamente 4 veces. Por otro lado, en el segundo caso, evidenciaron que los desinfectantes que normalmente se emplean en los tratamientos de aguas grises, pueden desprender olores irritantes, por lo tanto, recomiendan comprobar los niveles de aditivos y el correcto funcionamiento de las bombas dosificadoras.

En este mismo sentido, en 2019, Escudero y Heredia plantearon soluciones viables para el reciclaje de aguas grises, el ahorro del agua potable y la reducción de aguas residuales eliminadas al sistema de alcantarillado público, en el edificio Santa Beatriz Bloque II, ubicado en Lima-Perú. Entre los principales resultados identificaron que al comparar el sistema convencional con el nuevo sistema de reciclaje de agua, se determina un ahorro del 31% del consumo de agua, logrando así cumplir con el objetivo principal de la investigación.

La guía para la construcción de viviendas autosostenibles planteada por Cortina en 2011, (toma en cuenta todas las problemáticas que actualmente se encuentran en aumento para el desarrollo sostenible de la tierra), propone varias alternativas para el uso de energías renovables con el uso de energía fotovoltaica, y a su vez, presenta datos significativos con respecto a la reutilización de aguas grises, con un ahorro promedio de 90.000 litros anuales para una familia de 4 -5 personas. Finalmente, presentan varias alternativas para disminuir el consumo del agua.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

La investigación de Cordero (2017) se enfocó en la elaboración de una casa autosustentable única e innovadora, para la provincia del Azuay, en el sector de Uzhuput, Ecuador. Se formuló teniendo en cuenta las formas arquitectónicas funcionales, energías alternativas, producción de alimentos y técnico constructivo, obteniendo los siguientes beneficios: la casa no tuvo conectividad a la red pública, debido a la energía obtenida por los sistemas fotovoltaico y eólico. Además, la calefacción solar, los diseños arquitectónicos se presentaron para desarrollar hábitats sostenibles y la producción de alimentos orgánicos en el mismo terreno representa un ahorro energético.

### 1.2. Justificación

Los beneficios climáticos que proporciona la zona ha sido un detonante para la construcción de diversos condominios, casas de campo, edificios y hoteles entre otros, ocasionando que el abastecimiento de agua sea cada vez más escaso y los costos energéticos sean elevados. Sumado a esto la construcción tradicional carece de elementos que promuevan la sustentabilidad de una vivienda. Ante esta problemática, se propone el diseño de una vivienda autosustentable de 10m largo por 12m de ancho y de alto nivel 0 a cubierta 5.56m (Ver Anexos 1-5), Se espera que tenga en cuenta aspectos tales como: paneles solares en la cubierta o en el terreno de la casa, un sistema de reciclaje de agua, pozo canadiense para climatizar el interior de la vivienda y uso de material Steel Frame o concreto con agregado de hueso para la construcción de la casa. Logrando un ahorro aproximado entre el 10% y 30% en costos.

Si bien es cierto que al iniciar el proyecto los costos pueden ser altos, se espera que en el menor tiempo posible se evidencie la disminución de costos, siendo una vivienda

## Ensamble de una vivienda autosustentable

autosustentable. Finalmente, se abre la posibilidad que sirva de ejemplo como punto de partida para nuevas construcciones.

### 1.3. Planteamiento del Problema

El municipio de Anapoima - Cundinamarca se encuentra ubicado en la Provincia del Tequendama, cuenta aproximadamente con 13.700 habitantes, según el Dane. El clima es cálido-seco, su principal actividad económica es el turismo y la producción y comercialización de fruta fresca, su extensión total es de 124.2 Km<sup>2</sup>. Por ser considerado un ecosistema cálido-seco es favorable para la población, en especial las personas de tercera edad.

Anapoima presenta actualmente un desabastecimiento de agua debido a la contaminación de su afluente más cercano y la llegada de visitantes por turismo, esto ha sido motivo para buscar nuevas fuentes hídricas de abastecimiento, pero por su localización geográfica y las condiciones de calidad del agua se encuentran distantes. Adicional a esta problemática, un gran porcentaje de las construcciones antiguas de los condominios no tuvieron en cuenta la circulación de aire, pese a ser un clima cálido-seco, esto genera el consumo excesivo de electrodomésticos para climatizar el hogar, aumentando los costos de electricidad, por tal motivo las personas prefieren vacacionar que habitar en el municipio.

Esta problemática se puede agravar afectando no solo a los propietarios de las viviendas sino al municipio de Anapoima desde el punto de vista económico y ambiental haciendo que el turismo se reduzca notablemente.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Teniendo en cuenta la anterior problemática, se plantea la posibilidad de ubicar una vivienda autosustentable en una zona con las siguientes condiciones: área abierta, sin obstrucción de árboles u otra edificación, debe estar en cercanías al casco urbano del Municipio de Anapoima, preferiblemente se debe desarrollar en una superficie plana y debe situarse en un área residencial que tenga acceso a servicios básicos.

Por todo lo anterior, surge el siguiente interrogante ¿El ensamble de una vivienda unifamiliar autosustentable en el Municipio de Anapoima, mitigará los impactos ambientales y reducirá costos en construcción, energía eléctrica y agua?

### 1.4. Hipótesis

#### 1.4.1. *Hipótesis de trabajo*

H<sub>1</sub> En una vivienda autosustentable, el uso de un sistema de reciclaje de agua, energía renovable, mecanismo geotérmico y ensamble Steel Frame, mitigará los impactos ambientales y reducirá costos en construcción, energía eléctrica y agua.

#### 1.4.2. *Hipótesis Nula*

H<sub>0</sub> En una vivienda autosustentable, el uso de un sistema de reciclaje de agua, energía renovable, mecanismo geotérmico y ensamble Steel Frame, no mitigará los impactos ambientales, ni reducirá costos en construcción, energía eléctrica y agua.



## Ensamble de una vivienda autosustentable

### 1.5. Objetivos

#### 1.5.1. *Objetivo General*

Realizar el ensamble de una vivienda auto sustentable con el fin de mitigar impactos ambientales, reducir costos en construcción energía eléctrica y agua.

#### 1.5.2. *Objetivos Específicos*

- Plantear el sistema de reciclaje de agua que se adaptará a la vivienda.
- Establecer mecanismo de energía renovable.
- Implementar un mecanismo geotérmico para climatizar el interior de la vivienda.
- Ensamblar, con la ayuda del material autosustentable (Steel Frame o concreto de hueso), el sistema completo a la vivienda.

### 1.6. Delimitación

#### 1.6.1. *Espacio*

El proyecto se desarrolló cerca al casco urbano del municipio de Anapoima, en donde se encuentra la casa autosustentable. Se pretende realizar un diseño innovador que cumpla con las condiciones habitables del municipio, teniendo en cuenta los temas de costos, ambientales y la accesibilidad de posibles compradores.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### ***1.6.2. Tiempo***

El diseño del proyecto de la vivienda autosustentable, de acuerdo con el presupuesto y la estimación de tiempos en sus capítulos, se ejecutó en un plazo estimado de seis (6) meses.

### ***1.6.3. Contenido***

Se realizó un diseño completo de la vivienda autosustentable a partir de la consulta de los requerimientos técnicos necesarios bajo las normas que le aplicaban; para lo cual se estableció un sistema estructural metálico con una cubierta a dos aguas, esto apoyado sobre una platea de hormigón de vigas corridas y ancladas a la estructura. De igual forma, cuenta con un sistema de reciclaje de aguas grises conectado al sistema de la vivienda, paneles solares que abastecen la energía ubicados en la cubierta; y, por último, con un sistema geotérmico que climatiza el interior de la vivienda.

### ***1.6.4. Alcance***

El proyecto tuvo como alcance el desarrollo del diseño arquitectónico y estructural para la propuesta de construcción de una vivienda autosustentable, mediante el abordaje académico en la línea estructural de la carrera de Ingeniería Civil para presentar un diseño viable, sostenible y seguro.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### **1.6.5. Limitaciones**

- Dentro del costo de la vivienda, no se tendrá en cuenta el valor del lote.
- No se presentará el diseño al Municipio de Anapoima.
- Reconocimiento técnico de los acueductos del municipio.
- No se tendrán en cuenta estudios de suelos del lugar.

## 2. Marco Teórico

### 2.1. Sustentabilidad

#### 2.1.1. Concepto

La sustentabilidad es la relación entre las dimensiones social, económica y ambiental entre las cuales debe existir un equilibrio estable (Aguayo, 2017) en otras palabras, la habilidad de lograr una prosperidad económica sostenida en el tiempo, protegiendo el medio ambiente sin sacrificar la calidad de vida de las personas.

#### 2.1.1. Características

Según RSE.net (2022) La sustentabilidad para lograr mantener un sistema debe tener las siguientes características:

- La actividad económica debe propender por mantener o mejorar el sistema ambiental.
- Asegura que la actividad económica mejore la calidad de vida de todos, no sólo de unos pocos selectos.
- Utiliza los recursos eficientemente.
- Promueve el máximo de reciclaje y reutilización.
- Propone la implantación de tecnologías limpias.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

- Restaura los ecosistemas dañados.
- Incentiva la autosuficiencia regional
- Reconoce la importancia de la naturaleza para el bienestar humano.

### 2.2. Desarrollo Sustentable

La definición de desarrollo sustentable se estableció en el informe Our Common Future, como “el desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras” (WCED, 1987, citado en Cuevas, et al, 2015).

Uno de los principios para planificar proyectos de infraestructura civil es el desarrollo sustentable, que permita las transformaciones económicas, sociales y ambientales del planeta. El desarrollo sustentable se define como aquel que satisface las necesidades de la generación presente, sin afectar la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Ramírez, 2010 citado en Aguayo, 2017)

Según Richrtd, (2012) citado en Aguayo, (2017), una vivienda sustentable debe tener las siguientes características: Uso eficiente y racional de la energía, conservación, ahorro y reutilización de agua, generación de residuos y emisiones, hábitos de personas, ambiente saludable y no tóxico y uso de tecnologías limpias.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Complementando lo anterior, de acuerdo al Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores citado en Del Castillo (2015), las características que deben de tener las viviendas sustentables son

- Se ubican cerca de transporte público, escuelas, hospitales, clínicas de salud, tiendas, mercados y centros de trabajo.
- Tienen acceso a servicios públicos como: recolección de basura, alumbrado, drenaje y abasto de agua.
- Son de un tamaño adecuado y con posibilidades de ampliarse a futuro.
- Los materiales con los que están construidas son de buena calidad.
- Cuentan con espacios públicos de esparcimiento, por ejemplo: parques, jardines y canchas deportivas.
- Quienes viven ahí se organizan en comunidades de vecinos, como comités de administración, vigilancia y mantenimiento

De igual forma, Calero (2020), afirma que una vivienda autosustentable, es aquella que funciona de manera autónoma, con la capacidad de abastecerse por sí sola de servicios básicos como agua y energía. Propone seis claves para lograrlo como se evidencia en la tabla 1.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Tabla 1**

*Claves para la sostenibilidad*

<b>Clave</b>	<b>Concepto</b>
<b>Generación de energía propia</b>	Lo más común es el empleo de paneles solares para generar la energía necesaria sin tener que recurrir al suministro eléctrico por redes tradicionales, mucho más invasivas a nivel ambiental.
<b>Adecuado manejo del agua</b>	El diseño de la vivienda debe estar basado en el máximo aprovechamiento del vital líquido, valiéndose de fuentes de agua naturales, recolección del agua de lluvia y la reutilización del fluido en sistemas de riego.
<b>Eficiencia térmica</b>	Se debe considerar las características climatológicas al momento de elegir los materiales de construcción, para garantizar la mayor eficiencia térmica, evitando el uso de sistemas de calefacción o enfriamiento.
<b>Materiales de bajo impacto</b>	Una gran elección es usar materiales de construcción lo más natural posible, que no generen un impacto negativo en el medio ambiente, optando por maderas de cultivo, piedras naturales, tierra o barro
<b>- Incorporación de materiales reciclables</b>	Si se quiere ir un paso adelante y lograr una arquitectura verdaderamente ecológica, se puede optar por la incorporación de materiales de desecho en la fabricación de la vivienda
<b>Armonía con el entorno:</b>	El reto es conseguir que la construcción no afecte el entorno durante su emplazamiento, es indispensable armonizar con los elementos presentes evitando cambios significativos en el ecosistema existente.

Fuente: Calero, M. (2020). Seis claves para lograr una casa autosustentable. *Revista*

*Construir.com*. <https://revistaconstruir.com/seis-claves-para-lograr-una-casa-autosustentable/>

Realizando una comparación entre una vivienda convencional y una sustentable se encuentra que la primera, utiliza ineficientemente los recursos, gastando mayor cantidad de energía eléctrica, gas y agua, generando mayor cantidad de residuos, al igual que ineficientes condiciones térmicas y de iluminación, que trae como consecuencia el aumento en el consumo de energía y acrecentando la producción de gases de efecto invernadero,

## Ensamble de una vivienda autosustentable

situación que se podría solucionar con una vivienda con un mejor diseño arquitectónico y sistemas de ahorro” (Del Castillo 2015, p.5).

### **2.3. Tecnologías para la sustentabilidad**

#### **2.3.1. Concepto**

Las tecnologías sostenibles son aquellas que utilizan menos energía para realizar los procesos, menor cantidad de recursos naturales limitados o agotados tanto en su creación y puesta en marcha o utilización. Por su parte, la Organización de Estados Iberoamericanos (EOI) plantea que la tecnociencia sostenible es aquella, que busca potenciar tecnologías básicas susceptibles de favorecer un desarrollo sostenible teniendo en cuenta la dimensión local y global y aplicando medidas tecnológicas y éticas para el desarrollo sostenible (Inacatalog.com, 2014).

Aguayo (2014) refiere que las tecnologías usadas en construcción de viviendas se clasifican en dos: limpias y de uso constante, las primeras, que son las que se usarán en este proyecto, buscan reducir la contaminación causada por residuos peligrosos, emisiones a la atmosfera y aguas contaminadas. Las segundas se centran en la creación o producción de una acción sin tener en cuenta las consecuencias que generan.

Hottenrott, Rexhäuser y Veugelers (2016) y Du y Li (2019), citado en Salas (2020) indican que el término «tecnologías limpias» hace referencia a todas las formas posibles de poder



## Ensamble de una vivienda autosustentable

reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); por medio de la generación de recursos renovables y disminución de despilfarros y contaminación.

Las tecnologías limpias forman parte de la denominada Producción Más Limpia, y a su vez, ésta se encuentra inmersa en la Ecoeficiencia, debido a que tiene como finalidad la implementación de medidas para reducir la contaminación desde el inicio de todo proceso productivo, contribuyendo a impulsar las políticas de desarrollo sostenible (Paredes, 2014; Masternak-Janus y Rybaczewska-Błażejowska, 2017, citado en Salas, 2020 p.3).

### 2.3.2. Clasificación

Las tecnologías limpias se dividen en bioclimática, ecotecnología y espacios inteligentes (Aguayo, 2017). El uso de estas tecnologías trae beneficios entre los que se encuentran la generación de políticas de responsabilidad social, ahorro de costos y beneficios fiscales. A continuación se definirán las dos primeras divisiones, las cuales son pertinentes para el desarrollo del proyecto.

**2.3.2.1. Bioclimática.** Álvarez (2016) la define como "lograr sensaciones térmicas de confort adecuadas a la actividad que realizamos en los espacios que habitamos, ya sea interiores o exteriores, de una manera eficiente en términos del uso de energía proveniente de fuentes fósiles, mediante el uso de sistemas sustentables" (p. 197). Plantea que el objetivo es lograr el confort por medios naturales, como por ejemplo la ubicación, orientación, captación solar y eólica, la masa térmica, el enfriamiento, entre otros y el uso de sistemas pasivos como los muros trombe, invernaderos, pozos canadienses, etc.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**2.3.2.2. Ecotecnología.** Según Ortiz, et al. (2014) La ecotecnología se define como “los dispositivos, métodos y procesos que propician una relación armónica con el ambiente y buscan brindar beneficios sociales y económicos tangibles a sus usuarios, con referencia a un contexto socio-ecológico específico” (p.16). Entre estas tecnologías encontramos los Calentadores solares, paneles solares, sistemas ahorradores y de recolección de agua pluvial, generadores eólicos, etc.

Para el desarrollo de este proyecto se seleccionaron las siguientes tecnologías limpias: desde el punto de vista del sistema energético, los paneles solares, del sistema geotérmico, pozo canadiense, del sistema estructural, el Steel Framing y del sistema de reciclaje de agua, el Filtro Ósmosis Inversa Agua Desionizada 2400gpd Luz Uv 25w, los cuales se desarrollaran a continuación.

## 2.4. Sistema Eléctrico

Los sistemas eléctricos por lo general son dependientes de una fuente principal, en cambio las nuevas tecnologías proponen un autoabastecimiento energético utilizando las ventajas de un medio natural, logrando de esta forma una energía renovable y constante, sin interrupciones y favoreciendo la vida de un ecosistema.

Las casas autosustentables utilizan diferentes métodos de abastecimiento energético, en nuestro caso vamos a optar por los siguientes dos: los paneles solares y el pozo canadiense, con la finalidad de brindar una alternativa económica de construcción, integrando las necesidades humanas y el impacto que estas ejercen sobre el ecosistema.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### 2.4.1. Paneles Solares.

Un panel solar es un dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar, se conforma básicamente de una gran cantidad de celdas fotovoltaicas que tienen como objetivo transformar la energía de la radiación solar en electricidad. Las celdas funcionan con base a un efecto fotovoltaico por el que la energía solar produce cargas positivas y negativas en dos semiconductores de diferente tipo, produciendo de esta manera un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

#### Figura 1

Panel solar



Fuente:

[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fbrikosolar.com%2Fproduct%2Fkit-solar-de-autoconsumo-5-04kwp-fronius%2F&psig=AOvVaw2-zkXAvZWX-cgZpqahHQKM&ust=1652925632090000&source=images&cd=vfe&ved=0CAkQjRxqFwoTCMjBtJv65\\_cCFQAAAAAdAAAAABAI](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fbrikosolar.com%2Fproduct%2Fkit-solar-de-autoconsumo-5-04kwp-fronius%2F&psig=AOvVaw2-zkXAvZWX-cgZpqahHQKM&ust=1652925632090000&source=images&cd=vfe&ved=0CAkQjRxqFwoTCMjBtJv65_cCFQAAAAAdAAAAABAI)

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Las células fotovoltaicas o celdas solares tienen su origen en 1839, descubiertas por el físico francés Alexandre-Edmon Becquerel, dedicado al estudio del espectro solar, el magnetismo, la electricidad y la óptica, entre otras.

Uno de los principales componentes de las celdas fotovoltaicas para su funcionamiento es un semiconductor, el cual está compuesto por lo general de silicio. ¿Por qué se usa normalmente el silicio? Se usa debido a las ventajosas propiedades, comparada con otros materiales, la abundancia de este elemento en el planeta tierra es considerable e importante. El silicio se tiene que dopar con otro elemento que tenga la capacidad de transformar el átomo del silicio a un átomo inestable debido a que el silicio como tal es un elemento estable, el cual en sus condiciones naturales no es útil para este fin. Los dopantes más comunes son el fósforo o el boro, esto genera que la última capa del átomo siempre busque completarse (Atersa Shop (s.f.)).

Por otro lado, ¿Cómo funcionan las celdas solares? El funcionamiento de dichas celdas es relativamente sencillo: la luz solar entra directamente en la celda fotovoltaica y una parte o fracción de ella se absorbe por el material semiconductor, ya sea silicio u otro. Cada fotón genera un par electrón-hueco en el semiconductor, que, por sus propiedades, cada fotón se dirige a una parte de la celda, la cual, cuando se conecta a través del circuito externo, producen la electricidad que podemos observar al encender, por ejemplo, un bombillo.

¿Para qué sirve? Esta energía consiste en la obtención de electricidad a partir de la radiación que emite el sol, mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, lo cual se usa para otorgar energía a innumerables aparatos autónomos, para

## Ensamble de una vivienda autosustentable

abastecer refugios o casas aisladas y para la producción de electricidad a gran escala conectada directamente a una red de distribución. Debido al interés de la humanidad por el uso de energías renovables en los últimos años, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha aumentado considerablemente.

El rendimiento convencional de una célula fotovoltaica de silicio policristalino se encuentra entre 14%-20%, con respecto a las células de silicio monocristalino, los valores oscilan entre 15%-21% (Sinerpol, 2013). Los paneles solares fotovoltaicos no producen calor que pueda llegar a reaprovecharse, sin embargo, existen líneas de investigación sobre paneles híbridos que permiten generar energía térmica y eléctrica a la vez. Así mismo son muy apropiados para proyectos de electrificación rural en zonas que no cuentan con red eléctrica.

¿Por qué es necesario usar paneles solares? Aunque existe un mito que sugiere que la energía solar es menos efectiva, los paneles solares son muy versátiles para su colocación. Un panel solar puede llegar a producir entre 50 y 200 Watts, lo que sugiere que un techo cubierto por paneles solares sería suficiente para abastecer toda la energía eléctrica del hogar. Son fáciles de instalar, su duración es de aproximadamente 20 años y pueden generar un ahorro económico de hasta un 80% (Sinerpol, 2013).

Según Greendates (2017) entre las ventajas del uso de paneles solares se encuentran: Conservación del medio ambiente, energía sostenible e infinitamente renovable, requieren poco mantenimiento, sin contaminación acústica, beneficio de hasta un 85% en facturas de electricidad, bajo costo de uso, impulso económico del país al usar esta energía, energía limpia

## Ensamble de una vivienda autosustentable

(puede potencialmente eliminar hasta 18 toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero al ambiente), no produce gases de efecto invernadero, se adapta muy fácilmente a las necesidades, se considera como energía inagotable y gracias al avance tecnológico, se ha logrado que los paneles actuales no solo funcionen con la luz solar, sino con la radiación solar, es decir, no se requiere necesariamente de un día soleado para aprovechar la energía del sol.

Entre las desventajas según el Grupo Solinc (s.f.) se encuentran: dependencia meteorológica, costos iniciales elevados, con una recuperación económica de al menos 10 o 15 años, reconociendo una vida útil de 25 años, la energía producida sufre cambios con la variación del medio ambiente y radiación solar incidente, no se consideran estéticos, con respecto al uso de energía solar fotovoltaica, el precio del kWh generado es más alto que mediante otras tecnologías, las zonas que poseen mayor radiación solar, por lo general no son cercanas a zonas de consumo. ej: Zonas desérticas, en algunas ocasiones no se permite el uso en viviendas de interés o culturales y al final de la vida útil, los paneles son diseñados y construidos con materiales que se deben tratar como residuos peligrosos.

### ***2.4.2. Sistema Geotérmico***

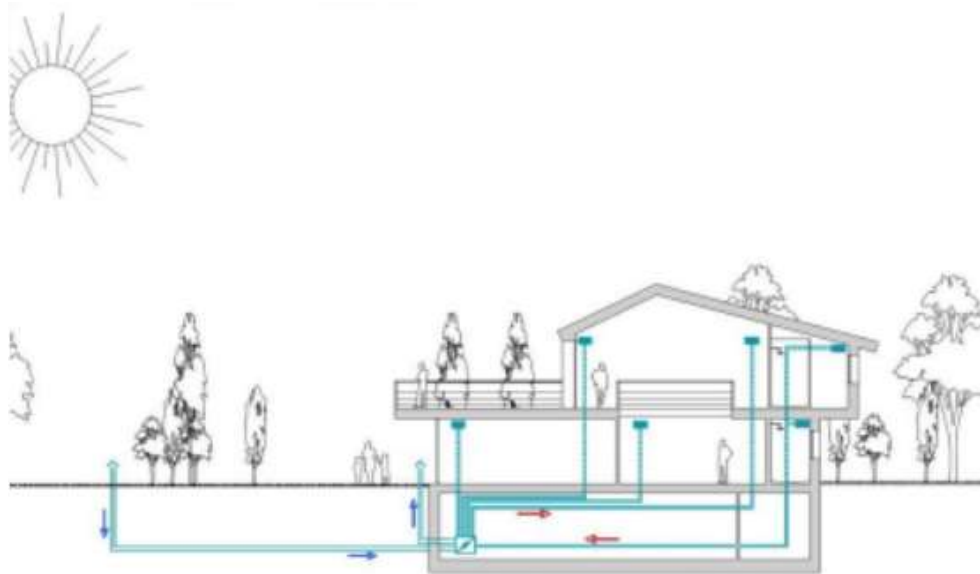
Desde hace varios años, la humanidad se ha visto muy interesada por satisfacer sus necesidades sin afectar de forma negativa los ámbitos climáticos y ambientales, los cuales en la actualidad han sufrido muchas alteraciones, afectando tanto a la fauna como la flora del globo terrestre.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

La pregunta es ¿Cómo usar eficientemente las energías renovables para satisfacer las necesidades de la humanidad? Este estudio busca aprender a usar de forma eficiente la energía, que en este caso es el uso del pozo canadiense (tubo que se entierra en el subsuelo, denominado como intercambiador de calor tierra-aire). El objetivo de este sistema es enfriar el aire que ingresa en la construcción durante el verano y calentarla durante el invierno.

### Figura 2

#### *Pozo Canadiense*



Fuente; Mano a la obra (2017). <https://manoalaobra.co/wp-content/uploads/2017/08/blog-captaci%C3%B3n-geot%C3%A9rmica-pozo-esquema.jpg>

El sistema de pozos canadienses, con respecto al acondicionamiento térmico en edificaciones, se ha extendido en los últimos años, adicionalmente, existen datos que afirman que en muchos casos el sistema permite un ahorro de más del 45% del total de requerimientos

## Ensamble de una vivienda autosustentable

energéticos (Brunat & Escuer, 2010). Los mismos autores afirman que estos sistemas se usan para acondicionar de forma directa la temperatura al interior de las edificaciones, donde los conductos bajo tierra funcionan con base en un sistema cerrado, con suficiente espacio para climatizar el aire, usando el suelo como fuente calorífica en principio,

Según Cuevas & Gonzales, (2008), citado en Cabezas, (2012), este sistema funciona con base en dos propiedades físicas, la conductividad térmica y la alta capacidad calorífica.

**2.4.2.1. Conductividad térmica:** Propiedad intrínseca del suelo que está relacionada con su habilidad para conducir calor y con el movimiento de la energía del calor a través del suelo. El calor se mueve de un área de alta temperatura a un área más fría, distribuyéndose a sí mismo para llegar a un equilibrio, donde este es distribuido uniformemente a través de la sustancia. Cuando la conductividad térmica de un suelo es alta, las variaciones de temperatura en la superficie son menores, además esta se incrementa con el contenido de humedad. Por lo tanto, un suelo arcilloso y húmedo permite una mejor transmitancia térmica que un suelo duro. Los suelos rocosos, arenosos o volcánicos, por el tamaño de las partículas que lo conforman producen espacios vacíos que generan un menor intercambio de calor.

**2.4.2.2. Capacidad calorífica:** Se define como la propiedad térmica del suelo para almacenar calor si cambia la temperatura, pero sin cambiar la fase. La variación de rangos se define en la siguiente tabla, pero se observa que es un buen acumulador de calor.



## Ensamble de una vivienda autosustentable

Teniendo en cuenta estas propiedades físicas se establece que, a cierta profundidad, la penetración y enfriamiento del suelo es lento. En la siguiente tabla se establecen los distintos tipos de suelos versus la conductividad térmica y capacidad calorífica.

**Tabla 2**

*Tipos de Suelo - Conductividad Térmica - Capacidad Calorífica*

<b>Material</b>	<b>Conductividad</b>	<b>Capacidad Calorífica (J°/cm<sup>3</sup>/s)</b>
Suelos arenoso húmedo	0.017	1.68
Arena	0.003	1.26
Arcilla	0.0025	1.26
Orgánico	0.0126	2.39
Nieve compacta	0.0029	0.92

Fuente: Rosenberg (1974) citado en Cabezas (2012).

Como se evidencia, la masa del suelo tiene la capacidad de conservar la energía térmica adquirida, y progresivamente ir liberándola, lo que determina una gran inercia térmica. Esto quiere decir que el suelo es usado como acondicionador térmico de edificaciones (Russel, 1992, citado en Cabezas, 2012).

Por otro lado, se realiza una breve descripción de dos leyes termodinámicas para entender teóricamente el intercambio de temperatura entre el aire que ingresa por el sistema y el suelo (Posada, 2008 citado en Cabezas, 2012, p.25).

- Primera ley de la termodinámica: Conocida también como el principio de conservación de energía. Propuesta por Antoine Lavoiser, establece que, si a un sistema se le realiza un trabajo, o bien este sistema intercambia calor con otro, entonces esto ocasiona que la

## Ensamble de una vivienda autosustentable

energía interna del sistema cambiará. Esto quiere decir que el calor es la energía que entra o sale de un sistema, debido a las diferencias de temperatura entre la pared del sistema y el ambiente.

- Segunda ley de la termodinámica: Esta ley determina ciertas reglas que los sistemas que estén en contacto y cambio térmico deben cumplir, como la dirección a la cual va dirigida la energía, y la imposibilidad de convertir de forma completa dicha energía de un tipo en otro, sin pérdidas. Estos cambios térmicos se realizan por alguno de estos tipos de transferencia: conducción, convección y radiación térmica.
  
- **Configuración del sistema:** Directos Aislados (Anillo), esta configuración tiene una mayor aplicación en viviendas familiares y/o construcciones de no muy grande tamaño; sin embargo, ha sido utilizado en escuelas, auditorios, naves industriales, etc. Uno de los motivos por los que se aplica este diseño es por su rentabilidad y se puede economizar al poder usar trincheras existentes en vez de excavar (Rehau. 2012, citado en Cabezas, 2012). El mismo autor afirma que es necesario un área relativamente amplia para su instalación, debido a la utilización de un único tubo como sistema de intercambio energético. La profundidad a la que se instala el sistema varía entre 1.5 y 3m. El flujo de aire puede variar entre 150 y 300 m<sup>3</sup>/h.
  - **Sistema constructivo:** Su instalación está constituida por uno o dos tubos, los cuales están direccionados hacia la cámara central, en donde se encuentra un ventilador que impulsa todo el sistema, y este a su vez se conecta directamente a una torre de salida

## Ensamble de una vivienda autosustentable

del aire. El material de los tubos puede ser en PVC con chapa de acero (Rehau. 2012, citado en Cabezas, 2012).

### 2.5. Sistema Estructural

En el municipio de Anapoima - Cundinamarca, un gran porcentaje de las construcciones son antiguas, en el caso de varios condominios no se tuvo en cuenta la circulación de aire, pese a ser un clima cálido-seco, esto genera el consumo excesivo de electrodomésticos para climatizar el hogar, aumentando los costos de electricidad, por tal motivo las personas prefieren vacacionar que habitar en el municipio.

Los beneficios climáticos que proporciona la zona han sido un detonante para la construcción de diversos condominios, casas de campo, edificios y hoteles entre otros. Por este mismo hecho se pretende innovar con un diseño sustentable para este tipo de climas, teniendo en cuenta las necesidades de las personas y su impacto en el ambiente.

El sistema estructural de la vivienda se aleja de los sistemas tradicionales, mejora el uso de la energía que se consume, propone tecnologías que les permiten lograr un ahorro significativo en el uso del agua y la energía. De igual forma, no es la única alternativa, hay bastantes, pero se busca la óptima y eficaz para el lugar de la edificación.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### *2.5.1. Concreto con agregado grueso de hueso triturado*

En las últimas décadas, se ha demostrado un interés por los cambios y nuevas adherencias al concreto convencional, con el fin de proporcionar mejoras a las diferentes características químicas y físicas que este posee, por el cual esta tesis de pregrado conllevó el experimento de utilizar el hueso triturado como agregado grueso, el cual se espera que incremente la resistencia a la compresión del hormigón convencional. Adicionalmente a esto, se busca disminuir costos, por ser un material innovador, económico y de fácil acceso que se pueda agregar al concreto suplantando parte o completamente alguno de sus agregados. (Mora, 2019)

Concreto con agregados de tejido óseo, una nueva alternativa diferente a las propiedades y composiciones tradicionales, reemplazando en gran medida o completa el agregado grueso convencional.

El uso del hueso en los ámbitos de construcción fue uno de los primeros materiales que, se supone, se utilizó en los inicios de la humanidad, era un material abundante. (Ardila & Echeverry, 2018), se utilizaban los huesos de animales grandes, como por ejemplo de un mamut, con fin de hacer refugios temporales o transitorios, debido a que algunos de los huesos utilizados presentaban tallas decorativas y pigmentos añadidos (Esperante, 2010).

En las construcciones antiguas, específicamente la época prehistórica, las necesidades de desarrollo abrieron paso a la creación del mortero; en un principio compuesta de tierras con

## Ensamble de una vivienda autosustentable

cenizas y restos óseos que fueron mudando y perfeccionando su composición, añadiendo huesos, pigmentos, asfalto y barro, con el propósito de ser utilizado para la construcción de muros, pavimentos o suelos. (Ardila & Echeverry, 2018). En la actualidad se utilizan concretos silicocalcáreos, constituidos por arenas naturales o artificiales.

Se plantea el uso de hueso como una alternativa sostenible, producida con bajo costo energético y económico, este tipo de proyectos se han venido desarrollando por parte de las industrias en varios países a nivel mundial (Monroy y Ospina, 2013 citado en Mora, 2019).

El proceso que desarrollaron los autores fue la selección del material de reemplazo o aditivo del concreto, en este caso el hueso, luego evaluaron la accesibilidad de este, con el fin de determinar su procedencia, y eligieron el hueso de animal (res o porcino), debido a su fácil accesibilidad, posteriormente evaluaron los impactos ambientales, concluyendo un resultado positivo y por último, evaluaron las propiedades mecánicas que ofrece dicho aditivo, ya sea la resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión determinado la viabilidad de su uso.

Se concluye que el uso de hueso de res triturado es muy efectivo con respecto a la resistencia a la compresión que el concreto tiene, disminuyendo la cantidad de agregado grueso en un 10% al ser sustituido por este aditivo, lo cual generó alrededor de un 8% menos de peso que el concreto convencional, manteniendo una resistencia similar e incluso mayor. (Mora, 2019) Esto hace que la estructura a construir sea más liviana, por lo cual se disminuirían

## Ensamble de una vivienda autosustentable

secciones tanto en la parte estructural como en la cimentación, conllevando a un menor costo constructivo.

### **2.5.2. Steel Framing**

La Asociación Latinoamericana de Aceros (Alacero), tiene entre sus centros de operación y distribución a Colombia como participantes de este grupo internacional. Esta Asociación en conjunto con Roberto Danneman de la Universidad de Chile, recopilaron información sustancial para el desarrollo de un Manual de Ingeniería en cuanto a las generalidades, estructuración y diseño del material Steel Frame. Basado en gran medida en el Standard for Cold Formed Steel Framing - Prescriptive Method for One and Two Family Dwellings, editado por American Iron and Steel Institute (AISI) de Estados Unidos.

Se define como un método constructivo diferente a la estructura tradicional de hormigón y mampostería, este se realiza por medio de paneles formados por perfiles de aceros galvanizados.

En un principio el sistema de Steel Framing viene de “Wood Framing”, se basaba en montantes de madera a distancias reducidas y rematados en sus extremos, los entrepisos estaban conformados por viguetas de madera y los muros de entrepisos recubiertos con revestimientos diferentes. Se planteó el hecho de llevar el sistema a diferentes tipos de materiales, siendo así acoplado para las construcciones en acero, denominándose así Steel Framing. Cuenta con un esqueleto estructural compuesto por perfiles galvanizados muy livianos para dar forma a una

## Ensamble de una vivienda autosustentable

edificación, soportando cargas que actúan sobre el mismo, gracias a la articulación de sus elementos por medio de conexiones y uniones.

### Figura 3

*Steel Framing” Nuevo sistema de construcción liviano*



*Fuente:* <https://www.drywall.com.co/steel-framing-nuevo-sistema-de-construccion-liviano/>

Este material es usado para la construcción de edificaciones de varios pisos, es de vital importancia el correcto funcionamiento de las conexiones entre dichos elementos, con esto se evitarían fallas por pandeo, las cuales son muy recurrentes en elementos esbeltos. Por este motivo es fundamental reconocer qué partes de la estructura deben reforzar las uniones, teniendo en cuenta las conexiones. Este sistema es poco utilizado en pórticos, vigas y columnas aisladas siendo las cargas gravitacionales distribuidas en forma uniforme en las viguetas y montantes, según el Manual de Ingeniería de Steel Framing.

**2.5.2.1. Detalle Estructural.** En Colombia la Constructora Obra Civil Colombia cuenta con una experiencia de más de 13 años con el manejo del material Steel Framing en sus

## Ensamble de una vivienda autosustentable

construcciones y diseños, tiene en sus documentos y proyectos procesos ya determinados para la realización de una actividad con Steel Framing, a continuación, se presentarán algunos de ellos:

- **Casas unifamiliares.** Con el material Steel Framing se construye a menor costo por metro cuadrado, ofreciendo una reducción de un 30% en precio a comparación de un sistema tradicional (hormigón o mampostería), una vivienda unifamiliar es baja en costos y es notable su reducción en tiempos de construcción, se termina en un 50% del tiempo menos que una construcción tradicional, adicional a esto, los elementos se realizan bajo estrictas normas de calidad.
  
- **Fundación.** En la vivienda se puede realizar una fundación mediante una placa de hormigón de espesor variable según el proyecto, se vierte directamente sobre el suelo seleccionado para la construcción, de esta forma se garantiza que toda la vivienda se asiente en forma pareja, así mismo mitigando las fisuras por asentamientos diferenciales.
  
- **Placa antepiso, contrapiso o solera.** La placa para este diseño de construcciones por lo general posee una forma perimetral una viga invertida de 20 cm de altura, sobre esta se asientan las paredes portantes de la vivienda. Así mismo la placa como la viga poseen armadura y estribos de acero. Además, se debe tener en cuenta que, para garantizar una correcta impermeabilización, se coloca en medio de la placa y el suelo una lámina continua de polietileno de 200 micrones.
  
- **Cubierta.** Las cubiertas con un sistema constructivo Steel Framing pueden realizarse planas o inclinadas, también pueden construirse con espacios más amplios, la cual lleva



## Ensamble de una vivienda autosustentable

al diseño de luces entre apoyos mayores, de entre 6 y 8 metros. Cuenta con una ventaja de relación peso/resistencia del acero galvanizado estructural, además, con un correcto arriostramiento de perfiles PGC de acero galvanizado, soporta las mismas cargas que una viga de madera 10 veces más pesadas.

- Sus costos de transporte son menores en comparación con la madera. Al contar con un sistema constructivo de acero galvanizado, los perfiles permanecen invariables con cambios de humedad, afectación por animales y/o torceduras o alabeos. Según la Constructora Obra Civil (s.f.), “los perfiles PGC de 100 mm, de espesores de 0,9 y 1,25 mm (sin recubrimiento). La separación entre vigas más usual es de 0.9 m. Las correas se materializan con perfiles PGO de 37 mm de altura, de espesor 0.9 mm, separados 40 cm. Esta separación se puede adecuar a las dimensiones de las tejas cerámicas en el caso en que las mismas se apliquen directamente sobre la estructura. (pár.6). Cuando se presenta un caso de cubiertas livianas, la separación entre correas PGO puede llevarse a 1 m aproximadamente.

**2.5.2.2. Paso a paso de construcción de Steel Framing.** En el sistema constructivo de Steel Framing, se debe tener en cuenta un paso a paso clave para su construcción. La constructora Obra Civil destacó algunos de ellos así:

- **Presentación de planos arquitectónicos (autocad.dwg):** El proceso empieza con un análisis detallado de los planos arquitectónicos, para luego hacer la especificación estructural para la construcción.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

- **Diseño y planificación.** En este proceso se definen las necesidades de cada cliente, el presupuesto y la firma del contrato de la obra personalizada. Posteriormente se planifica el proyecto básico y se ejecuta la construcción teniendo presente la documentación y permisos legales necesarios.
  
- **Software.** En este proceso, un programa para diseño estructural valora su comportamiento y utiliza los resultados de los análisis disponibles para optimizar sus diseños.
  
- **Fabricación.** En este proceso, cada perfil sale de fábrica con su respectivo código, de esta forma se facilita el ensamble de la estructura. Adicional a esto, cada perfil es codificado para un preensamble entre ellos.
  
- **Materiales complementarios.** El sistema permite todo tipo de revestimiento, tanto en el exterior como en el interior del inmueble.
  
- **Montaje.** El montaje del sistema constructivo depende de los planos específicamente, para ello se detallan dos tipos.
  - Planos de montaje: son aquellos en donde se detalla la totalidad de la obra, ya sea en planta, en corte o vista.
  - Planos de taller: son aquellos planos detallados con cada uno de los paneles y los componentes en general del proyecto.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

- **Construcción:** La parte final del proceso una vez terminada la estructura, intervienen los acabados y terminaciones de obra, tomas eléctricas, iluminaciones, redes hidráulicas, redes sanitarias, enchapes y toda una lista de chequeo para su entrega final.

**2.5.2.3. Ventajas del Steel Framing.** El sistema constructivo de Steel Framing, cuenta con ciertas ventajas respecto a otros materiales en el ámbito de la construcción, a continuación, se nombran las más esenciales:

- **Sismo resistencia:** Cuando se habla de sismo, el Steel Framing es un excelente material para regiones de alta sismicidad. Por ejemplo, en Colombia, cuenta con la aprobación del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-resistente NSR-10.
- **Termoacústica:** El material cuenta con los principios de aislamiento termo acústico basados en criterios de aislamiento multicapa.
- **Flexibilidad de diseño:** Con este material, se puede realizar cualquier proyecto, desde una vivienda unifamiliar hasta edificios de varios pisos. El sistema constructivo permite adaptarse a cualquier diseño arquitectónico. Además de adaptarse a cualquier diseño, permite la realización de cualquier acabado.
- **Transporte:** Los plazos de obra se reducen drásticamente con respecto a la construcción tradicional, debido a la gran cantidad de actividades se pueden realizar de forma simultánea y una vez montada la estructura.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

- **Economía:** Los costos de construcción se reducen considerablemente respecto a una construcción tradicional, esto se debe a la reducción del tiempo de obra y a la disminución de los gastos operativos directos e indirectos. Adicional a esto, es una obra que reduce los desperdicios y escombros.
- **Ahorro de energía:** El material cuenta con aislantes térmicos y acústicos, esto lo hacen apto para cualquier clima, reduciendo así de forma significativa los gastos de energía en calefacción y aire acondicionado.
- **Durabilidad:** El steel framing utiliza materiales inertes y nobles como el acero galvanizado. Los perfiles permiten construir casas y/o elementos que son permanentes en el tiempo, que cuentan con una alta durabilidad con respecto a los sistemas tradicionales.

### 2.5.2.4. Acciones Climáticas. Según Dannemann (s.f) estas se clasifican en dos:

- **Acción del viento.** El material al ser muy liviano la acción de fuertes vientos puede ser contraproducente. Para evitar este tipo de incidencias, se debe asegurar que los muros resistan las fuerzas de fuertes vientos, así mismo los pisos y el techo deben contribuir a la distribución equilibrada de las fuerzas laterales, por ende, no es recomendable tener aberturas grandes o plantas asimétricas. Por otro lado, los vientos también pueden generar elevadas fuerzas de succión, para ello los anclajes deben ser resistentes y las fundaciones sean pesadas para que la fuerza de succión del viento no afecte la estructura.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

- **Acción sísmica.** Por ser un sistema liviano es una ventaja sismo resistente, por tal motivo no es recomendable agregar contrapisos de hormigón, revestimientos de ladrillos, tejas en cerámica, entre otros. No obstante, si son necesarios los agregados, se deberán utilizar y aplicar de forma racional, teniendo en cuenta los efectos sobre las respuestas sísmicas, así mismo lograr una distribución de las fuerzas inerciales del sismo.

### 2.6. Sistema de Reciclaje del agua

En el municipio de Anapoima hay muchos problemas por la falta de agua, ya que el afluente más cercano era el Río Bogotá, este ya no puede suplir las necesidades básicas debido a su alto contenido de metales pesados, desechos orgánicos y escombros desechados a lo largo del afluente. La alcaldía del municipio recurrió a captar agua del municipio de la Mesa que es uno de los más cercanos y tiene una buena planta de tratamiento, cabe aclarar que el agua que proviene no es apta para el consumo humano, pero sí para realizar sus necesidades básicas.

El sistema de reciclaje del agua a nivel doméstico surge como una alternativa económica y ambiental eficiente, ya que se reutiliza el agua generada por el lavamanos, lavaplatos, bañera y ciclos de lavado, en este caso se adecua para inodoros y los ciclos de lavadoras. Este sistema funciona por medio de diferentes etapas, pre-recolección, almacenamiento de aguas grises, filtración y almacenamiento de agua reciclada que posteriormente será distribuida nuevamente para los baños y zona de lavado (Patiño y Roldan, 2016).

## Ensamble de una vivienda autosustentable

El agua siempre ha sido un elemento esencial en la historia de la humanidad, desde sus inicios, las grandes civilizaciones se asentaron cerca de ríos o lagos para mayor facilidad al momento de abastecerse, de igual forma, estar cerca de un afluente no era certeza de continuo abastecimiento, por ello la humanidad en tiempos de sequía implementaron un sistema de almacenamiento; esto dio pie para nuevos retos, como el estancamiento de agua, la depuración de aguas y su tratamiento.

Los primeros acercamientos al tema de tratamiento de agua se llevaron a cabo en el año 1806 en la ciudad de Paris, Francia. Allí comenzó a funcionar la mayor planta de tratamiento de agua, en esta, el agua sedimentaba durante 12 horas antes de su filtración, este filtro estaba constituido por arena y carbón los cuales tenía una capacidad de 6 horas. En el año 1827 el inglés James Simplón construye un filtro de arena para purificar el agua de consumo humano, es hasta la actualidad reconocido como el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública (Condorchem Envitech, s.f.).

Hoy en día hay muchas empresas que prestan el servicio de tratamiento del agua residual para la reutilización de esta, también hay sistemas de reciclaje especializados para uso doméstico que son costosos pero muy eficientes. No es muy común ver estos procesos de reciclaje en una vivienda unifamiliar en Colombia, pero es una solución de eficaz y óptima para ahorrar agua, adicional a esto, el impacto ambiental es leve, ya que los filtros absorben y limpian el agua residual. A continuación, se detalla la estructura del filtro

## Ensamble de una vivienda autosustentable

El Filtro Ósmosis Inversa Agua Desionizada 2400gpd Luz Uv 25w, es ideal para nuestro diseño de vivienda autosustentable, ya que garantiza a partir de sus 6 etapas la desmineralización y deionización del agua.

### Figura 4

*Filtro Ósmosis Inversa Agua Desionizada 2400gpd Luz Uv 25w*



Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-608654041-filtro-osmosis-inversa-agua-desionizada-2400gpd-luz-uv-25w- JM>

Este filtro es de uso residencial o industrial, esto debido a su capacidad de reciclaje y limpieza con una capacidad de 2400 galones por día, un aproximado de 630 litros, al día este sistema puede tratar 9120 litros de agua y 380 litros por hora, este cuenta con las siguientes etapas de tratamiento: Polipropileno PP, Carbón Granular CAG, Carbón Bloque CTO, Osmosis RO, Luz UV 25w y Desionizador

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### **2.6.2. Etapa 1**

El Polipropileno PP es una membrana que actúa como filtro para obstruir el paso de sedimentos, así remover los sólidos y partículas suspendidas en el agua, entre otros elementos como el polvo, lodo, óxido y arena. Esta etapa tiene la ventaja de prevenir interrupciones y obstrucciones en el proceso. La membrana de polipropileno debe ser reemplazada cada 6 meses, debido a su alto contenido de sedimentos.

### **2.6.3. Etapa 2**

El Carbón Activado Granular GAC es una membrana granular compuesta por carbón activado, el proceso consiste en que el agua pase por el material por contacto directo con un tiempo prolongado, de esta forma, da como resultado la eliminación de químicos orgánicos como el cloro, benceno, pesticidas, herbicidas, trihalometanos compuestos, radón, disolventes, entre otros. Debido a su alto contenido de elementos químicos, se sugiere al cliente cambiar el carbón cada 6 meses.

### **2.6.4. Etapa 3**

El Carbón Activado Bloque CTO, es una membrana granular compuesta por carbón compacto, el proceso consiste en que el agua pase por el material por contacto directo, de esta forma, da como resultado la absorción de químicos y compuestos orgánicos volátiles, adicional a esto, contribuye con la eliminación de olores, retiene sedimentos y partículas ínfimas que



## Ensamble de una vivienda autosustentable

pudieron pasar por los dos filtros anteriores. Debido a su alto contenido de elementos químicos y pequeños sedimentos retenidos en esta etapa, se sugiere al cliente cambiar el carbón cada 6 meses.

### **2.6.5. Etapa 4.**

El Membrana RO, es una membrana de ósmosis inversa que desmineraliza el agua, el proceso consiste en eliminar en su mayoría todos los contaminantes orgánicos, metales pesados, material orgánico, plaguicidas, bacterias y virus suspendidos en el agua. Esta membrana debe cambiarse cada 12 meses, debido a su desgaste y función en el proceso de tratamiento.

### **2.6.6. Etapa 5.**

El filtro Ultravioleta de 25w – UV ofrece un proceso de desinfección del agua al instante, eliminando de esta forma virus y bacterias que pudieron filtrarse de otros procesos, favoreciendo la calidad de agua, no cambia sus propiedades y no tiene efectos negativos, es una etapa que contribuye al medio ambiente de forma segura y eficaz. El tubo debe ser cambiado cada 12 meses debido a su desgaste y eficiencia.

### **2.6.7. Etapa 6.**

El Sistema de Deionización – Resina Mixta, es un proceso de ósmosis inversa que produce agua desmineralizada con niveles de sólidos disueltos totales de 10ppm y este en

## Ensamble de una vivienda autosustentable

combinación con un lecho de resina mixta de intercambio iónico que termina produciendo agua Desionizada. El sistema de ósmosis inversa presenta unos parámetros y condiciones para su uso y función, a continuación, se destacan sus características más importantes:

- La producción aproximada del sistema es de 9120 litros en 24 horas, para un total de 380 litros por hora aproximadamente.
- Tiene un contenedor de Membrana RO 3013, la cual se encarga de eliminar compuestos orgánicos, metales pesados como el plomo, plaguicidas, bacterias y virus.
- Tiene un gran flujo sin tanque de presión.
- Contempla en sus funciones la autolimpieza
- Display digital y medidor de presión
- Bombas a presión para las membranas de ósmosis
- Sistema microcontrolador con auto-flush y medidor de flujo.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### 3. Marco Legal

#### 3.1 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente

La NSR-10 es el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, que regula las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.

Entre sus funciones está el atender y absolver las consultas que formulen acerca de las normas sismo resistentes, dirigir y supervigilar las investigaciones que se lleven a cabo sobre aspectos relacionados con la Ley 400 de 1997, coordinar seminarios sobre actualizaciones de las normas entre otras.

#### 3.2. Ley 1715 de 2014 de la República de Colombia y modificada parcialmente por la Ley 2099 del 2021.

Esta tiene como objetivo promover el desarrollo y la consolidación de fuentes no convencionales de energía y uso eficiente de la energía en el sistema energético nacional. Así mismo, ofrece incentivos para aquellas empresas o particulares que deseen implementar estos mecanismos de energía renovable en su entorno.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### **3.3. Norma REITE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)**

Es un reglamento que se compone por un documento técnico-legal vigente en Colombia por el Ministerio de Minas y Energía, en este se evidencian los parámetros fundamentales para las instalaciones eléctricas de forma segura. Cabe aclarar que sus parámetros son obligatorios en todo el territorio nacional, adicional a esto, cuenta con un anexo general (NTC 2050).

### **3.4. Norma NTC 2050 es un anexo general de la Norma REITE**

Este anexo tiene el objetivo de salvaguardar los bienes y personas de los riesgos producidos por un mal uso o disposición de la instalación de un sistema eléctrico. A continuación, se nombrarán los artículos que se utilizaron para el diseño seguro y específico del sistema eléctrico de la casa autosustentable:

- ✓ NTC 210.7
- ✓ NTC 210.8
- ✓ NTC 210.70 (a)
- ✓ NTC 220.4
- ✓ NTC 110-5

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### **3.5. La Sección 690 de la Norma NTC 2050**

Trata sobre las instalaciones fotovoltaicas para la generación de energía eléctrica, incluye a su vez, cargadores e inversores. Estos elementos deben cumplir a cabalidad la norma o no podrán ser utilizados.

### **3.6. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS**

El Reglamento técnico de Agua y Saneamiento (RAS) en su título D, establece las condiciones requeridas para la concepción y el desarrollo de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y lluvias, considerados como convencionales. Así mismo orienta la planificación, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la operación, el mantenimiento y el seguimiento de la operación de estos sistemas y sus componentes. Incluye lineamientos para los elementos que conforman los alcantarillados de aguas residuales, lluvias y combinados como sistemas de recolección, manejo y evacuación de aguas residuales y/o lluvias, sus diferentes componentes y estaciones de bombeo.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### 4. Metodología

#### 4.1. Fuentes de información

Como parte de la primera fase del proyecto “Diseño de una vivienda autosustentable”, se realizó una búsqueda sistemática de información sobre sustentabilidad, desarrollo sustentable, tecnologías sustentables especificando el sistema de reciclaje de agua (sistema de reciclaje de agua el Filtro Ósmosis Inversa Agua Desionizada 2400gpd Luz Uv 25w), mecanismos de energía renovable (paneles solares), mecanismos geotérmico (pozo canadiense) y ensamble de vivienda (estructura metálica de Steel Framing), en bibliotecas, bases de datos y páginas de internet, bajo criterios de pertinencia, relevancia y rigurosidad, lo que permitió consolidar un acervo documental de cerca de 68 títulos. Tras revisar estos documentos se decidió hacer un análisis más detallado de 52 de ellos que, por sus aportes al estudio planteado, en su mayoría fueron incorporados al marco teórico y cuyas referencias se pueden apreciar al final de este documento.

#### 4.2. Diseño Metodológico

La presente investigación se centra en 5 fases que permitieron cumplir los objetivos planteados para el diseño de la estructura de una vivienda unifamiliar autosustentable en el Municipio de Anapoima, con el fin de disminuir costos, dar respuesta a las necesidades de servicios públicos y mitigar el impacto ambiental.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### ***4.2.1. Fase I: Revisión Teórica***

En esta fase se realizó una revisión teórico-técnica que dio respuesta a las problemáticas planteadas en la investigación y permitió la elaboración del marco de referencia a partir del entendimiento de los elementos que son claves para para el desarrollo de una vivienda autosustentable (generación de energía propia, adecuado manejo del agua, eficiencia térmica, materiales de bajo impacto, incorporación de materiales reciclables y armonía con el entorno a través del uso de tecnologías limpias: sistema de reciclaje de agua (Filtro Ósmosis Inversa Agua Desionizada 2400gpd Luz Uv 25w), mecanismos de energía renovable (paneles solares), mecanismos geotérmico (pozo canadiense) y ensamble de vivienda (estructura metálica de Steel Framing),.

### ***4.2.2. Fase II: Sistema de reciclaje de agua***

En esta fase se realizó la revisión teórico-técnica en cuanto a el reciclaje de agua de la vivienda autosustentable, a través de la identificación de un filtro de agua que va conectado al conducto principal de aguas grises, con el fin de tratar y reutilizar una vez más el fluido en las áreas específicas de la casa. En cuanto a la parte económica, se realizó una comparación de valores con ayuda de un recibo de agua para establecer el ahorro aproximado que se obtendría con el uso del filtro.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### **4.2.3. Fase III: Mecanismo de energía renovable**

Se profundizó en los diferentes sistemas de energía renovable y seleccionó el que más se adaptó al diseño de la vivienda y el sistema de reciclaje del agua que en este caso son los paneles solares. En cuanto a la parte económica, se realiza una comparación de valores con ayuda de un recibo de electricidad para establecer el ahorro aproximado que se logrará con el uso del sistema.

### **4.2.4. Fase IV: Mecanismo geotérmico**

Esta fase se desarrolló con el uso del pozo canadiense en la vivienda autosustentable, con el fin de dar una climatización a la vivienda sin ayuda de aire acondicionado o ventiladores. En cuanto a la parte económica, se realiza una comparación de valores con ayuda de un recibo de electricidad para establecer el ahorro aproximado de electricidad en calefacción que se logrará con el uso del sistema.

### **4.2.5. Fase V: Ensamble de Vivienda**

Esta fase se desarrolló con el uso de los paneles solares, el filtro de agua, el pozo canadiense y la estructura metálica de Steel Framing en la vivienda autosustentable, este proceso de ensamble se realiza con ayuda de todas las fases anteriores y el proceso investigativo previamente realizado, en donde se concluye que estructura y condiciones de diseño debe contar la vivienda para un completo funcionamiento de todos los componentes. Los resultados proporcionaron el ahorro aproximado en tiempos de construcción de la vivienda.



## Ensamble de una vivienda autosustentable

### ***4.2.6. Fase VI: Análisis del cumplimiento del diseño de la vivienda autosustentable con las características claves del desarrollo sostenible.***

Luego del ensamble de la vivienda autosustentable realizado en las anteriores fases se realizó el análisis de cumplimiento de las 6 claves para el desarrollo sostenible.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### 5. Resultados

Acorde con las seis claves propuestas por Calero (2020) para lograr una vivienda autosustentable a continuación se hará la descripción de cada una de las tecnologías desarrolladas en la propuesta, posteriormente el presupuesto con el establecimiento de costo/beneficio y finalmente un análisis de cumplimiento de las características del desarrollo sostenible en la vivienda diseñada.

#### 4.1. Sistema de reciclaje de agua

El mecanismo de reciclaje de la casa autosustentable está conformado por un método de filtración que está conectado a las redes de desagüe y suministro de algunos espacios. Para la construcción se opta por la conexión de un filtro de ósmosis inversa, con la finalidad de brindar una alternativa económica y eficaz para el medio ambiente, integrando las necesidades humanas y el impacto que estas ejercen sobre el ecosistema.

El sistema de reciclaje del agua es un mecanismo estratégico que permite reutilizar el agua residual, por medio de un tratamiento eficaz y rápido, este proceso se lleva a cabo de un filtro de ósmosis inversa, el agua entra directamente a seis capas que están divididas de tal forma que deba pasar por todas de forma progresiva, estas tienen diferentes funciones y cada una elimina un respectivo residuo, ya sea químico, orgánico, grasas, fluidos o sedimentos. Con este mecanismo se espera ahorrar entre un 30% y 40% la cantidad de agua suministrada, además se espera una recuperación del líquido entre un 80% y 90% para poder reutilizarlo en actividades

## Ensamble de una vivienda autosustentable

como lavaplatos, inodoro y lavadora, así mismo se evidencia un beneficio económico para los residentes y ambiental para el municipio.

Para poder implementar el mecanismo de reciclaje del agua a la casa, en primera instancia se debe denotar qué tan efectivo podría llegar a ser, por ello vamos a utilizar como referente el valor del recibo del agua de una vivienda, la cual es concurrida con fines vacacionales, esto es un detalle esencial para el análisis, ya que la finalidad del proyecto de la casa autosustentable es con fines vacacionales.

### Figura 5

*Recibo de agua y alcantarillado en Anapoima, Cundinamarca.*

ERAT				EMPRESA REGIONAL AGUAS DEL TEQUENDAMA S.A. E.S.P. ANAPOIMA		PARA CUALQUIER TRAMITE CITE ESTE NUMERO	
900126313-7				CUENTA INTERNA	2045342	CICLO	6
				RUTA	33000052	FACTURA No.	1248196
SUSCRIPTOR	SANTOS KERGUELAIN DIANA DOLORES			ESTRATO	6	No ATRASOS	0
DIRECCION	CA 52 CON. SAN MIGUEL			CLASE DE USO	1		
ACUEDUCTO				RESUMEN			
LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	CONSUMO M3	CODIGO	ACUEDUCTO	\$140,263		
1093	1061	32	33000052	ALCANTARILLADO	\$76,853		
ULTIMOS CONSUMOS EN M3				DEUDA FACTURA ANTERIOR	\$		
MAY - JUN 2021	MAR - ABR 2021	ENE - FEB 2021	PROMEDIO M3	PERIODO DE FACTURACION			
23	33	34	30	FECHA DE EXPEDICION 20/08/2021			
LIQUIDACION SERVICIO A PAGAR				INFORMACION ADICIONAL			
CONCEPTO	CONSUMO M3	TARIFA \$M3 ACUEDUCTO	TARIFA \$M3 ALCANTARILLADO	VALORES POR LEY 142/94			
CONSUMO BASICO	32	3895,35	2149,44				
CONSUMO COMPLEMENTARIO	0	3895,35	2149,44				
CONSUMO SUNTUARIO	0	3895,35	2149,44				
SUBTOTAL (CONSUMO X TARIFA)		124,651	68,782				
CARGO FIJO		15,612	8,071				
SUBTOTAL		140,263	76,853				

*Fuente:* Empresa Regional Aguas del Tequendama S.A (ERAT).

La Empresa Regional Aguas del Tequendama S.A es la encargada de prestar el servicio de suministro de agua y alcantarillado en Anapoima, Cundinamarca, esta envía todos los meses un recibo a pagar, este documento trae consigo un detalle de cuenta, en él se encuentra

## Ensamble de una vivienda autosustentable

desglosado el subtotal y el valor total a pagar, en el inciso de consumo básico se evidencia que el cálculo de Valor M3 cuesta por unidad \$3895.35 pesos colombianos y el consumo para ese mes fue de 32M3, estos valores se multiplican y da como resultado el costo de referencia, sin contar la tarifa de aseo, alcantarillado y los intereses por mora.

La cantidad de dinero \$124,651 pesos colombianos, corresponde a la estadía de 10 días de 6 personas, utilizando lavadora, tres lavamanos, dos duchas, lavaplatos, piscina, ducha de piscina y tres inodoros. La factura es mensual, independientemente del consumo diario u ocasional.

Al tener la información básica de los costos que acarrea el consumo básico del agua, decidimos utilizar un Filtro Ósmosis Inversa Agua Desionizada 2400gpd Luz Uv 25w, este filtro está conectado a la red de suministro de la vivienda, siendo así una alternativa de reciclaje del agua en la mayoría de su tiempo. El mecanismo cuenta con 58cm de ancho x 36cm x 79cm de alto, adicional a esto, pesa aproximadamente 30kg, esta unidad cumple con los estándares de calidad y seguridad, a su vez cuenta con certificado INVIMA. Este sistema proporciona a la vivienda un aproximado diario de 1.094 litros reciclados, teniendo la facilidad de reciclar 380 litros por hora.

### ***4.1.1. Cálculos consumo de agua***

Para demostrar sus beneficios, realizamos varias tablas con diferentes consumos mensuales para una vivienda unifamiliar, nos remitimos a diferentes fuentes como lo son Inter-

## Ensamble de una vivienda autosustentable

American Development Bank, Cadeneres, Fundación Aquae y Cálculo Word para buscar el consumo promedio de agua que gasta una actividad o electrodoméstico en una vivienda.

Las tablas cuentan con actividades indispensables y electrodomésticos recurrentes en una casa y consumos acordes a su uso, así mismo, se comparó el valor M3 de Anapoima y de la ciudad de Bogotá para tener una perspectiva más amplia de los costos de las mismas actividades en diferentes lugares. Cabe aclarar que las secciones que están resaltadas de color verde son las actividades de donde se extraerá el agua para reciclar, ya que son las que más suministro de agua necesitan y las que más pueden proveer para abastecer las demás. Se espera que el porcentaje saliente del agua de tratamiento sea un 10% a 15% menos de la que ingresó.

**Tabla 3**

*Cálculos de consumo de agua aproximado de una casa habitada 30 días*

<b>Cálculos de consumo de agua aproximado de una casa habitada 30 días</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Electrodomésticos y/o Actividad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Lts./día</b>	<b>Lts./Mes</b>
3	Sanitarios	12 DesXPers.	576	17280
1	Zona de lavado	3 por semana	25	744
2	Duchas Eléctricas	10 por día	950	28500
3	Lavamanos	12 por día	144	4320
1	Lavaplatos	6 por día	240	7200
Red sanitaria e Hidráulica de la vivienda Vacacional		Total	1935	58044
Sistema Sanitario e Hidráulico Autosustentable		Total	841	25224
Porcentaje de ahorro del Sistema Sanitario e Hidráulico		Total	43.46	43.46

Fuente: Elaboración propia

En una primera instancia se realizó el cálculo de consumo de agua para una vivienda habitada un mes (30 días), cuenta con varios electrodomésticos y elementos tecnológicos que necesitan abastecerse. Se estipula una cantidad día y semanal acorde al uso de todos los

## Ensamble de una vivienda autosustentable

elementos de la casa para su mayor detalle. Los resultados de la tabla indican que el consumo de agua que se necesitaría para el reciclaje sería un mínimo de 841 Lts/día y mensual de 25224 Lts/mes aproximadamente (Ver Tabla 2.), por otra parte, el filtro tiene la capacidad de reciclar 9120 Lts/día y 273600 Lts/mes, esto evidencia que es muy eficaz el uso de este sistema para el diseño de la vivienda autosustentable y cumple con las necesidades de consumo básico.

**Tabla 4**

*Valores de consumo de agua aproximado de una casa vacacional 30 días.*

<b>Valores de Consumo de agua aproximado de una casa habitada 30 días</b>			
<b>Ítems</b>	<b>Valor por M3</b>	<b>M3</b>	<b>Valor Total</b>
Valor M3 Anapoima	\$3.895.35	58.044	\$226.101.70
Valor M3 Bogotá (Chapinero)	\$2.722.27	58.044	\$158.011.44
Valor M3 Ahorro (Anapoima)	\$3.895.35	25.224	\$98.256.31

Fuente: Elaboración propia

Ya teniendo los valores de consumo básico aproximados, podemos calcular el costo de la factura sin considerar los cobros adicionales, tarifa de alcantarillado y aseo. En principio se evidencia una diferencia en el valor por M3 entre Bogotá y Anapoima, siendo la última más costosa, esto implica que los costos de consumo serán más altos en el Municipio de Cundinamarca a pesar de tener el mismo consumo (Ver Tabla 3.).

En los 30 días de consumo, se registró en el municipio de Anapoima un costo de consumo de \$226.101,70 mil pesos que es bastante elevado y esto se debe a su costo por M3 y la cantidad de actividad con respecto al uso. Sin embargo, el sistema de reciclaje implementado en la casa suplirá casi a la mitad el consumo, sería una cifra de \$98,256.31 pesos colombianos, de

## Ensamble de una vivienda autosustentable

esta forma, la vivienda unifamiliar en costos de consumo básico sería entre 40% y 50% más bajo, pero el restante del agua, alcantarillado y aseo público aparecerán siempre en la factura de cobro.

**Tabla 5**

*Cálculos de consumo de agua aproximado de una casa habitada 15 días.*

<b>Cálculos de consumo de agua aproximado de una casa habitada 15 días</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Electrodomésticos y/o Actividad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Lts./día</b>	<b>Lts./Mes</b>
3	Sanitarios	12 DesXPers.	576	8640
1	Zona de lavado	3 por semana	25	372
2	Duchas Eléctricas	10 por día	950	14250
3	Lavamanos	12 por día	144	260
1	Lavaplatos	6 por día	240	3600
Red sanitaria e Hidráulica de la vivienda Vacacional		Total	1935	29022
Sistema Sanitario e Hidráulico Autosustentable		Total	841	12612
Porcentaje de ahorro del Sistema Sanitario e Hidráulico		Total	43.46	4346

Fuente: Elaboración propia

A diferencia de la Tabla 2, se realizó el cálculo de consumo para una vivienda vacacional de 15 días, cuenta con los mismos electrodomésticos y elementos tecnológicos que necesitan abastecerse, se estipuló una cantidad día y semanal acorde al uso de todos los elementos de la casa para su mayor detalle. Los resultados de la tabla indican que el consumo de agua que se necesitaría para el reciclaje sería un mínimo de 841 Lts/día y mensual 12612 Lts/mes aproximadamente (Ver Tabla 4.), por otra parte, el filtro tiene la capacidad de reciclar 9120 Lts/día y 136800 Lts/15d, esto evidencia que muy es eficaz el uso de este sistema para el diseño de la vivienda autosustentable y cumple con las necesidades de consumo básico.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Tabla 6**

*Valores de consumo de agua aproximado de una casa vacacional 15 días.*

<b>Valores de Consumo de agua aproximado de una casa vacacional 15 días</b>			
<b>Ítems</b>	<b>Valor por M3</b>	<b>M3</b>	<b>Valor Total</b>
Valor M3 Anapoima	\$3.895.35	29.022	\$113.050.85
Valor M3 Bogotá (Chapinero)	\$2.722.27	29.022	\$79.005.72
Valor M3 Ahorro (Anapoima)	\$3.895.35	12.612	\$49.128.15

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al ámbito económico, a diferencia de la (Tabla 3.). En los 15 días de consumo, se registró en el municipio de Anapoima un costo de consumo de agua de \$113,050.85 mil pesos que es bastante elevado y esto se debe a su costo por M3 (Ver Tabla 5.). Sin embargo, el sistema de reciclaje implementado en la casa suplirá casi a la mitad el consumo, sería una cifra de \$49,128.15 mil pesos colombianos, de esta forma, la vivienda unifamiliar en costos de consumo básico sería entre 40% y 50% más bajo, pero el restante del agua, alcantarillado y aseo público aparecerán siempre en la factura de cobro.

Después de investigar y tener presente el consumo de agua aproximado, tanto a 30 días como a 15 días, contemplamos una posibilidad de vacacionar en la vivienda autosustentable 8 días en promedio al mes, así mismo se modifican los datos para calcular estos días de vacaciones en la casa, dando como resultado un costo de consumo de \$ 60,245.48 pesos colombianos.

El sistema de reciclaje implementado en la casa suplirá casi a la mitad el consumo, sería una cifra de \$26,153.38 mil pesos colombianos, de esta forma, la vivienda unifamiliar en costos de consumo básico sería entre 40% y 50% más bajo, pero el restante del agua, alcantarillado y aseo público aparecerán siempre en la factura de cobro. (Ver Tabla 6 - 7.).



## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Tabla 7**

*Cálculos de consumo de agua aproximado de una casa vacacional 8 días.*

<b>Cálculos de consumo de agua aproximado de una casa habitada 8 días</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Electrodomésticos y/o Actividad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Lts./día</b>	<b>Lts./Mes</b>
3	Sanitarios	12 DesXPers.	576	4608
1	Zona de lavado	3 por semana	25	186
2	Duchas Eléctricas	10 por día	950	7600
3	Lavamanos	12 por día	144	1152
1	Lavaplatos	6 por día	240	1920
Red sanitaria e Hidráulica de la vivienda Vacacional		Total	1935	15466
Sistema Sanitario e Hidráulico Autosustentable		Total	841	6714
Porcentaje de ahorro del Sistema Sanitario e Hidráulico		Total	43.46	4341

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8 .**

*Valores de consumo de agua aproximado de una casa vacacional promedio de 8 días.*

<b>Valores de Consumo de agua aproximado de una casa vacacional 8 días</b>			
<b>Ítems</b>	<b>Valor por M3</b>	<b>M3</b>	<b>Valor Total</b>
Valor M3 Anapoima	\$3.895.35	15.466	\$60.245.48
Valor M3 Ahorro (Anapoima)	\$3.895.35	6.71	\$26.153.38

Fuente: Elaboración propia

Cabe aclarar que el promedio de 8 días por mes es evaluado teniendo en cuenta las épocas vacacionales y comunes, con lo anterior, se obtuvieron los siguientes datos de costos mensuales del consumo de agua. Se realizó una proyección a 20 años de los costos que posiblemente puede ahorrar la persona que utilice el Filtro de Ósmosis Inversa propuesto para la vivienda autosustentable.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

El resultado en el valor mensual es de \$ 7,840.88, el valor anual fue de \$ 94,090.56, valor a 10 años \$ 940,905.59 y valor a 20 años \$ 1.881.811.18, es decir, estaríamos ahorrando alrededor de 1.881.811.18 de pesos colombianos en costos de suministro de agua durante la vida útil del filtro, cabe aclarar que son datos de un abastecimiento del 43% aproximadamente del consumo del agua de la casa. (Ver Tabla 8.).

Hay que tener en cuenta que se debe realizar un reemplazo de elementos del Filtro de Ósmosis Inversa, cambiando el Polipropileno PP, Carbón Activado Granular (CAG), Carbón Activado Bloque (CAB) cada dos años, en cuanto a la Membrana Ro y la Luz Ultravioleta 25w – UV cada 4 años. Se recomienda cambiar los elementos cada seis meses o cada año, pero como es un filtro que se utilizará de forma vacacional y no 365 días al año por 24 horas, el desgaste de los elementos no es considerable y pueden durar un tiempo estimado de 4 veces más.

Recomendamos de igual forma que si nota cambios en la calidad del agua, cambiar los filtros de inmediato, independiente de tener un tiempo estimado. Contemplamos los costos de los elementos, para ver el costo/beneficio que teníamos por utilizar un sistema de reciclaje de agua (Ver Tabla 9.), a su vez comparamos los valores para detallar cuál era el beneficio total a 20 años de reemplazo de elementos. (Ver Tabla 8.). Dando como resultado una ganancia mínima, pero al pasar del tiempo, esa ganancia va subiendo hasta posicionarse en un buen beneficio.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Tabla 9**

*Total de costos proyectados de ahorro de agua reciclada del sistema a 20 años aprox.*

<b>Total de costos proyectados de ahorro de agua reciclada del sistema a 20 años aprox.</b>				
Ítems	Valor mensual	Valor anual	Valor 10 años	Valor 20 años
Valor ahorrado	\$26,153.38	\$313,840.56	\$3,138,405.59	\$6,276,811.18
Valor reemplazo de elementos (Costo/Beneficio)	\$18,312.50	\$219,750.00	\$2,197,500.00	\$4,395,000.00
Total de costos proyectados (Costo/Beneficio)	\$7,840.88	\$94,090.56	\$940,905.59	\$1,881,811.18

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10**

*Valores de Elemento y duración*

<b>Valores de elemento y duración</b>		
Elementos para reemplazar	Valor	Duración
Polipropileno PP X3	\$30,000	2 años
Carbón Activado Granular (CAG)	\$38,000	2 años
Carbón Activado Bloque (CAB)	\$33,000	2 años
Membrana RO	\$118,000	4 años
Ultravioleta 25w - UV	\$660,000	4 años
Total	\$879,000	

Fuente: Elaboración propia

Contemplamos también el beneficio ambiental, este por su parte es muy bueno para las aspiraciones en gasto de metros cúbicos de agua. Según nuestras proyecciones, mensualmente podríamos estar ahorrando 6.71 M3, anualmente 80.77 M3, en 10 años 805.68 M3 y a 20 años estaríamos ahorrando alrededor de 1611.36 M3, un valor impresionante. Es un ahorro del 43% del total de agua suministrada, solamente contemplando una vivienda vacacional habitada 8 días el mes. De igual forma, son precios aproximados y pueden variar dependiendo el funcionamiento

## Ensamble de una vivienda autosustentable

y el consumo de agua por parte de los residentes de la vivienda, como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 11**

*Total de costos proyectados de ahorro de agua reciclada del sistema a 20 años aprox.*

<b>Total de M3 proyectados de ahorro por el sistema de reciclaje de 20 años aprox.</b>				
Ítems	Valor mensual	Valor anual	Valor 10 años	Valor 20 años
Cantidad de M3 Ahorrados (Beneficio Ambiental)	6.71	80.57	805.68	1,611.36
Cantidad de M3 no Ahorrados	8.75	105.02	1,050.24	2,100.48
Total de M3 Gastados finales	15.47	185.59	1,855.92	3,711.84

Fuente: Elaboración propia

Cabe aclarar que los valores de las tablas 8, 9 y 10 están sujetos a aproximaciones y son proyecciones con los costos actuales hasta la fecha, eso quiere decir que pueden ser variables al pasar de los años, además, el costo del Filtro de Ósmosis Inversa está presupuestado con el valor total de la vivienda. También es importante tener en cuenta que habrá días que no se cumpla el número de cantidades aproximado, ya que se pueden generar mayores o menores gastos, de igual forma, el filtro tendrá un tanque de almacenamiento de agua tratada para distribuir nuevamente por la casa.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

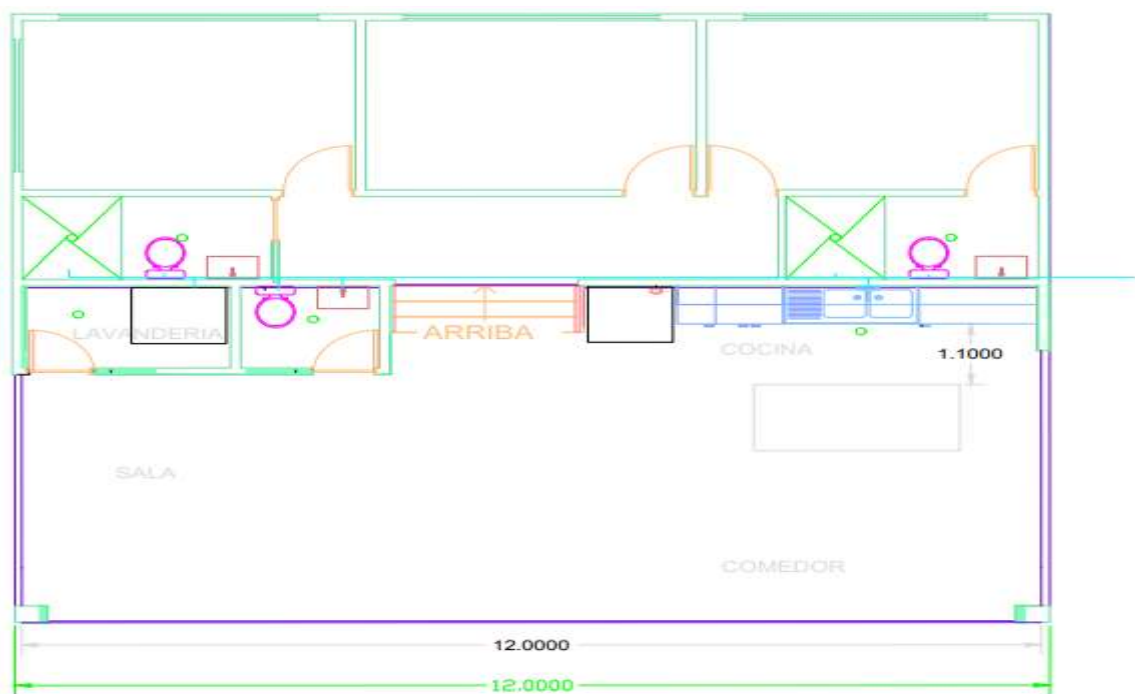
### 4.1.2. Diseño

Se ha diseñado un esquema detallado de la vivienda con el sistema de suministro de agua, aguas grises, aguas grises recicladas y el proceso de aguas sanitarias, con el fin de proporcionar apoyo visual e ingenieril para mayor entendimiento.

**4.1.2.1. Diseño hidráulico de suministro de agua local:** Con respecto al suministro de agua local se utilizará una tubería PVC 2" para agua que irá desde el medidor hasta cada punto hidráulico, el cual contará con una tubería CPVC 1 ½" desde la tubería principal hasta cada punto hidráulico de la casa (figura 6).

#### Figura 6

*Esquema general de la vivienda de la red de suministro de agua local.*



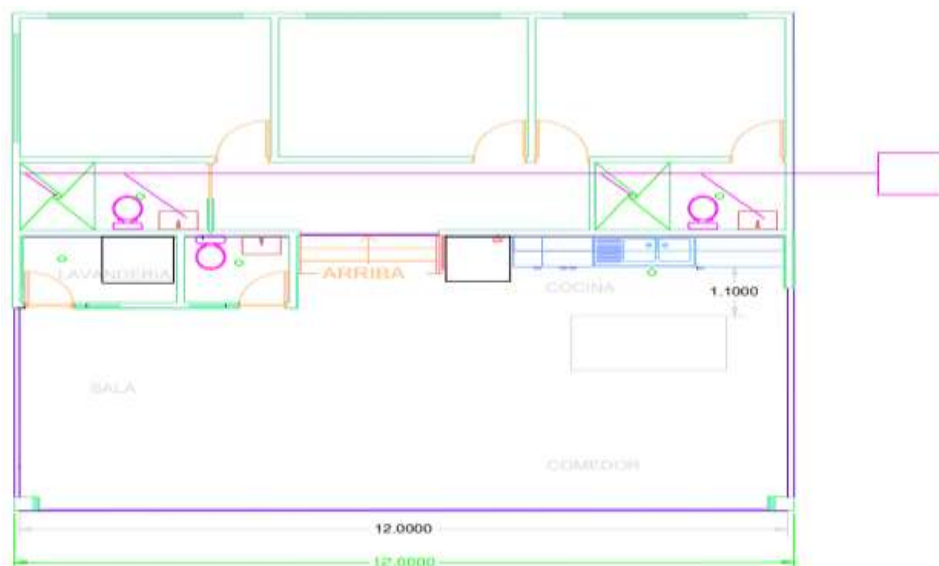
Fuente: Elaboración propia

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**4.1.2.2. Diseño hidráulico de recolección de agua para reciclaje:** Con respecto al diseño de recolección de agua, se usará tubería PVCS 2” desde cada punto sanitario, sin incluir los inodoros, hasta la tubería principal de 2” que irá direccionada al filtro para su purificación y reutilización. Así mismo, la tubería a usar para la reutilización del agua será PVC 2” que irá desde el punto de recolección de agua reciclada hasta cada punto hidráulico de la casa. Por otro lado, se utilizará tubería CPVC 1 ½” que irá desde la tubería principal de suministro hasta cada uno de los puntos hidráulicos de la casa, y, de esa misma forma se usará tubería CPVC de 1 ½” para la distribución de agua en cada punto hidráulico. Estas conexiones se realizan usando accesorios de unión como codos, tees y yeas, que a su vez se unirán a la tubería de CPVC 1 ½” que irá desde la tubería principal de agua hasta cada punto hidráulico como se evidencia en la siguiente figura:

### Figura 7

*Esquema general de la vivienda de diseño de la red de tubería de aguas grises.*



Fuente: Elaboración propia

## Ensamble de una vivienda autosustentable

El filtro de purificación de agua ofrece agua desionizada de alta pureza. con seis etapas que logran eliminar del agua hasta un 99% de sólidos disueltos suspendidos y microorganismos. Así mismo elimina casi todos los contaminantes inorgánicos del agua, como el radio, plomo y hierro. Las seis etapas del filtro consisten en una capa de polipropileno 5 micra la cual se encarga de atrapar lodo, polvo, óxido y arena que pueden afectar el sabor y apariencia física del agua, a su vez protegiendo los demás filtros de atascos y obstrucciones prematuras. Posteriormente nos encontramos con un filtro de carbón activado granular (CAG), el cual tiene como objetivo reducir el cloro, benceno, pesticidas y herbicidas, trihalometanos, compuestos orgánicos volátiles y otros. Luego pasamos al filtro de Carbón Activado Bloque CTO (Chlorine, Taste, Odor). Carbón activado en polvo compactado en bloque que complementa la etapa CAG y mejora los aspectos estéticos del agua, al eliminar el cloro y el mal olor, mejorando así su sabor.

El proceso de filtración hace que las materias orgánicas y causantes de olores, sean absorbidas en la superficie, al igual que el cloro residual que se encuentra en el agua, de esta forma se elimina del líquido estos residuos. La siguiente figura muestra la composición estructural del sistema.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### Figura 8

*Esquema de reciclaje de aguas grises de la casa autosustentable.*



Fuente: Elaboración propia

El esquema anterior se compone de una tubería que lleva agua gris residual y va conectada al Filtro Ósmosis Inversa Agua Desionizada 2400 gpd Luz Uv 25w, donde se realiza todo el proceso de reciclaje de aguas grises que al final de su tratamiento conecta con un tanque de 1000 litros (lado derecho) que almacenará el agua gris ya reciclada, a este, está conectada una Bomba de Agua Periférica de 1hp que impulsará el agua reciclada a la vivienda nuevamente.

Por otro lado, tenemos el siguiente filtro denominado Ósmosis inversa. RO, el cual elimina eficazmente casi todos los contaminantes inorgánicos del agua. Remueve el radio, la materia orgánica natural, los plaguicidas, los quistes, bacterias y virus. Posteriormente nos encontramos con la quinta etapa de filtración la cual está compuesta por Carbón Activado. T33. Carbón activado de cáscara de coco que ajusta el sabor del agua. Por último, la sexta etapa de filtración, la cual consiste en el uso de una lámpara Ultravioleta. RADIACIÓN ULTRAVIOLETA, la cual se encarga de la desinfección biológica total del agua.

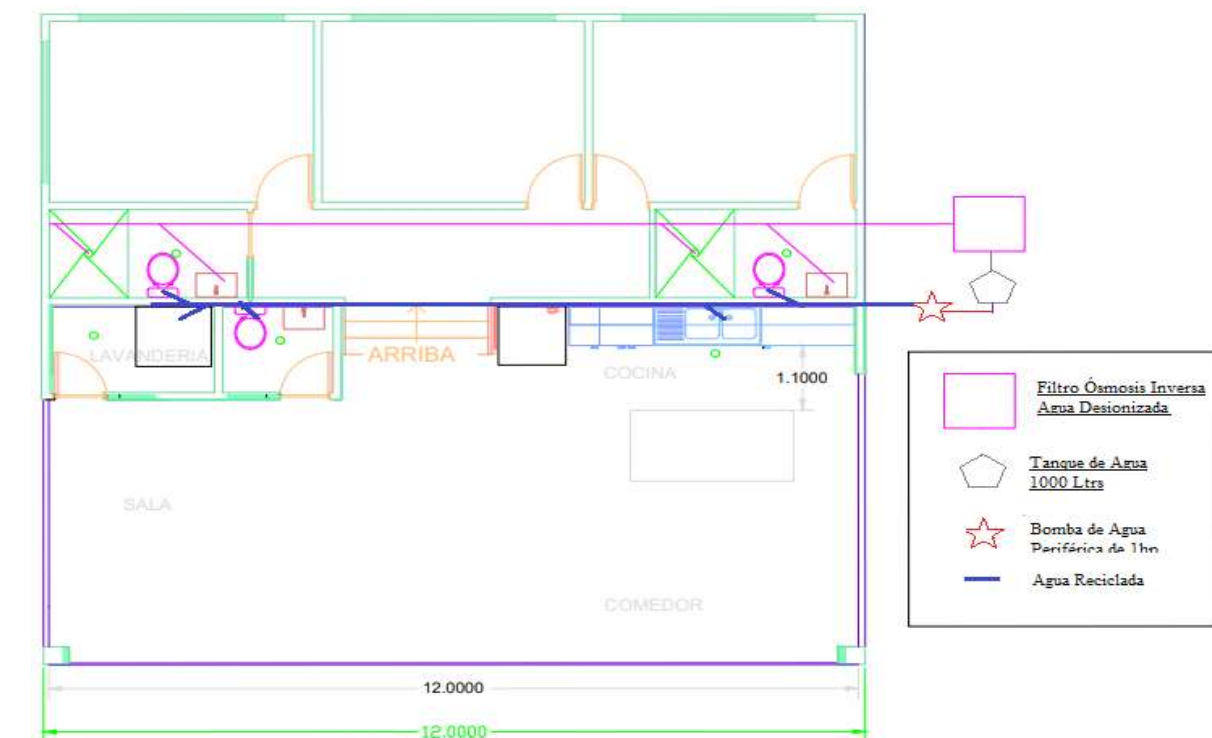


## Ensamble de una vivienda autosustentable

Ya reciclada las aguas grises, retornan a la vivienda a las áreas de los inodoros, lavaplatos y la zona de lavandería para ser reutilizada una única vez y luego ser expulsado por la red de aguas sanitaria, la tubería a usar para la reutilización del agua será PVC 2" que irá desde el punto de recolección de agua reciclada hasta cada punto hidráulico de la casa. Estas conexiones se realizan usando accesorios de unión como codos, tees y yees, que a su vez se unirán a la tubería de CPVC 1½" que irá desde la tubería principal de agua hasta cada punto hidráulico (Ver figura 9).

### Figura 9

*Esquema general de la vivienda diseño de la tubería de agua reciclada.*



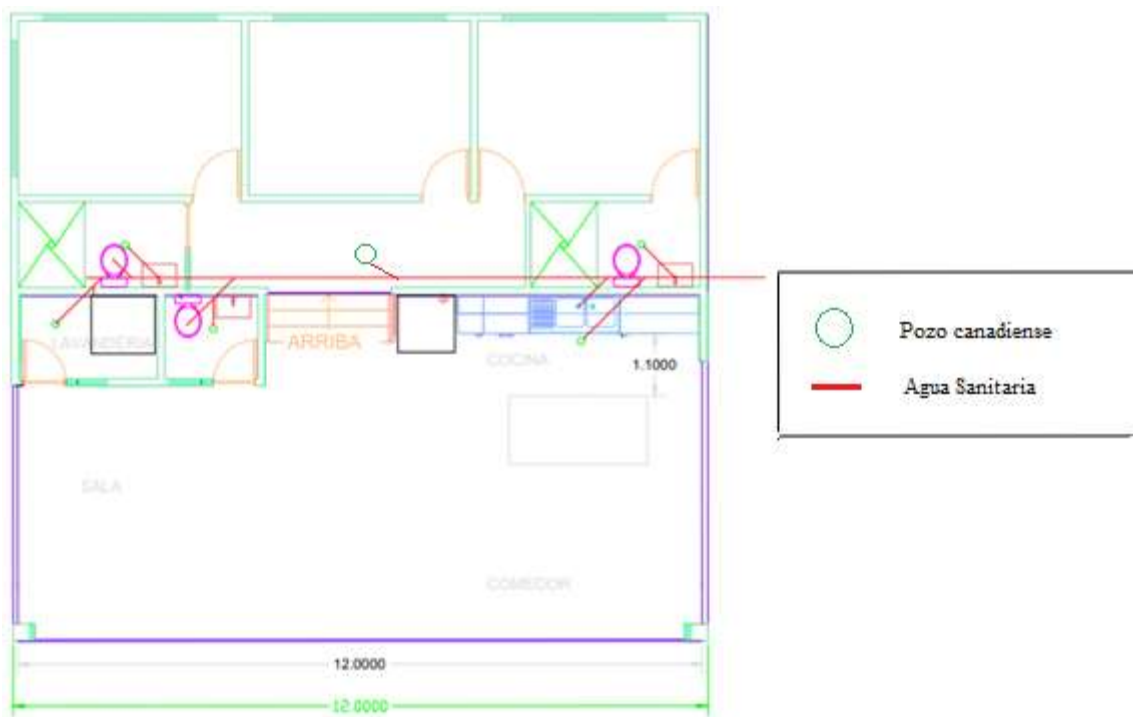
Fuente: Elaboración propia

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**4.1.2.3. Diseño sanitario:** Con respecto al diseño sanitario de la casa, se utilizará una tubería PVCS de 2" desde cada punto sanitario hasta una tubería principal de PVCS 2" que se irá directamente a la tubería residual más cercana. Esta tubería recolecta agua de los sanitarios de la casa, agua de los sifones, lavaplatos y el pozo de drenaje que está conectado al pozo canadiense, esta tubería desemboca en el sistema de alcantarillado del municipio (figura 10.).

**Figura 10**

*Esquema general de la vivienda del diseño sanitario.*



Fuente: Elaboración propia

El proceso de filtración hace que las materias orgánicas y causantes de olores, sean absorbidas en la superficie, al igual que el cloro residual que se encuentra en el agua, de esta forma se elimina del líquido estos residuos. Con respecto a lo anterior, estas son algunas funciones que tiene el proceso:

## Ensamble de una vivienda autosustentable

- La remoción de sabores, olores, cloro residual y materia orgánica de aguas del agua residual doméstica.
- La limpieza de aguas libres de cloro, sinsabores e inodoras para usos industriales de bebidas gaseosas y productos alimenticios.
- El tratamiento final de aguas negras y desechos industriales, para la remoción de materia orgánica y sus olores.

Entre otras características, según Espinel (2014) existen diferentes tipos de aguas residuales, entre ellas están las que se abordarán en la elaboración de esta investigación:

- **Aguas reutilizables:** este líquido presenta características físicas, químicas y biológicas de aguas grises y aguas negras, también dependiendo el caso hay aguas pluviales, estas son tratadas para nuevamente reutilizarlas o disminuir el impacto ambiental a los ríos, cuencas y lagos con altas descargas de elementos biológicos, químicos y materiales.
- **Aguas residuales domésticas:** son la mezcla de aguas grises y aguas negras (inodoro, ducha, lavaplatos, lavamanos y lavadora). Por lo general hay sistemas que los separan para tratarlas, así facilitar el proceso de filtración, también se puede reciclar directamente el conjunto de aguas residuales, sin separación alguna. El último proceso es más complejo, ya que es más sencillo reciclar el agua gris que la negra, debido a su alto contenido de patógenos, sólidos en suspensión, química, nutriente y materia orgánica.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Para garantizar el buen funcionamiento para habitar o vacacionar la vivienda autosustentable es indispensable tener en cuenta las siguientes recomendaciones que se encuentran sujetas al uso y mecanismo hídrico:

- Los gastos excesivos de consumo de agua podrías afectar la incidencia del proceso de filtración, así mismo el ahorro no sería el esperado, por ello se debe tener en cuenta las plantillas de las horas utilizadas por los equipos básicos (Ver Tablas 2 - 4 - 6), así mismo, se controla el consumo de agua.
- El proceso de filtración no abastecerá a la vivienda en un 100%, reabastece unas actividades que cumplen aproximadamente el 43% del consumo de agua, esto puede variar dependiendo de los gastos por actividad.
- En cuanto al Filtro Ósmosis Inversa Agua Desionizada 2400gpd Luz Uv 25w , hay que tener en cuenta que se debe realizar una limpieza, se recomienda hacerla cada vez se vea sucio, adicional a esto, se debe contemplar los accesorios a modificar (Ver Tabla 9).  
Teniendo en cuenta lo anterior, se debe ser riguroso con los tiempos establecidos para el correcto funcionamiento del Filtro.
- Con relación a los electrodomésticos o accesorios por actividad, se recomienda que sean ahorradores de agua, de esta forma, se optimiza mucho más el consumo y se tendría hasta un mejor control.

### 4.2. Mecanismo de energía renovable

El mecanismo eléctrico de la casa autosustentable está conformado por un método de abastecimiento energético, para la construcción se opta por los paneles solares, con la finalidad

## Ensamble de una vivienda autosustentable

de brindar una alternativa económica de construcción, integrando las necesidades humanas y el impacto que estas ejercen sobre el ecosistema.

Los paneles solares son elementos estratégicos para la obtención de energía y a partir de celdas fotovoltaicas, la luz solar entra directamente y una fracción de ella se absorbe por el material semiconductor, ya sea silicio u otro. En el caso de cada fotón genera un par electrón-hueco en el semiconductor, que, por sus propiedades, cada fotón se dirige a una parte de la celda, lo cual, cuando se conecta a través del circuito externo, producen la electricidad que podemos observar al encender, por ejemplo, un bombillo. Estos elementos pueden llegar a producir entre 50 y 200 Watts, lo que sugiere que un techo cubierto por paneles solares sería suficiente para abastecer toda la energía eléctrica del hogar. Son fáciles de instalar, su duración es de aproximadamente 20 años y pueden generar un ahorro de hasta un 80% económicamente.

La Ley 1715 de 2014 de la República de Colombia y modificada parcialmente por la Ley 2099 del 2021. Esta tiene como objetivo promover el desarrollo y la consolidación de fuentes no convencionales de energía y uso eficiente de la energía en el sistema energético nacional. Así mismo, ofrece incentivos para aquellas empresas o particulares que deseen implementar estos mecanismos de energía renovable en su entorno.

Esta ley puede aplicarse en conceptos cómo:

## Ensamble de una vivienda autosustentable

- El Desarrollo Sostenible, en donde se induce a un crecimiento económico, calidad de vida y un bienestar social, así mismo no agotando la base de recursos naturales que se sustenten, ni deteriorar el ambiente o las generaciones futuras.
- La Energía Solar, obtenida desde aquella fuente no convencional de energía renovable que se obtiene de la radiación electromagnética proveniente del sol.
- Los incentivos en proyectos de fuentes no convencionales de energía se dividen en diferentes incisos, en nuestro caso contamos con dos artículos fundamentales para la promoción y desarrollo de energías renovables.
- El Artículo 11. Son incentivos a la generación de energías no convencionales, como fomentar a la investigación, desarrollo e inversión en el tema de la producción y utilización de energía, dando como incentivo a los obligados a declarar renta, la reducción anual por los 5 años gravable siguientes de realizada la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada. Esta a su vez debe tener la certificación de beneficio ambiental por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en concordancia con lo establecido en el artículo 158-2 del Estado Tributario.
- El Artículo 19. Es el desarrollo de la energía solar y que el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Minas y Energía y en conjunto con el Ministerio de Vivienda y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el marco de sus funciones, fomentarán el aprovechamiento del recurso solar en proyectos de urbanización municipal o distrital, así mismo, en edificaciones oficiales, en sectores industriales, residenciales o comerciales.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

En conclusión, tener un sistema FNEC o mejor conocido como Sistemas de Energía Renovable, trae consigo muchos beneficios económicos y ambientales, adicional a esto la norma facilita la implementación de dichos mecanismos promoviendo la inversión y uso personal o industrial.

Para poder implementar el mecanismo eléctrico a la casa, primero debemos saber qué tan efectivo podría llegar a ser, por ello vamos a utilizar como referente el valor del recibo de luz de una vivienda, la cual es concurrida con fines vacacionales, esto es un detalle esencial para el análisis, ya que la finalidad del proyecto de la casa autosustentable es con fines vacacionales.

### Figura 11

*Recibo de luz en Anapoima, Cundinamarca.*

- DETALLE DE CUENTA			
CONCEPTO	SUBTOTAL		
<b>CONSUMO DE ENERGÍA</b>			
Valor kWh \$576.7919 X 140(Consumo en kWh)	\$80,751		
ALUMBRADO PUBLICO ART 19.1 PAR. 2 CCU	\$15,700		
INTERES POR MORA ( RES:6- NORE:25,77- E	\$11		
AJUSTE A LA DECENA (DEBITO)	\$3		
COMPENSAC CALIDAD SERVICIO CREG 015/18	\$-1,073		
COMPENSACION CREG 015/18 - RETROACTIVO	\$-1,082		
<b>ESTE MES LA ENERGIA QUE DISFRUTASTE, TE COSTO \$2,785 DIARIOS</b>			
<b>SUB TOTAL VALOR OTROS</b>	<b>\$13,559</b>		
<table border="1"> <tr> <td><b>TOTAL A PAGAR</b> \$94,310</td> </tr> <tr> <td><b>PAGO OPORTUNO</b> 27 JUL/2021</td> </tr> </table>		<b>TOTAL A PAGAR</b> \$94,310	<b>PAGO OPORTUNO</b> 27 JUL/2021
<b>TOTAL A PAGAR</b> \$94,310			
<b>PAGO OPORTUNO</b> 27 JUL/2021			

Fuente: ENEL Codensa

La empresa ENEL Codensa es la encargada de prestar el servicio de electricidad en Anapoima, Cundinamarca, esta envía todos los meses un recibo a pagar, este documento trae consigo un detalle de cuenta, en él se encuentra desglosado el subtotal y el valor total a pagar, en

## Ensamble de una vivienda autosustentable

el inciso de consumo de energía se evidencia que el cálculo de Valor kWh cuesta por unidad \$576.7919 pesos colombianos y el consumo para ese mes fue de 140kWh, estos valores se multiplican y da como resultado el costo de referencia, sin contar el alumbrado público, los intereses por mora, ajuste a la decena, la compensación calidad de servicio y el retroactivo.

La cantidad de dinero \$94.310 pesos colombianos, corresponde a la estadía de 7 días de 6 personas, utilizando ventiladores, nevera, calentador, dos televisores, horno microondas, calentador, horno e iluminación (bombillos). La factura es mensual, independientemente del consumo diario u ocasional.

Al tener la información básica de los costos que acarrea el consumo de energía, decidimos utilizar un Kit Solar OnGrid 3800W 20000Wh/día Fronius, este kit está conectado a la red y cuando no cuente con la carga necesaria para abastecer la casa, la red se encargará de alimentarla, siendo así una alternativa de energía renovable en la mayoría de su tiempo. El kit cuenta con una superficie necesaria de (20m<sup>2</sup>) y esto proporcionará mayor captación lumínica de 7 horas, así mismo abastece la vivienda con 28000Wh/día aproximadamente.

Para demostrar sus beneficios energéticos, realizamos varias tablas con diferentes consumos de energía diarios y mensuales para una vivienda unifamiliar, nos remitimos a diferentes fuentes como lo son Homecenter y Forbes para buscar el consumo promedio energético que gasta un electrodoméstico en una vivienda.



## Ensamble de una vivienda autosustentable

### 4.2.1. Cálculos consumo de energía

Las tablas cuentan con electrodomésticos indispensables y recurrentes en una casa y horarios acordes al uso de los aparatos electrónicos, así mismo, se comparó el valor kWh de Anapoima y de la ciudad de Bogotá para tener una perspectiva más amplia de los costos de los mismos electrodomésticos en diferentes lugares.

**Tabla 12**

*Cálculos de consumo aproximado de una casa habitada 30 días.*

<b>Cálculos de consumo aproximados de una casa habitada 30 días</b>				
<b>Cant.</b>	<b>Electrodomésticos</b>	<b>Horas Diarias</b>	<b>Wh/Día</b>	<b>Wh/Mes</b>
1	Lavadora	2h x 8 d	1687	13500
1	Licuada	5 min x 20 d	66,66	1333,33
1	Nevera	24h	1422	42660
10	Paneles LED	6h	1080	32400
4	Carga Celulares	2h	80	2400
3	PC Portátil	2h	450	13500
2	TV LED	5h	1150	34500
1	Equipo de sonido	10h	2400	72000
3	Focos LED	4h	120	3600
1	Estufa eléctrica	2h	8000	240000
1	Ducha eléctrica	2h	6097	3600
No. Ind.	Otros accesorios básicos	N/A	1000	60000
Red Eléctrica Vivienda Residencial Habitada		Total	23486	518160
Kit Solar OnGrid 3800W 20000Wh/día Fronius		Total	28000	840000

Fuente: Elaboración propia

En una primera instancia se realizó el cálculo de consumo para una vivienda habitada un mes (30 días), cuenta con varios electrodomésticos y elementos tecnológicos que necesitan abastecerse de energía, también contemplamos un consumo de 1000Wh/día de otros accesorios básicos como cafetera, afeitadora, freidora, impresora, etc, se estipula un horario acorde al uso de

## Ensamble de una vivienda autosustentable

todos los elementos de la casa para su mayor detalle. Los resultados de la tabla indican que el consumo de energía que se necesitaría para una red eléctrica tradicional sería de mínimo 23486 Wh/día y mensual 518160 Wh/mes aproximadamente (Ver Tabla 11.), por otra parte, el kit solar tiene la capacidad de abastecer 28000 Wh/día y 840000 Wh/mes, esto evidencia que es eficaz el uso de este sistema para el diseño de la vivienda autosustentable y cumple con las necesidades energéticas.

**Tabla 13**

*Valores de consumo de energía aproximado de una casa vacacional 30 días*

<b>Valores de consumo de energía aproximada de una casa habitada 30 días</b>			
Ítems	Valor por kWh	kWh	Valor Total
Valor kWh Anapoima	\$576.79	518.16	\$298,869.51
Valor kWh Bogotá (Chapinero)	\$537.68	518.16	\$278,604.27

Fuente: Elaboración propia

Ya teniendo los valores de consumo de energía aproximados, podemos calcular el costo de la factura sin considerar los cobros adicionales. En principio se evidencia una diferencia en el valor de kWh entre Bogotá y Anapoima, siendo la última más costosa, esto implica que los costos energéticos serán más en el Municipio de Cundinamarca a pesar de tener el mismo consumo (Ver Tabla 12.). En los 30 días de consumo, se registró en el municipio de Anapoima un costo energético de \$298,869.51 mil pesos que es bastante elevado y esto se debe a su costo por kWh y la cantidad de elementos eléctricos. Sin embargo, el sistema eléctrico implementado en la casa suplirá todo el consumo que se gastaría, de esa forma, la vivienda unifamiliar no tendría costos energéticos, pero sí costos de alumbrado público que debe pagarse siempre.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Tabla 14

*Cálculos de consumo aproximado de una casa vacacional 15 días.*

<b>Cálculos de consumo aproximados de una casa vacacional habitada 15 días</b>				
<b>Cant.</b>	<b>Electrodomésticos</b>	<b>Horas Diarias</b>	<b>Wh/DIA</b>	<b>Wh/15d</b>
1	Lavadora	2h x 3 d	1687	10122
1	Licuadaora	5 min	66.66	999.9
1	Nevera	24h	1422	21330
10	Paneles LED	6h	1080	16200
4	Carga Celulares	2h	80	1200
3	PC Portátil	2h	450	6750
2	TV LED	5h	1150	17250
1	Equipo de sonido	10h	2400	36000
3	Focos LED	4h	120	1800
1	Estufa eléctrica	2h	8000	120000
1	Ducha eléctrica	2h	6097	91455
No. Ind.	Otros accesorios básicos	N/A	1000	15000
Red Eléctrica Vivienda Vacacional		Total	23552.66	338106.9
Kit Solar OnGrid 3800W 20000Whdía Fronius		Total	28000	420000

Fuente: Elaboración propia

A diferencia de los datos de la Tabla 11, se realizó el cálculo de consumo para una vivienda vacacional de 15 días, cuenta con los mismos electrodomésticos, accesorios básicos y elementos tecnológicos que necesitan abastecerse de energía, se estipuló un horario acorde al uso de todos los elementos de la casa para su mayor detalle. Los resultados de la tabla indican que el consumo de energía que se necesitaría para una red eléctrica tradicional sería de mínimo 23552,66 Wh/día y mensual 338106.9 Wh/mes aproximadamente (Ver Tabla 13.), por otra parte, el kit solar tiene la capacidad de abastecer 28000 Wh/día y 420000 Wh/mes, esto evidencia que es eficaz el uso de este sistema para el diseño de la vivienda autosustentable y cumple con las necesidades energéticas.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Tabla 15**

*Valores de consumo de energía aproximado de una casa vacacional 15 días.*

<b>Consumo de energía aproximado de una casa vacacional habitada 15 días</b>			
<b>Ítems</b>	<b>Valor por kWh</b>	<b>kWh</b>	<b>Valor Total</b>
Valor kWh Anapoima	\$ 576.79	338106.9	\$ 195,006.68
Valor kWh Bogotá (Chapinero)	\$ 537.68	338106.9	\$ 181,793,32

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al ámbito económico, a diferencia de la Tabla 12, en los 15 días de consumo, se registró en el municipio de Anapoima un costo energético de \$195,006.68 mil pesos que es bastante elevado y esto se debe a su costo por kWh y la cantidad de elementos eléctricos (Ver Tabla 13.). Sin embargo, el sistema eléctrico implementado en la casa suplirá todo el consumo que se gastaría, de esa forma, la vivienda unifamiliar no tendría costos energéticos, pero sí costos de alumbrado público que deben pagarse siempre.

Después de investigar y tener presente el consumo de energía aproximado, tanto a 30 días como a 15 días, contemplamos una posibilidad de vacacionar en la vivienda autosustentable de 8 días en promedio al mes, así mismo se modifican los datos para calcular estos días de vacaciones en la casa, dando como resultado un costo energético de \$ 103,814.29 mil pesos (Ver Tablas 15 y 16).

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Tabla 16**

*Cálculos de consumo aproximado de una casa vacacional 8 días.*

<b>Cálculos de consumo aproximados de una casa vacacional habitada 8 días</b>				
<b>Cant.</b>	<b>Electrodomésticos</b>	<b>Horas Diarias</b>	<b>Wh/DIA</b>	<b>Wh/8d</b>
1	Lavadora	2h x 3 d	1687	5061
1	Licuada	5 min	66.66	533.28
1	Nevera	24h	1422	11376
10	Paneles LED	6h	1080	8640
4	Carga Celulares	2h	80	640
3	PC Portátil	2h	450	3600
2	TV LED	5h	1150	9200
1	Equipo de sonido	10h	2400	19200
3	Focos LED	4h	120	960
1	Estufa eléctrica	2h	8000	64000
1	Ducha eléctrica	2h	6097	48776
No. Ind.	Otros accesorios básicos	N/A	1000	8000
Red Eléctrica Vivienda Vacacional		Total	23552.66	179986.3
Kit Solar OnGrid 3800W 20000Wh día Fronius		Total	28000	224000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17**

*Valores de consumo de energía aproximado de una casa vacacional promedio de 8 días.*

<b>Valores de consumo de energía aproximada de una casa vacacional promedio 8 días</b>			
<b>Ítems</b>	<b>Valor por kWh</b>	<b>Promedio kWh</b>	<b>Valor Total</b>
Valor kWh Anapoima	\$576.79	179.98628	\$103,814.29

Fuente: Elaboración propia

Cabe aclarar que el promedio de 8 días por mes es evaluado teniendo en cuenta las épocas vacacionales y comunes, con lo anterior, se obtuvieron los siguientes datos de costos mensuales del consumo energético. Se realizó una proyección a 20 años de los costos que posiblemente puede ahorrar la persona que utilice el Kit Solar propuesto para la vivienda

## Ensamble de una vivienda autosustentable

autosustentable. El resultado en el valor mensual es de \$ 103,814.29, el valor anual fue de \$ 1,245,771.44, valor a 10 años \$ 12,457,714.37 y valor a 20 años \$ 24,915,428.75, es decir, estaríamos ahorrando alrededor de 24 millones en costos energéticos durante la vida útil del Kit Solar, cabe aclarar que son datos de un abastecimiento del 100% del consumo energético de la casa. (Ver Tabla 17.).

Hay que tener en cuenta que se debe realizar una limpieza de los paneles solares y se recomienda limpiar cada vez se vea empolvado, pero recomendamos que se haga cada 6 meses para que no se obstruyan sus celdas fotovoltaicas. Este aseo se realiza con un líquido llamado agua desmineralizada, el cual se le riega encima. Contemplamos 10 litros de agua desmineralizada con un costo de \$32,000.00 para el aseo de un año, de igual forma, tuvimos en cuenta el costo del líquido a 20 años con un valor de \$640,000.00 como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 18**

*Proyección ahorro de energía en costo por sistema solar de 20 años aproximadamente*

<b>Proyección ahorro de energía en costo por sistema solar de 20 años aprox.</b>			
<b>Ítems</b>	<b>Valor anual</b>	<b>Valor 10 años</b>	<b>Valor 20 años</b>
Valor ahorrado	\$1,245,771.44	\$12,457,714.37	\$24,915,428.75
Limpieza de los paneles solares	\$32,000.00	\$320,000.00	\$640,000.00

Fuente: Elaboración propia

Contemplando una posible ausencia de luz por parte del sistema solar, el sistema eléctrico pasaría a conectarse a la red pública, de esta forma comenzaría a cobrarse el costo energético gastado. Los datos están sujetos a 8 días/mes, ya aclarado esto, realizamos un aproximado de

## Ensamble de una vivienda autosustentable

\$20,000.00 pesos colombianos mensuales aproximadamente, valor anual fue de \$240,000.00 valor a 10 años \$2.400.000.00 y valor a 20 años \$4.800.000.00 un año, de igual forma, son precios aproximados y pueden varias dependiendo del clima y el gasto energético por parte de los residentes de la vivienda. (Ver Tabla 18).

### Tabla 19

*Proyección de ahorro de energía en costo por sistema solar de 20 años con un gasto energético de promedio de red.*

<b>Proyección ahorro de energía en costo por sistema solar de 20 años con un gasto energético promedio de la red</b>				
Ítems	Valor mensual	Valor anual	Valor 10 años	Valor 20 años
Valor ahorrado	\$103,814.59	\$1,245,775.04	\$12,457,750.36	\$24,915,500.73
Valor promedio de red gastada (costo) aproximado	\$20,000.00	\$240,000.00	\$ 2,400,000.00	\$4,800,000.00

Fuente: Elaboración propia

Haciendo un recuento de los valores evidenciados en cada tabla, se decidió realizar una tabla (19) con los costos totales, en ella se contemplaron los gastos energéticos por una posible ausencia de red, la limpieza anual de los paneles y el valor ahorrado mensual, todo sujeto a un promedio de 8 días/mes ya estipulado. Se dividieron los valores en 4 ítems (Mensual, anual, 10 años y 20 años); dando como resultado un valor costo/beneficio por ítem y evidenciando que a pesar de invertir en limpieza y también de un posible costo de red energética pública por falta de abastecimiento de los paneles solares es favorable económicamente, proyectando de esta forma, un valor a 20 años de ahorro general de \$19.475.430.35.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Tabla 20**

*Total de costos proyectados de ahorro energético del sistema solar de 20 años aproximadamente.*

<b>Total de costos proyectados de ahorro energético del sistema solar de 20 años aprox.</b>				
<b>Ítems</b>	<b>Valor mensual</b>	<b>Valor anual</b>	<b>Valor 10 años</b>	<b>Valor 20 años</b>
Valor ahorrado	\$103,814.59	\$1,245,775.04	\$12,457,750.36	\$24,915,500.73
Limpieza de los paneles solares	\$2,666.66	\$31,999.92	\$319,999.20	\$639,998.40
Valor promedio de red gastada (costo) aprox.	\$20,000.00	\$240,000.00	\$2,400,000.00	\$4,800,000.00
Total de costos proyectados (Costo/Beneficio)	\$81,147.93	\$973,775.12	\$9,737,751.16	\$19,475,502.33

Fuente: Elaboración propia

Cabe aclarar que los valores de las tablas 2 a 10 están sujetos a aproximaciones y son proyecciones con los costos actuales hasta la fecha, eso quiere decir que pueden ser variables al pasar de los años, además, el costo del kit solar está presupuestado con el valor total de la vivienda. También es importante tener en cuenta que habrá días que no se cumpla el número de horas máximas para cargar el panel solar completamente, por ello se evidencia en los cálculos un consumo de energía aproximado mensual de la red pública, ya que no estamos exentos a un posible gasto excesivo o clima variable.

#### **4.2.2. Diseño**

El diseño eléctrico para la vivienda autosustentable es realizado teniendo en cuenta las Normas Riete y la NTC 2050, normativas colombianas para la ejecución de una red eléctrica, así



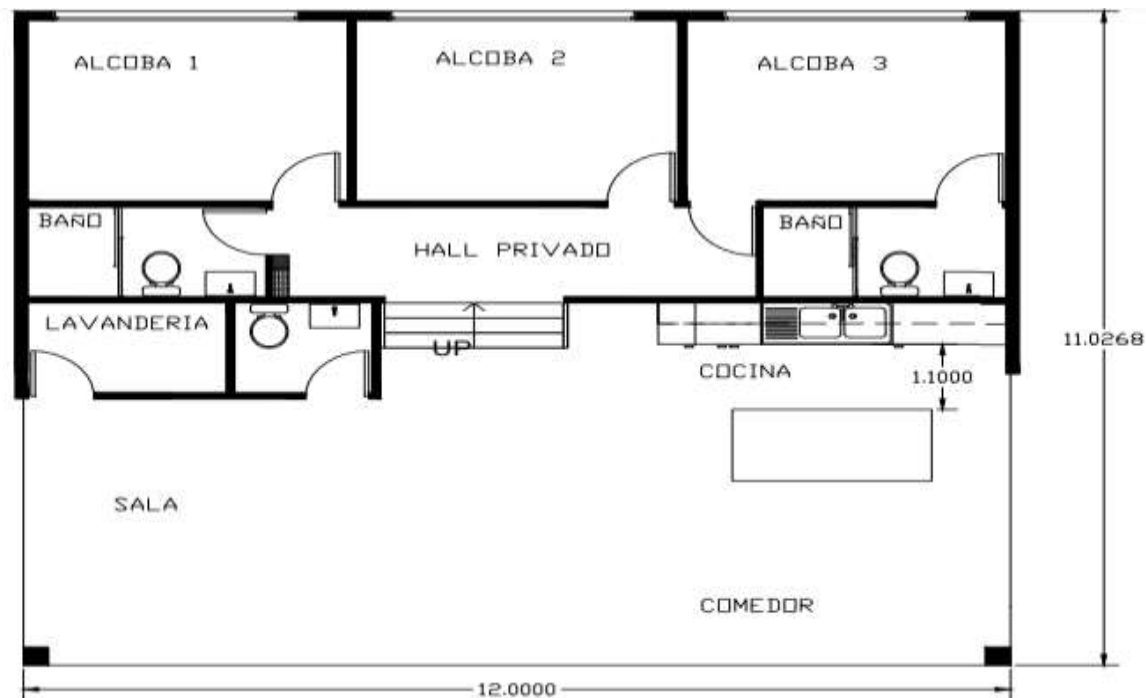
## Ensamble de una vivienda autosustentable

mismo, se establece que el funcionamiento eléctrico irá de la mano con el Kit Solar OnGrid 3000W 20000Wh/día para el abastecimiento de la casa.

**4.2.2.1. Esquema del Plano Establecido de la Vivienda.** El plano establecido de la vivienda cuenta con tres cuartos, dos baños para los dormitorios, una cocina en la zona abierta, una zona para lavadero, junto con un baño para visitantes y un área destinada para comedor y sala, como se detalla en la figura 12.

**Figura 12**

*Esquema general de la vivienda autosustentable - visualización en planta.*



Fuente; Elaboración propia

Se puede evidenciar que hay espacios abiertos que necesitarán mayor iluminación a diferencia de las áreas cerradas, también, mayor protección para interruptores y tomacorrientes.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**4.2.2.2. Ubicación Tomacorrientes.** Los tomacorrientes son elementos esenciales para las conexiones de la vivienda, son los dispositivos que conectan la red eléctrica con los electrodomésticos y aparatos electrónicos, se debe tener en cuenta que hay diferentes tipos de tomacorriente debido a los espacios de la casa.

Según la Norma NTC-210.7 Los tomacorrientes deben estar conectados con polo a tierra, con el fin de no correr riesgos y buen funcionamiento del dispositivo, adicional a esto, hay tomacorrientes de doble línea para uso residencial y certificado por la Norma RIETE para aparatos electrónicos básicos de la vivienda (televisores, celulares, lámparas, computadores, entre otros. Estos serán usados en áreas como cuartos, corredor, sala y paredes aledañas al comedor.

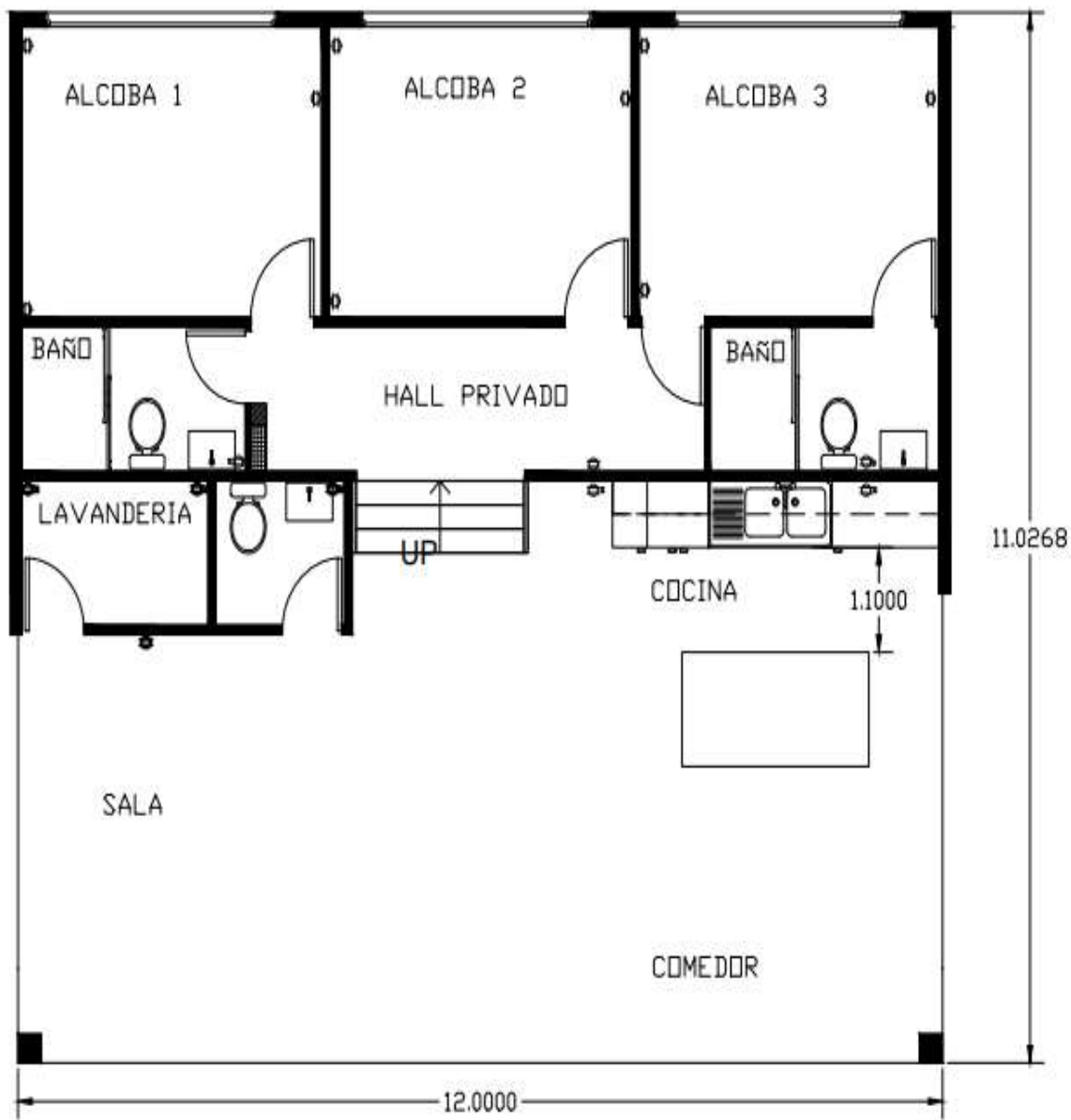
En el caso de electrodomésticos como lavadoras y neveras, se necesitan mayor protección, por ello la Norma NTC-210.8 dice que los tomacorrientes instalados en cocinas, baños y exteriores deben ser GFCI; estos son especiales para áreas donde la instalación genere mayor riesgo para la persona, estos lugares son húmedos como el baño, área de lavandería, la cocina, entre otros (Lenor, 2020).

Dependiendo del espacio habrá una cantidad de tomacorrientes determinados, así mismo, se establecen si son para áreas húmedas o secas (Ver figura 13).

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Figura 13**

*Esquema general de la vivienda con la ubicación de los tomacorrientes - visualización en planta.*



Fuente: Elaboración propia

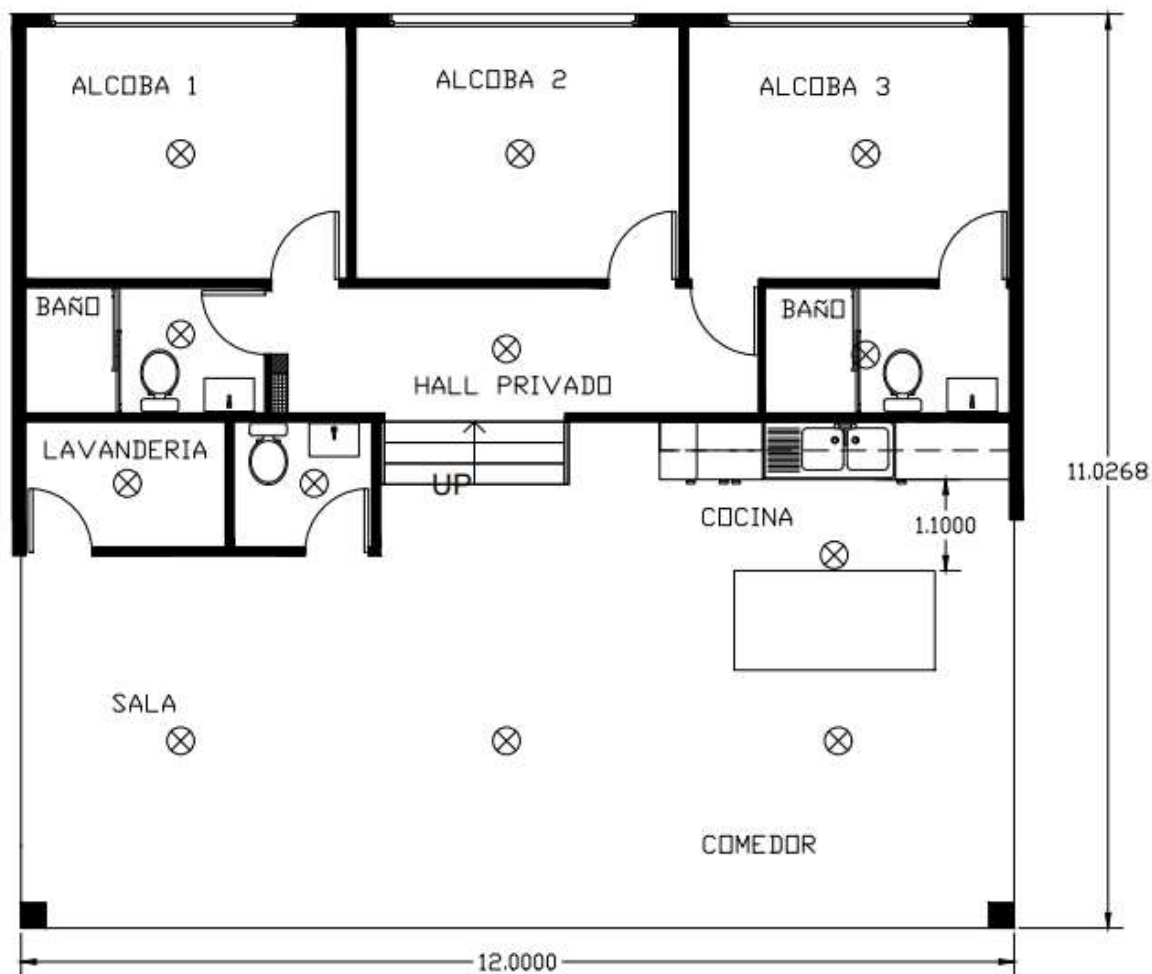
**4.2.2.3. Ubicación interruptores y paneles LED.** Los interruptores son elementos directamente ligados al alumbrado interior y exterior de la vivienda, según el artículo

## Ensamble de una vivienda autosustentable

NTC-210.70 versículo (a) debe instalarse al menos una salida para el alumbrado, así mismo controlada por un interruptor de pared, en los cuartos, baños, pasillos, escaleras o garajes.

### Figura 14

*Esquema general de la vivienda con la ubicación de los Paneles LED - visualización en planta.*



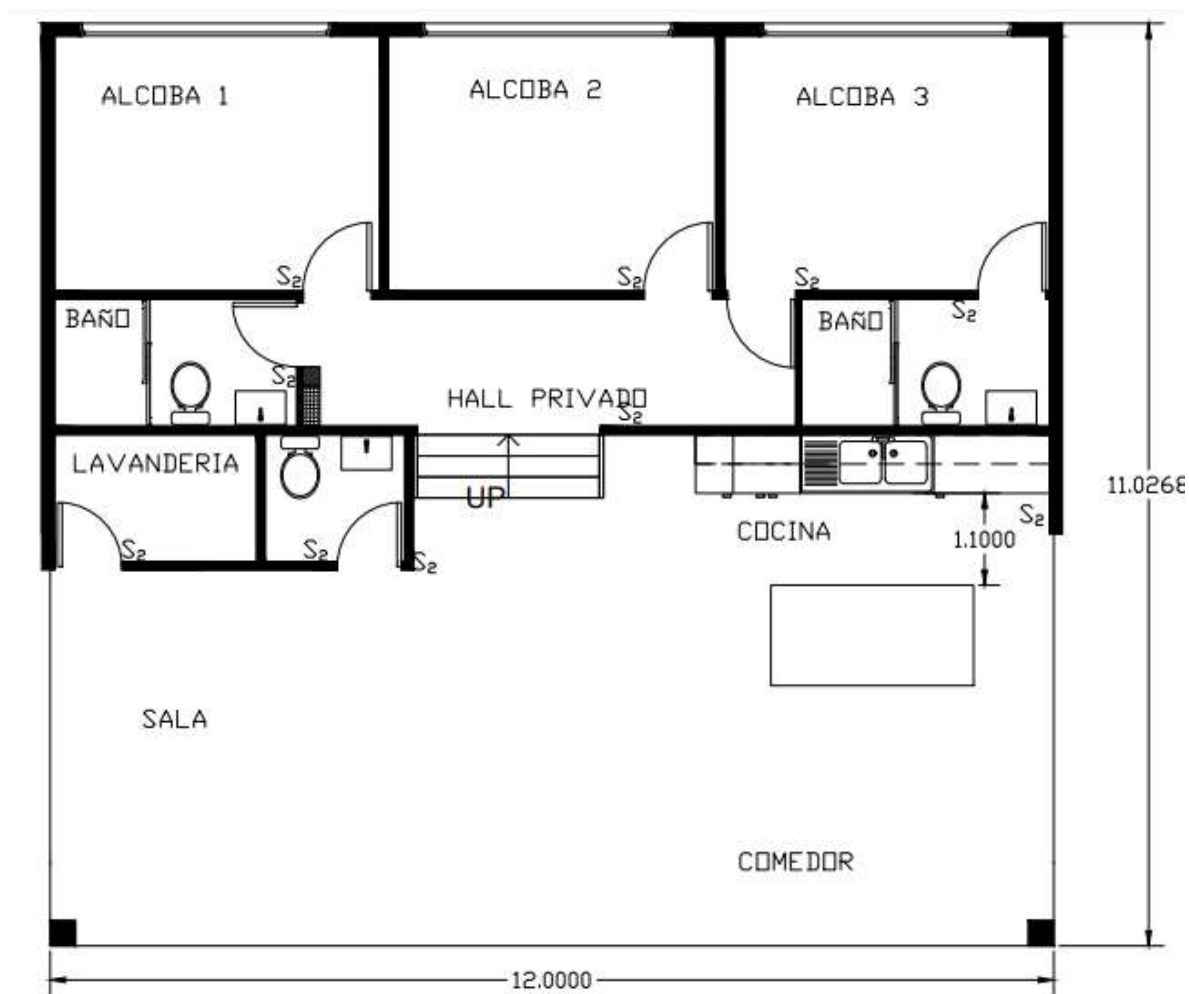
Fuente: Elaboración propia

## Ensamble de una vivienda autosustentable

De esta forma, la vivienda tendrá una salida en las áreas privadas para la instalación de un panel LED y controlada por un interruptor, en el caso de áreas sociales habrá más de una salida y controlada por un interruptor doble como se observa a continuación.

**Figura 15**

*Esquema general de la vivienda con la ubicación de los interruptores - visualización en planta.*



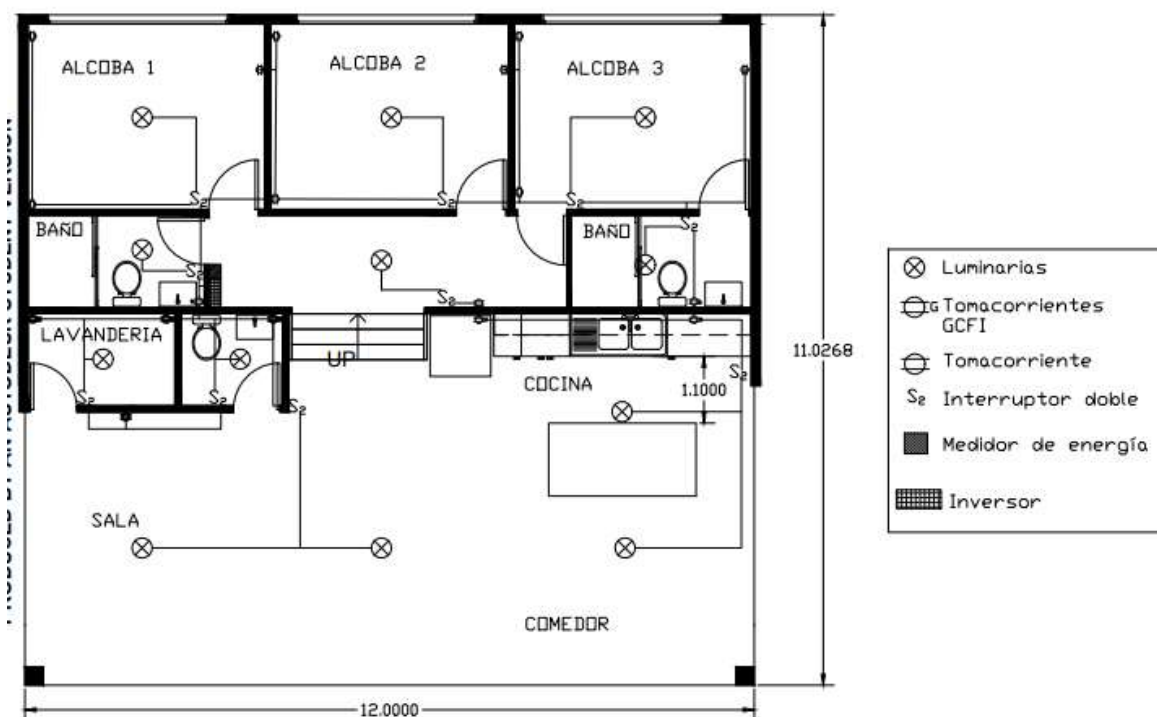
Fuente: Elaboración propia

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**4.2.2.4. Conductores.** Los conectores a utilizar después de revisar la Norma NTC 2050, serían los circuitos ramales 20 A, ya que artículo 220.4 señala que deben existir uno o más circuitos ramales de 15 A o 20 A para pequeños artefactos, lavadora y plancha y alumbrado general, adicional a esto, se seleccionó un calibre 12 AWG para los conductores, ya que la norma establece que para un determinado ramal, hay un tipo de calibre específico, así mismo se realizó la misma escogencia para el circuito ramal que alimenta los equipos fijos de la cocina con más de 40 A, de esta forma el calibre cambia a un 8 AWG en esta sección de la vivienda.

**Figura 16**

*Esquema general de la vivienda con la ubicación de los conductores, inversor y contador de energía - visualización en planta.*



Fuente: Elaboración propia

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Los conductores serán de cobre, debido a las especificaciones del artículo 110-5 de la Norma NTC 2050, serán los indicados. A su vez, en el caso del Kit Solar se encuentra conectado con 10 metros de cable solar ZZ-F de 6mm<sup>2</sup> de cobre electrolítico estañado y conectores MC4 Multicontact de 6mm<sup>2</sup> de sección y de material cobre electrolítico estañado.

**4.2.2.5. Contador de Energía.** El medidor de energía a utilizar es Fronius Smart Meter 100A Monofásico es un dispositivo que posibilita el control de la energía que se vierte en la red eléctrica, una de sus principales características es ser un contador bidireccional, el cual trata de optimizar al máximo el autoconsumo y a su vez, registra una curva de consumo que genera la vivienda, este dispositivo irá sujeto al funcionamiento de los paneles solares y controla el abastecimiento que genere el panel solar, de igual forma, proveerá energía de la red pública dado el caso que sea necesario, el consumo de energía no será contado a la hora de la facturación si es abastecido por el kit solar, a pesar que en el contador se evidencia un constante flujo de energía.

En otros países como España, existe una ley de autoconsumo, la cual es llamada compensación simplificada por excedentes, gracias a este decreto de ley la gente que instale placas solares en su vivienda tiene derecho a recibir una compensación por parte de la comercializadora de luz, es decir, que en su contador de energía esté programado para contemplar la energía excedente de los paneles solares y no sea cobrado en la facturación la energía proveniente del sistema solar, la empresa debe encargarse de los estudios y cálculos de la energía que se ahorraría el propietario de la vivienda.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**4.2.2.6. Kit Solar.** El kit solar debe cumplir los requisitos de una norma técnica internacional o de reconocimiento Internacional, así mismo demostrando mediante Certificado de Conformidad de Producto expedido por un organismo de certificación acreditado. De igual forma, la instalación y el montaje de los paneles deben hacerse conforme a la Sección 690 de la NTC 2050, por un profesional competente, el cual debe declarar el Cumplimiento del RETIE. (p.127). El kit solar cuenta con una certificación en empresa instaladora certificada (EIC), a su vez, avalado con la certificación NEC 2014 y la plataforma en línea para monitoreo móvil Solar.web. Además, cuenta con una garantía de 10 años y con un servicio de vida de 25 años.

El sistema eléctrico de la casa está compuesto por un Kit Solar OnGrid 3800W 20000Wh dia Fronius (autosolar, s.f.) conectado a la red, cuenta con 10 paneles solares de 400W a 24V Monocristalinos instalados en el techo con un soporte acoplado a la inclinación de la cubierta a 45 grados y ocupando una superficie de 20 m<sup>2</sup>, esto proporcionará mayor captación lumínica, así mismo abastece la vivienda con 28000Wh/día aproximadamente, no obstante, el kit está compuesto también por un inversor de 3.8Kw, un Smart Meter Monofásico 100<sup>a</sup>, 10 metros de cable solar ZZ-F de 6mm<sup>2</sup> y conectores MC4 Multicontact. A su vez, necesita un número de horas adecuado para su recarga máxima, esto hace que el Municipio de Anapoima sea clave para la instalación de este Kit Solar, su exposición hace que sea propicio el manejo de energía solar.

El kit solar será colocado en la cubierta de la vivienda a 25 grados de inclinación para mayor captación lumínica, el inversor contará con una conexión 10 metros de cable solar ZZ-F de 6mm<sup>2</sup> y conectores MC4 Multicontact que lo enlazarán con los paneles fotovoltaicos, cabe aclarar que el Inversor de 3.8Kw irá dentro de la vivienda e irá conectado al contador

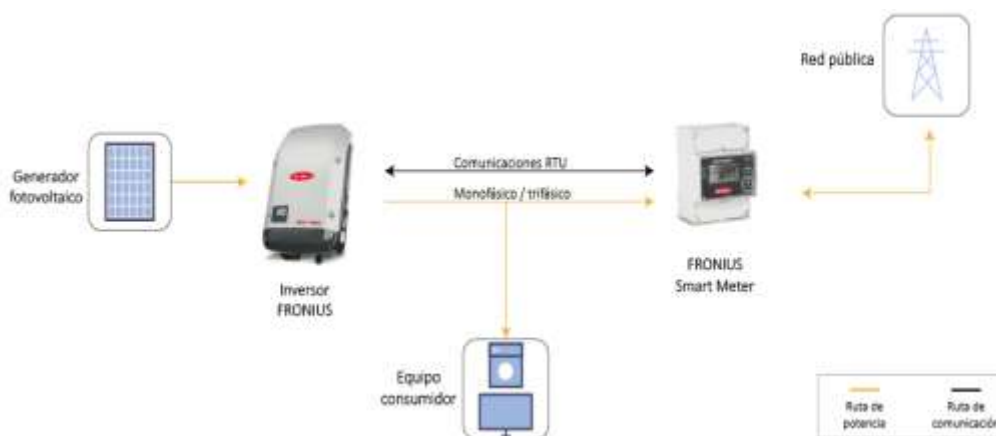


## Ensamble de una vivienda autosustentable

bidireccional Smart Meter, esto será por medio de Comunicaciones RTU. Por su parte, el contador también estará conectado a la red pública, además, los circuitos ramales y los cables AWG van conectados al inversor a su vez con el contador bidireccional, esto para analizar y proveer energía a la vivienda (Ver figura 17). El sistema es óptimo para la casa y se podrá controlar de forma digital, por medio de una aplicación Fronius que viene con el kit solar.

### Figura 17

*Esquema eléctrico general de la vivienda con la implementación del kit solar.*



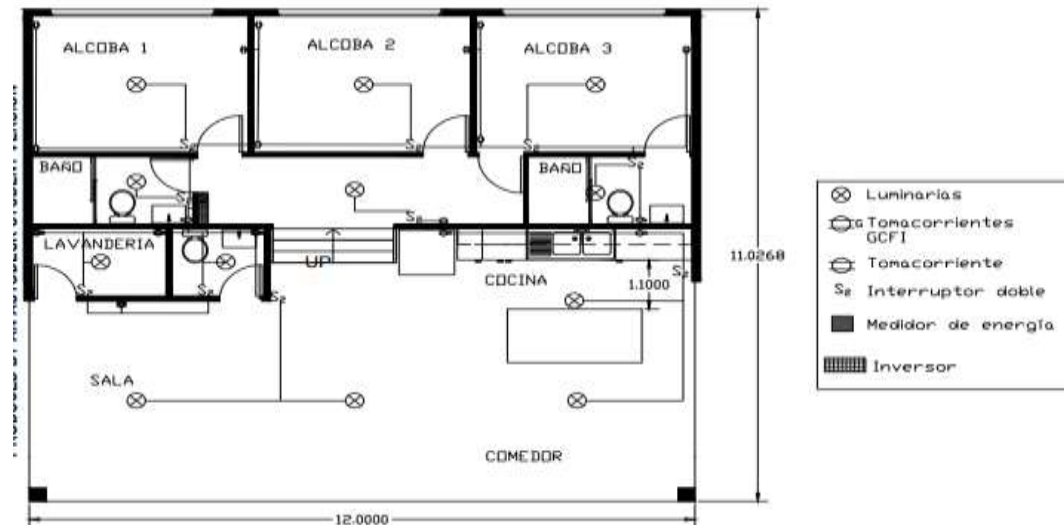
Fuente: <https://es.onlinestorecheaps.ru/category?name=inversor%20hibrido%20fronius>

En el esquema general de la vivienda con el sistema eléctrico interno se detalla en la siguiente imagen, cuenta con toda la información y reglamento anteriormente proporcionado.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### Figura 18

*Esquema general del sistema eléctrico interno de la vivienda autosustentable*

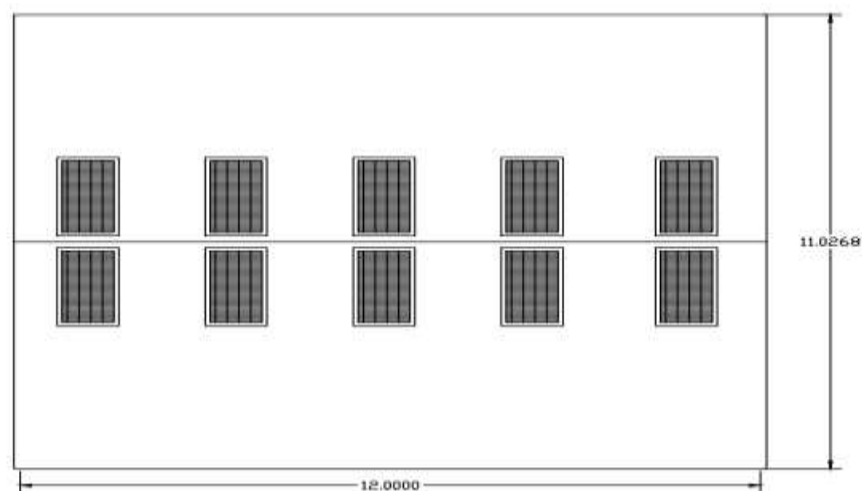


Fuente: Elaboración propia

En el esquema general de la vivienda con el sistema eléctrico externo se detalla en la siguiente imagen y cuenta con toda la información y reglamento anteriormente proporcionado.

### Figura 19

*Esquema general del sistema eléctrico externo de la vivienda autosustentable*



Fuente: Elaboración propia

## Ensamble de una vivienda autosustentable

En el esquema general de la vivienda con el sistema eléctrico externo se detallan los paneles solares, estos están situados de forma estratégica para mayor captación lumínica durante todo el día (mañana y tarde), junto con una inclinación coplanar de la cubierta a 25 grados, por ello, se situaron los paneles solares en dos partes diferentes de la cubierta, cabe aclarar que el diseño cuenta con toda la información y reglamento anteriormente proporcionado.

Hay que tener en cuenta que el diseño de la cubierta (Ver figura 19.) está dimensionado sobre el ancho y largo de la casa, pero no significa que la cubierta tendrá esa dimensión, realmente la cubierta tendrá 1,0 m o 1,5 m más de largo para que no ingrese la luz solar por las ventanas del dormitorio y la zona abierta de la casa.

**4.2.2.7. Características Generales.** La luz solar comienza a salir en el municipio a las 05:55 de la mañana aproximadamente, la hora de su crepúsculo es a las 06:45 de la tarde. Según el IDEAM, la precipitación de lluvias en Anapoima se presenta en promedio de 8 a 12 días al mes, así mismo, es de vital importancia tener en cuenta también los datos del Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia del IDEAM; este registra los datos mensuales y anuales de Distribución del Brillo Solar Medio Diario (Horas de Sol al día) 5 a 6 horas en algunas épocas del año y otras 6 a 7 horas, la Irradiación global horizontal media diaria 4,0 - 4,5 KWh/m<sup>2</sup> y el Promedio de Número de Días al mes sin Brillo Solar 1-2 días. Estos datos hacen que la captación de energía solar sea propicia para el mecanismo eléctrico implementado en la casa autosustentable.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

En cuanto a la disposición de residuos del panel solar después de su uso, el gobierno nacional tiene unas políticas enfocadas al tema de residuos, de esta forma, su disposición estará cobijada por la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos RESPEL reglamenta el manejo de residuos sólidos de carácter peligroso, así mismo la Política de Gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos RAEE del 2007, estas normativas están incluidas al decreto 1076 de 2015 conocido como el Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible vigente desde el año 2018.

Según los datos de International Renewable Energy Agency and International Energy Agency Photovoltaic Power Systems, citado en Chaparro, (2019), los porcentajes de residuos recuperables en los paneles solares fotovoltaicos de tipo sílice son 96% material recuperado y material no recuperado en un 4%. De esta forma, es también bueno contar con este elemento, ya que su impacto ambiental luego de su uso es mínimo y es esencial como una fuente de energía renovable.

### **4.2.3. Recomendaciones**

Para habitar o vacacionar la vivienda autosustentable, se deben tener en cuenta algunas recomendaciones, estas se encuentran sujetas al uso y mecanismo eléctrico:

- Los gastos excesivos de consumo de energía podrían afectar la incidencia del kit solar, así mismo el ahorro no sería el esperado, por ello se debe tener en cuenta las plantillas de

## Ensamble de una vivienda autosustentable

las horas utilizadas por los equipos básicos (Ver Tablas 2 - 4 - 6), así mismo, se controla el consumo de energía.

- El Kit Solar no siempre va a abastecer la vivienda, por ello se evidencia en los cálculos un consumo de energía aproximado mensual de la red pública, ya que no estamos exentos a un posible gasto excesivo o clima variable.
- En cuanto a los paneles solares, hay que tener en cuenta que se debe realizar una limpieza, se recomienda hacerla cada vez se vea empolvado, pero se puede también hacer cada 6 meses para que no se obstruyan sus celdas fotovoltaicas. Este aseo se realiza con un líquido llamado agua desmineralizada, el cual se le riega encima y está contemplado en los gastos adicionales del kit solar (Ver Tabla 8.).
- Con relación a los electrodomésticos, se recomienda que sean ahorradores de energía, de esta forma, se optimiza mucho más el consumo y se tendría hasta un mejor control energético.

### 4.3. Mecanismo geotérmico

El mecanismo geotérmico de la casa autosustentable está conformado por un sistema denominado como pozo canadiense, el cual tiene como objetivo mantener una temperatura estable y cómoda al interior de cualquier vivienda. Su función es capturar el aire que pasa por fuera de la casa, transportarlo por una tubería que alcanza entre 2 a 3 metros de profundidad

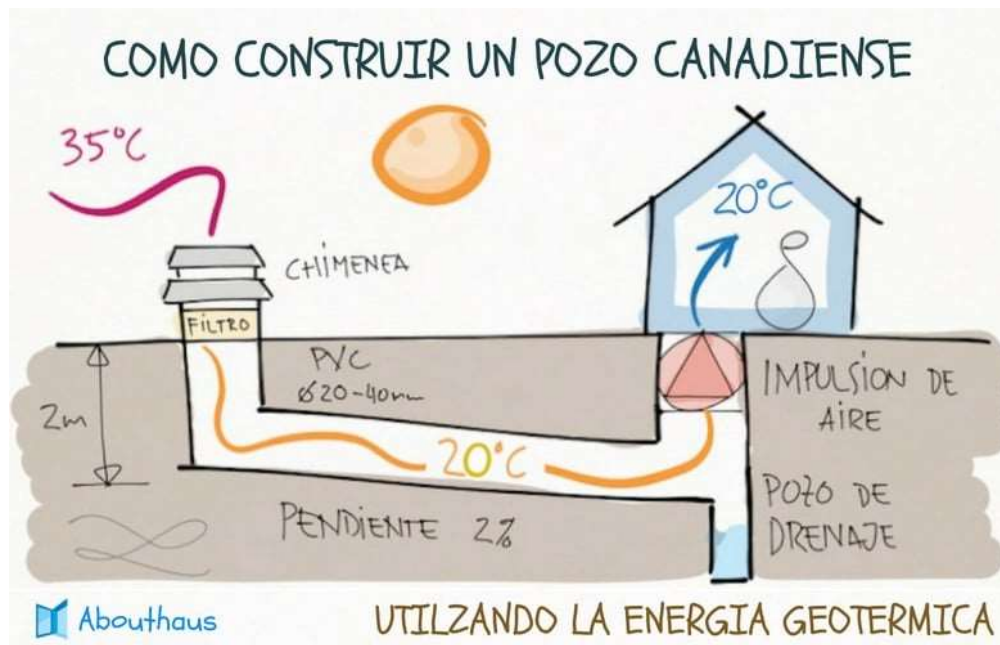
## Ensamble de una vivienda autosustentable

(distancia bajo tierra con temperatura deseada) e introducir el aire en la casa y de esta manera permitir el acondicionamiento térmico del hogar (Ver figura 20).

Este pozo canadiense está compuesto por 4 elementos básicos. La entrada de aire que se encuentra al exterior de la casa, el tubo por donde se acondicionara la temperatura del aire, un pozo de drenaje debido a partículas que el aire podría transportar y por último un impulsor que se encarga de suministrar todo el aire transportado, dentro de la casa.

### Figura 20

Esquema del pozo canadiense conectado a una vivienda.



Fuente: <https://images.app.goo.gl/wvWHUekMwx2dgwyQ9>

La casa autosustentable será diseñada para la ubicación de Anapoima (Municipio en Colombia), el cual cuenta con temperaturas promedio entre 20°C a 30°C, lo que indica que

## Ensamble de una vivienda autosustentable

puede considerarse como una zona de clima cálido. Debido a esto es muy común el uso de aire acondicionado o ventiladores los cuales generan altos costos en facturas de electricidad y elevados gastos energético, donde el sistema del pozo canadiense evitará al máximo el uso de estos electrodomésticos y con eso disminuir considerablemente los gastos energéticos y los altos costos en facturas de electricidad en la casa autosustentable.

Para determinar qué tipo de aire acondicionado se debe utilizar, se realiza un cálculo que depende de las características geométricas de la misma, la cual viene siendo: (Altura de la casa \* el ancho de la habitación \* el largo de la habitación). Luego el resultado se multiplica por 50 y se obtiene el nivel de frigorías que debe tener el aire acondicionado para abastecer la habitación completa. Sin embargo, si la habitación tiene otra geometría que no sea cuadrada el cálculo es de la misma forma: Volumen de la habitación en metros por una constante de 50.

Para nuestra casa autosustentable tenemos 3 habitaciones con un volumen de 69.98 m<sup>3</sup> cada una. Esto lo multiplicamos por la constante de 50 y da como resultado un aire acondicionado de 3499.06 frigorías de potencia para cada una de las habitaciones, lo cual indica un gasto de aproximadamente 2,0 kWh por cada uno de los aires de cada habitación.

Así mismo se calcula el volumen de la sala el cual es de aproximadamente 195,66 m<sup>3</sup> y realizando el mismo proceso de multiplicar este valor por la constante de 50, da como resultado una cantidad de 9783 frigorías para abastecer toda la zona de sala y cocina. lo cual indica el uso de al menos dos aires acondicionados con una potencia de 4500 frigorías cada uno, lo cual indica

## Ensamble de una vivienda autosustentable

un gasto de aproximadamente 2,92 kWh. En total para que la casa se mantenga en una temperatura constante de 18°C serán gastados aproximadamente 11,86 kWh.

Luego de haber realizado estos cálculos, se llegó a la conclusión de adoptar este método llamado pozo canadiense, debido a que el uso de este sistema permitirá retirar los aires acondicionados y junto con eso evitar un gasto de aproximadamente de 11,86 kWh, llevando a cabo a la posibilidad de que por medio de los paneles solares se permita abastecer por completo la energía eléctrica que se necesita en la casa.

### **4.3.2. *¿Cuánto consume un aire acondicionado? - Edesur***

Por otra parte, cabe mencionar las consecuencias climáticas que conlleva el uso de aire acondicionado debido a la utilización de químicos refrigerantes, los cuales afectan directamente a la capa de ozono. Además, según un informe realizado por Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, se estima que en el 2030 serán usados 700 millones de aires acondicionados en el mundo. Esto quiere decir que cada vez la contaminación y el calentamiento global seguirá en aumento, algo que, en vez de aumentar, debemos disminuir.

Debido a que el sistema del pozo canadiense no ha sido utilizado o instalado en Colombia, no hay un referente del proceso que se debe realizar en el país, debido a esto se utiliza como referencia un estudio realizado en la Universidad Carlos III de Madrid, llamado “Plan de negocio: Instalación de pozos canadienses para viviendas unifamiliares en la comunidad de Madrid”.



## Ensamble de una vivienda autosustentable

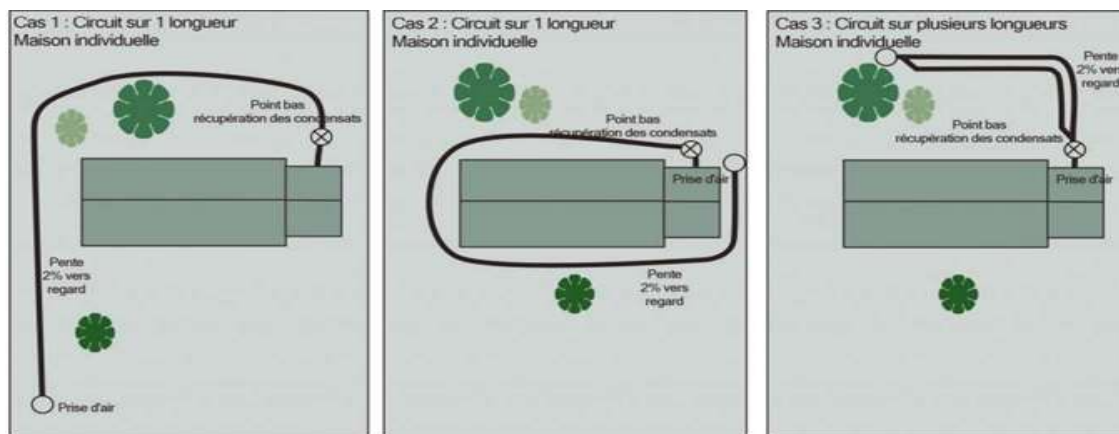
### 4.3.3. Diseño

El diseño del pozo canadiense para la vivienda autosustentable es realizado teniendo en cuenta las normas internacionales y el estudio realizado por la Universidad Carlos III de Madrid, en cuanto a las normativas colombianas para la ejecución de esta alternativa autosustentable, no cuenta con normas o investigaciones al respecto.

**4.3.2.1. Se definen los parámetros generales.** En la siguiente figura se muestran varios ejemplos de cómo se puede instalar un sistema de pozo canadiense, sin embargo, existen muchas otras formas de instalarlo. Debido a esto uno de los parámetros generales es que no existe una única manera de instalar este sistema y se debe tener en cuenta las características de la vivienda y el terreno.

**Figura 21**

*Esquema de distintas configuraciones de instalaciones.*



Fuente: Loyau, (s.f.), citado en Morales (2019) <https://core.ac.uk/download/pdf/288502404.pdf>

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Por otro lado, aunque se sabe que este sistema será diseñado dependiendo las características de la vivienda y el terreno, cabe mencionar algunos de los aspectos generales que hacen parte de todos los sistemas de pozo canadiense:

- El conducto del sistema para climatizar la casa debe estar entre 150 y 200mm.
- La velocidad promedio del viento deberá estar entre 2 y 4 m/s para climatizar lograr un intercambio de calor óptimo.
- La longitud promedio de tubos usados para este sistema suele oscilar entre los 20 y 60 metros; sin embargo, en casos de mayor altitud, se suele aumentar esta longitud a los 60 y 80 metros.
- La profundidad de enterramiento del conducto debe ser de mínimo 2 metros y puede llegar incluso a los 6 metros de profundidad.
- La instalación debe tener una inclinación que varía de 1 a 3%, con el objetivo de evitar acumulaciones de mugre o agua.

Según Ooreka, (s.f), citado en Morales, (2019), los materiales a usar van a depender del tipo de terreno, y deben cumplir con las siguientes características:

- La pared interior del conducto debe ser completamente liso, para evitar acumulaciones de impurezas y bacterias.
- Resistencia a altas temperaturas sin ningún tipo de liberación de vapores tóxicos.
- Debe estar hecho de un material resistente que mitigue los riesgos de fracturas y que asegure un buen hermetismo.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

De igual forma sostiene que Los materiales que más se recomiendan para estas instalaciones son el Polipropileno, Polietileno de alta intensidad, Gres Vitrificado y Fundición dúctil. Por último, con el objetivo de recolectar el aire de la mejor manera posible, según Loyau, (s.f.) citado en Morales, (2019) es necesaria que la toma de aire contenga una rejilla de malla fina y una pre-filtración de malla G2 a G4.

Estas tomas de aire se deben colocar a un metro de altura del suelo, debido a la posible captación de gas radón que se encuentra a ras de suelo.

**4.3.2.2 Se deben definir los procesos de estudio previo.** Como se ha mencionado anteriormente, no existe una única forma para instalar el sistema del pozo canadiense, ni una forma generalizada. Por el contrario, es un sistema personalizado en función de las características del terreno y la vivienda. Debido a esto se debe realizar un estudio previo, que permita realizar la instalación de la mejor manera posible, ya que, después de construido, realizar modificaciones o reparaciones será difícil y costoso.

Procesos del estudio previo. El primer paso que se realiza para tener una mejor información sobre el terreno es realizar un estudio geotécnico el cual se basa en la realización de varios sondeos y análisis que posteriormente entregaron las características generales del terreno para una instalación correcta. Dicho esto, las características que se deben conocer para realizar la correcta instalación son las siguientes: Altitud del terreno, inclinación del terreno, litología del

## Ensamble de una vivienda autosustentable

terreno, nivel freático, superficie, capacidad calorífica del terreno y conductividad térmica del terreno.

Además de las anteriores características, también será de importancia aportar los siguientes datos: Zona climática, evaluación del riesgo sanitario medioambiental y volumen total de la vivienda que se quiere climatizar.

Con respecto a la evaluación del riesgo sanitario medioambiental, se deberán analizar los siguientes riesgos para tenerlos en cuenta: Poluciones de gases de escape (en lo posible se deberá evitar posicionar la toma de aire cerca de una carretera con alta frecuencia o de un estacionamiento de vehículos), emisiones que la vivienda pueda proporcionar como campana de cocina, aire extraído por el VMC o por el sistema de calefacción y presencia de polen.

Luego de recolectar toda la anterior información necesaria para la instalación, se procederá a realizar los cálculos pertinentes para el diseño del sistema. Durante este proceso se obtendrá la siguiente información:

- La necesidad de renovación de aire en la vivienda.
- Las necesidades de refrigeración y calefacción de la vivienda.
- El diámetro de los conductos.
- La longitud de los conductos
- La profundidad de enterramiento de los conductos.
- Los materiales a usar.
- La configuración de instalación de los tubos.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Para el cálculo de estos datos existen Software especializados que son capaces de determinar estos datos dependiendo de las demandas que estén presentes en el proyecto.

**4.3.2.3. Se definen los procesos de instalación.** Después de obtener los cálculos para la personalización del sistema de pozo canadiense y una vez elegidos los materiales, se puede proseguir con la instalación del sistema de calefacción geotérmico, donde dicha instalación es considerada relativamente sencilla.

- **Instalación exterior.** Según Tech and Co (2015), y Fiabitat Scop (s.f) se deberán seguir los siguientes pasos como primer momento para realizar la instalación exterior del sistema:  
Se debe cavar una zanja con la ayuda de una excavadora, en forma de meandro o bucle, dependiendo de las configuraciones previamente diseñadas, con las características de longitud y profundidad determinadas en el estudio previo.  
Tener la seguridad de que el tubo se está colocando encima de una superficie libre de rocas.  
Se debe colocar el tubo del material previamente establecido, con una pendiente a lo largo de la zanja entre 1 y 3%.  
Asegurarse de que la pendiente está completamente definida entre la toma de aire y la entrada del mismo en la vivienda.  
Se bloquea el conducto con arena compactada en ambos extremos.  
Se construye una base de concreto, la cual estará destinada para fijar la toma de aire.  
Se conecta el conducto con la toma de aire.  
Se debe asegurar que no se producen fugas de aire entre la toma de aire y el conducto.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Fijar la toma de aire con la base de concreto.

- **Instalación interior.** Luego de haber finalizado con el proceso y la instalación exterior del sistema, se procede a realizar la instalación interior con el fin de conectar los conductos a la vivienda. Aquí se detallan los procesos que se deben seguir:

Se debe instalar bajo la vivienda una entrada en pared de polipropileno a través de la cual pasará el tubo. Luego se debe instalar dentro de la vivienda a la salida del conducto enterrado lo siguiente: Un sifón, el cual tendrá el objetivo de evacuar las condensaciones., una boca de inspección de la instalación, un baipás con el objetivo de cortocircuitar el pozo canadiense, una entrada de aire nuevo y la caja de control del pozo canadiense.

Se debe conectar el conducto de llegada del pozo canadiense al sistema de ventilación.

**4.3.2.4. Se realiza un plan de recursos.** Luego de realizar todos los procesos anteriores, se debe plantear un plan de recursos para la puesta en marcha. Dichos recursos no serán considerados como prioridad para la empresa que se encargue del proyecto, por lo general estos recursos son alquilados debido a sus altos costos, contando con la inutilización luego de culminar el proyecto. Estos recursos son los siguientes:

- Software especializado para el cálculo de pozos canadienses, en función de los datos recogidos en el denominado estudio previo. La venta del software está disponible en internet.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

- Excavadoras o palas mecánicas que serán usadas para el levantamiento del suelo durante la instalación.
- Baipás para cortocircuitar el pozo canadiense.
- Materiales: tomas de aire y conductos.
- Hormigonera para la construcción de la fase en la cual se fijará la toma de aire.
- Sifones que tengan el objetivo de evacuar condensaciones.
- Cajas de control para el pozo canadiense.

**4.3.2.5. Se debe realizar una gestión de recursos.** Luego de plantear los recursos necesarios para la instalación del sistema de pozo canadiense es importante tener una correcta gestión de los mismos. De esta forma se plantea un inventario tipo make to order el cual consiste en realizar el pedido de los recursos posterior a los pedidos del cliente, para lo cual realmente no existiría un inventario y así se evitan gastos en almacenamiento; sin embargo, esto podría tener ciertas problemáticas con respecto a los tiempos estipulados del proyecto debido a retrasos que las empresas proveedoras tengan inconvenientes. También se suman una serie de desventajas relacionadas a los costes por transporte o cambios en el precio de los materiales, pero, no se podría plantear una gestión de otro tipo ya que es un sistema personalizado en función a las características del terreno y vivienda.

Los materiales que serán gestionados con esta estrategia son los siguientes: Conductos y tomas de aire, sifones, baipás y cajas de control. Por otra parte, se reconoce que las excavadoras y hormigoneras que se necesiten serán obtenidas por medio de alquiler, con el objetivo de disminuir costos por compra, almacenamiento y mantenimiento de maquinaria. También es

## Ensamble de una vivienda autosustentable

importante considerar que se deben conseguir ciertos recursos: licencia de software para el cálculo de pozos canadienses, ordenador portátil y licencia de Autocad.

**4.3.2.6. Gestión de proveedores.** Después de tener la gestión de recursos establecida, es importante tener en cuenta la realización de una gestión de proveedores que van a suministrar los materiales que se necesitan para las instalaciones. Como fue mencionado anteriormente, la idea es implementar un inventario tipo make to order, esto quiere decir que el momento en el que se realizará el pedido de los materiales, será el mismo momento en el cual se concreta una de nuestras viviendas autosostenibles con el cliente. Debido a esto se recalca la importancia de tener una gestión de proveedores para lograr una eficiencia que no ponga en peligro los tiempos estipulados.

Debido a que el sistema de pozos canadienses no se ha implementado aún en Colombia, todos los materiales que se van a usar serán comprados con los proveedores más comunes de estos materiales. A continuación, se mencionan los materiales que serán necesarios para la instalación:

- **Conductos.** Este es el material con más alta variación en función de la vivienda a la que será instalado el pozo canadiense. Se encontraron variaciones en diámetro, longitud y material. sin embargo, en aspectos generales se considera un producto fácil de conseguir en España, y existen varios proveedores que usan materiales destinados al uso de pozos canadienses, los cuales son los siguientes: REKALDE BILKTEGIA S.L. - Conductos de polietileno., Sucesores de Ginés García S.A. - Conductos de polipropileno y polietileno,



## Ensamble de una vivienda autosustentable

EGB Group - Conductos de polipropileno y polietileno, MATERIAL DE AIREACION

S.A. - Conducto de polietileno, Jannone S.A. - Conductos de gres certificado y Saniplast

- Conductos de fundición dúctil y polietileno.

- **Tomas de aire.** Uno de los países donde más es común el uso y por ende la venta de tomas de aire, especializados en pozos canadienses es Francia, en el cual se encontraron tres empresas fabricantes de tomas de aire enfocadas a pozos canadienses: Helios Ventilateurs, Atlantic Société Française de Developpment Thermique (SFDT) y GEOPRO FRANCE.
- **Sifones, baipás y cajas de control.** Con respecto a estos materiales, la situación suele complicarse debido al uso específico del pozo canadiense, sin embargo, ya que se realizaría un pedido de tomas de aire a las empresas previamente mencionadas, se podría pedir estos materiales a la misma empresa, para evitar otro tipo de aumento de precios por envíos y transporte, y considerando que las empresas francesas de tomas de aire están sumamente relacionadas con la fabricación de materiales destinados específicamente a pozos canadienses, es considerada la mejor opción.
- **Precio.** Luego de realizar todos los anteriores pasos y establecer el camino que llevará a cabo a la instalación de pozos canadienses en nuestras casas autosustentables, es de suma importancia determinar el precio de venta del servicio completo de instalación del pozo canadiense; sin embargo, nuestro objetivo no es suministrar un servicio de instalación de pozos canadienses, nuestro objetivo es implantar este sistema a una casa unifamiliar autosustentable, para lo cual el precio de este sistema al final estará sumado con el precio

## Ensamble de una vivienda autosustentable

final de la vivienda, el cual ya viene incluido el precio de construcción y las cuadrillas necesarias para su realización. Cabe resaltar que el producto es de uso único y con una larga duración, lo que significa que una vez instalado no hace falta cambios y su mantenimiento es mínimo.

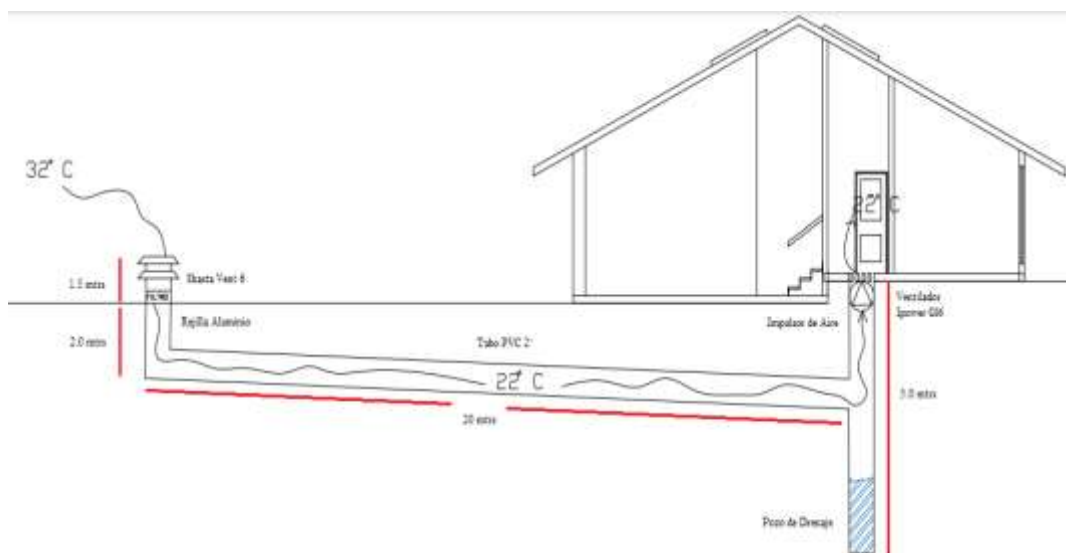
Según los datos recogidos por (Prix Pose, (s.f.) citado en Morales, 2019, donde se hacen estimaciones de precios promedio de instalaciones de pozos canadienses en Francia, para lo cual deberemos tener en cuenta los costos de envío hasta Colombia. Pero, el precio de la instalación del pozo canadiense se redondea a unos 7000 euros teniendo en cuenta todos los estudios previos, donde dicho precio podría presentar variaciones dependiendo las características del terreno y la vivienda.

**4.3.2.7. Diseño adaptado.** El diseño adaptado de la vivienda se hace con base a las necesidades que requiere la casa autosustentable, en ella se presentan elementos que se consiguen aquí en Colombia y se adaptaran para facilitar las mismas funciones del diseño original de un pozo canadiense.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### Figura 22

*Detalle del pozo canadiense de la casa autosustentable.*



Fuente: Elaboración propia

El diseño del pozo canadiense de la vivienda fue adaptado, así mismo, se ubicaron elementos que suplen la función de los originales y realizan satisfactoriamente las necesidades de la casa.

El esquema se conforma de un Shasta Vent 6 que suple un capacitador de aire, este irá recubierto en su interior por una rejilla de ventilación aluminio redonda para que no pase ningún objeto extraño o insecto, este elemento irá dentro de un tubo PVC de 2 pulgadas que tiene una medida de 1.5 metros de altura en la parte superior terrestre y en su parte interior 2 metros de profundidad. Este último elemento se encuentra a 20 metros de distancia de la casa con una pendiente de 2%, tendrá una profundidad de 2 metros aproximadamente dependiendo de la pendiente, este conducto en su final va conectado a otro con un accesorio en T, este conducto va

## Ensamble de una vivienda autosustentable

en sentido vertical a la vivienda, en su parte superior conecta con la vivienda, antes de ingresar el aire por el conducto debe pasar por un ventilador Ipower G16 Hvac Silencioso y posterior a una rejilla de ventilación aluminio redonda. En la parte inferior desemboca el conducto en un pozo pequeño de drenaje debido a la condensación del aire, este a su vez es conectado a la red sanitaria de la vivienda en una sección (Ver Figura 22).

### 4.4. Ensamble de Vivienda

La estructura de la vivienda autosustentable está constituida en su totalidad por un material llamado Steel Framing, también cuenta con un proceso de fundición para el asentamiento de la vivienda y placa antepiso y contrapiso previo a la colocación del esqueleto de la casa, a su vez, contará con una cubierta del mismo material de la estructura de la vivienda. Con esto, se espera tener una reducción de un 30% en precio a comparación de un sistema tradicional (hormigón o mampostería), una vivienda unifamiliar es baja en costos y es notable su reducción en tiempos de construcción, se termina en un 50% del tiempo menos que una construcción tradicional, adicional a esto, los elementos se realizan bajo estrictas normas de calidad.

Este sistema estructural innovador es un mecanismo estratégico que permite optimizar el tiempo de construcción por medio de la fabricación de la estructura y ensamble de esta, así mismo, posee características favorables en cuanto a sismo resistencia, termoacústica, flexibilidad de diseño, transporte de materiales, economía, ahorro de energía y durabilidad, adicional a esto, se espera un descenso en costos de construcción entre 10% y 30% con respecto a una vivienda

## Ensamble de una vivienda autosustentable

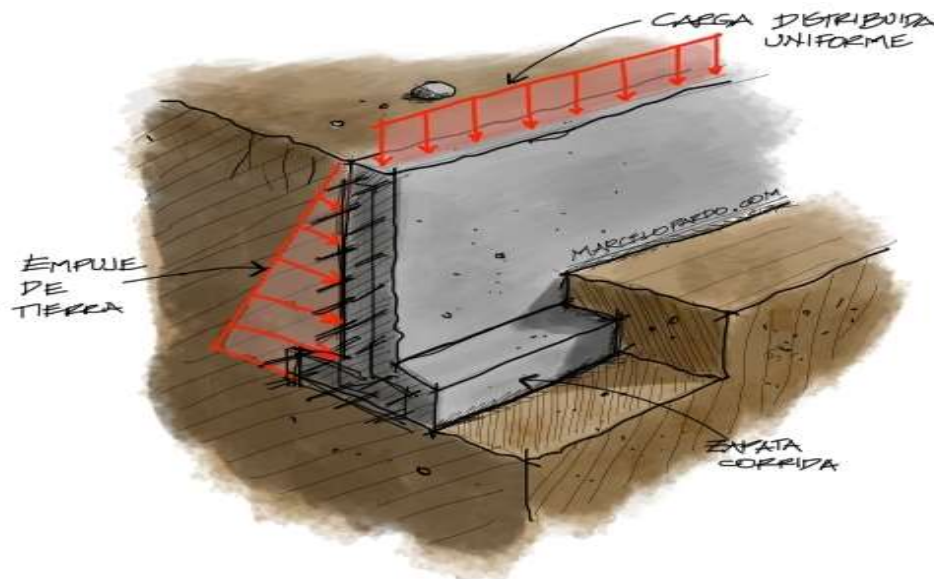
convencional, evidenciando así la viabilidad de la obra y los beneficios económicos que traería realizarla.

### 4.4.1. Cimentación

Según Lamus (2015), la cimentación es uno de los elementos primordiales de cualquier edificación, ya que es la responsable de brindar soporte y estabilidad a la construcción al conducir al terreno las cargas recibidas a través de su estructura. Es por esto que es importante tener en cuenta en el análisis del sistema constructivo LSF las cimentaciones usadas. Estas son algunas soluciones constructivas en cimentaciones más usadas por el sistema (Camucol, 2012):

### Figura 23

*Esquema de zapata continua fundida bajo tierra.*



Fuente: Pardo, M. (s.f.). Tipos de fundaciones y cuando usarlas. Disponible en:

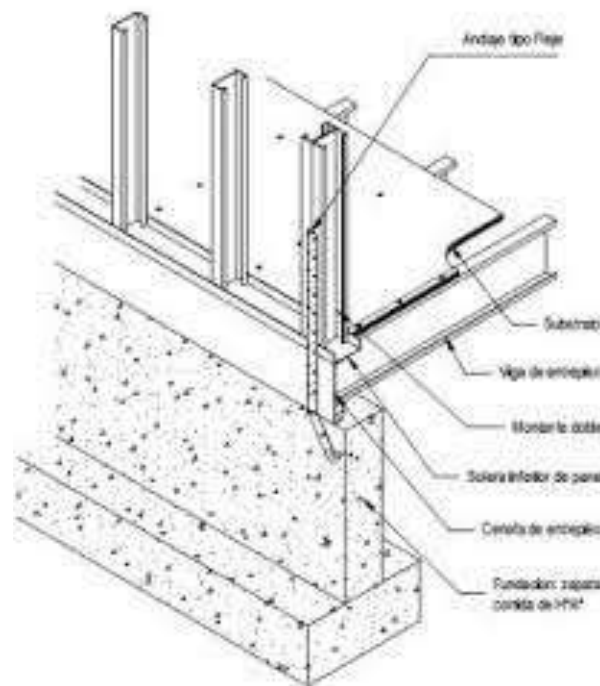
<https://marcelopardo.com/tipos-de-fundaciones/>

## Ensamble de una vivienda autosustentable

La zapata continua es la estructura perfecta para construcciones de paredes portantes como lo son los paneles estructurales de Steel Framing, allí se distribuyen las cargas de forma continua a lo largo de las paredes. Está compuesto de vigas que pueden ser de hormigón armado, de bloques de hormigón o mampostería que se colocan bajo los paneles estructurales (Sarmanho y Moraes, 2007).

### Figura 24

*Detalle de estructural de zapata corrida anclada a paneles estructurales de acero galvanizado.*



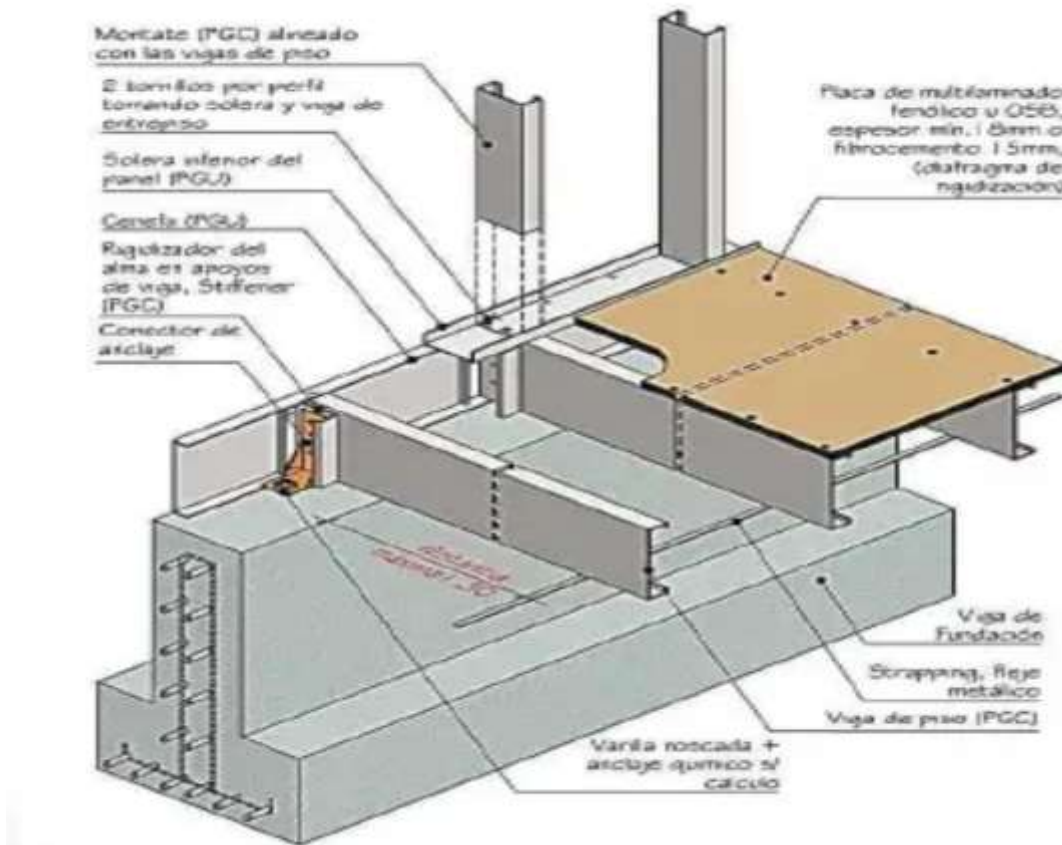
Fuente: <https://images.app.goo.gl/31qdVUWhaPytYsLg8>

Las mismas autoras sostienen que esta zapata corrida va anclada por medio de un fleje enlazado a un montante doble, adicional a esto, el panel tiene una solera inferior con cenefa de contrapiso, estos componentes son necesarios para unir la estructura completa con la fundación de la vivienda, así mismo son esenciales para la distribución de cargas (Ver Figura 25).

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### Figura 25

*Detalle de paneles estructurales de acero galvanizado.*



Fuente: Instituto de la Construcción en Seco Incose (s.f.). Introducción al sistema constructivo Steel Framing. <https://m1db.files.wordpress.com/2012/05/steel-framing-introducccic3b3n.pdf>

La estructura de contrapiso de la planta baja para este tipo de fundación puede ser construida de hormigón o con perfiles galvanizados que apoyados en la fundación constituyen una estructura de soporte de los materiales que forman la superficie del contrapiso (Sarmanho y Moraes, 2007).

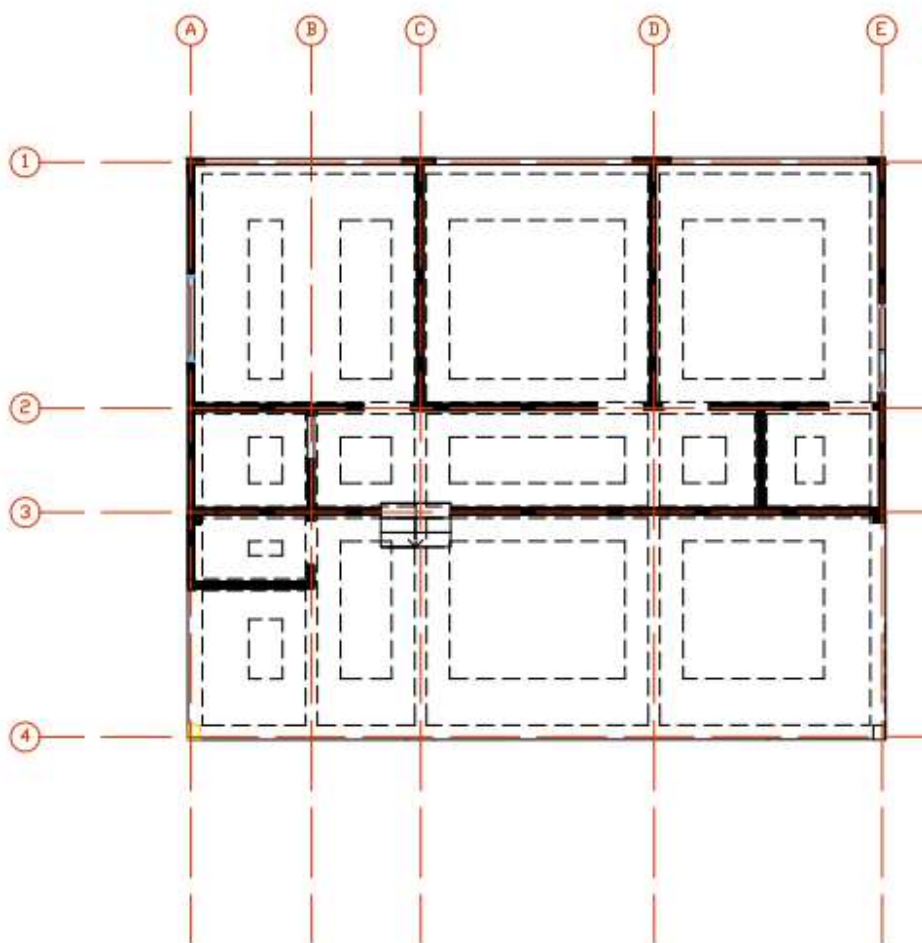
## Ensamble de una vivienda autosustentable

### 4.4.2. Revestimientos del contrapiso en Steel Framing

Los revestimientos del contrapiso sistema Steel Framing son específicos para el tipo de necesidades que necesita la vivienda, en el caso de la casa autosustentable las capas son abundantes, ya que se necesita una placa de multilaminado fenólica o OBS de espesor mínimo de 18mm, fibrocemento 15mm y colatragra de rigidización como se evidencia en la figura 26

**Figura 26**

*Trazado de la cimentación de la edificación en Steel Framing.*



Fuente: Elaboración propia.

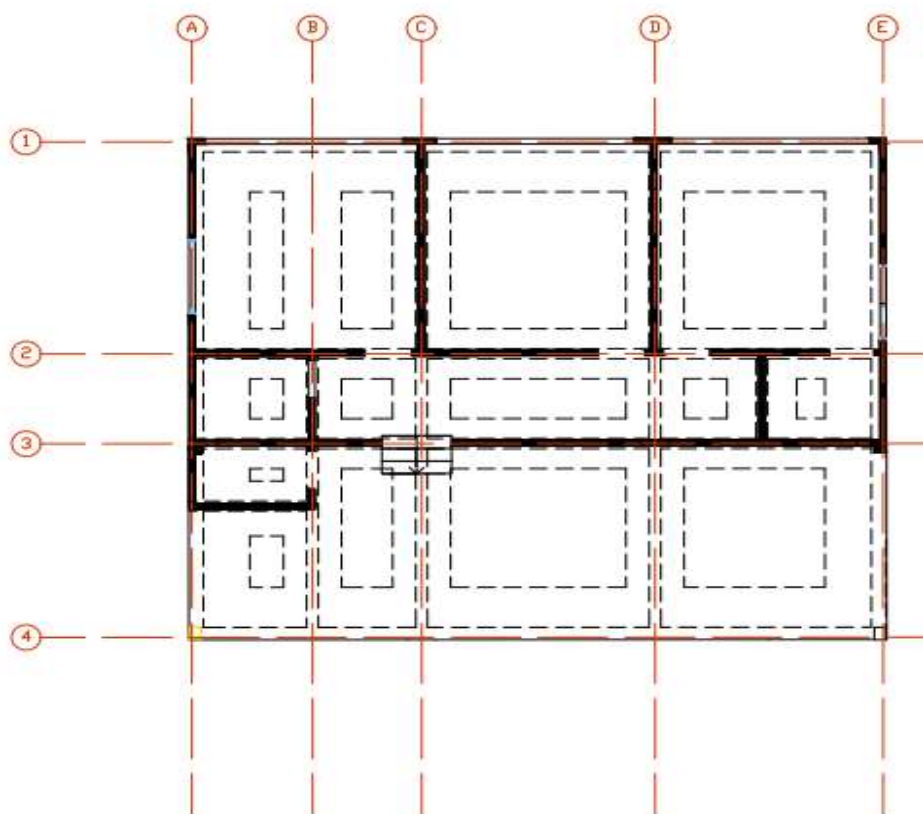


## Ensamble de una vivienda autosustentable

La cimentación de la casa consta de una serie de zapatas corridas, las cuales soportan y transmiten al suelo todas las cargas vivas y muertas de la casa autosustentable, donde estas se determinarán con la ayuda de la NSR-10 TITULO B, en las tablas que se encuentran en los subcapítulos B.3.4.1 (Elementos no estructurales horizontales), B.3.4.2 (Elementos no estructurales verticales) y B.4.2.1 (Cargas vivas requeridas). Dicho esto, esta cimentación será construida en concreto con sus respectivos aceros de refuerzo, los cuales se encargan de otorgar resistencia a la flexión y compresión que se pueda presentar en las zapatas.

### Figura 27

*Trazado en corte de la cimentación de la edificación en Steel Framing.*



Fuente: Elaboración propia

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Las zapatas de la cimentación constan de 2 metros de base por el determinado largo de cada uno de los ejes. Así mismo en cada cruce de ejes se realizará un nodo de amarre el cual tendrá como objetivo unir las zapatas continuas que estarán direccionadas entre los ejes los cuales se determinan por los muros de la casa. Por otro lado, las zapatas que irán en las esquinas se denominan excéntricas, las cuales tienen la misma base de 1 metro que las concéntricas, sin embargo, recibirá la carga en una de las esquinas de la zapata. Así mismo la altura de las zapatas varía según el nivel de la casa autosustentable, las cuales son de 1 y 1,6 metros respectivamente con un ancho de 20 cm en el cual se sostendrán los muros de la casa (Ver Figuras 26 y 27).

Por último, esta zapata solo es una recomendación, debido a que aún no se tienen datos de la capacidad portante del suelo, por lo cual no se puede obtener un cálculo exacto de las dimensiones ni un diseño estructural.

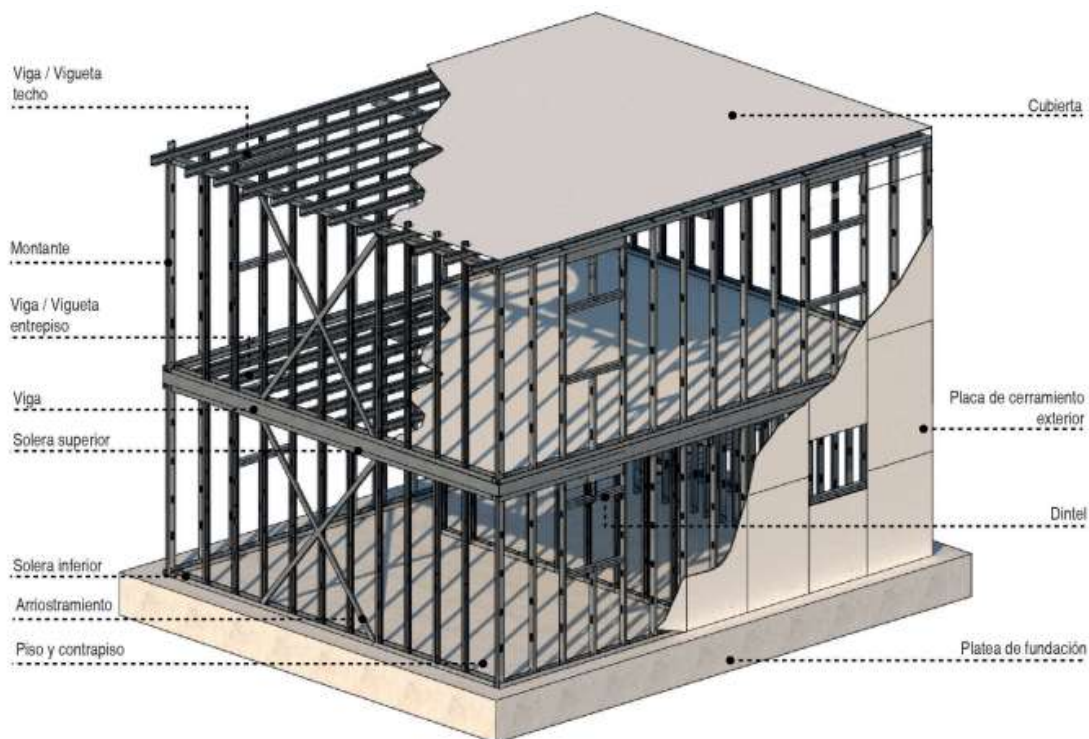
### **4.4.3. Estructura Metálica**

El sistema Steel Framing (SF), es un sistema constructivo constituido por perfiles de acero galvanizado, estos son utilizados para la composición de paneles estructurales y no estructurales, vigas de piso, vigas secundarias, solera superior, solera inferior, cabios de techo, arriostramientos, placa de cerramiento, montante, viga cielorraso, viga dintel, entre otros componentes (Lamus, 2015).

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### Figura 28

*Esquema de una edificación en Steel Framing.*



Fuente: ConsulSteel (2015) Manual de Procedimiento construcción con acero liviano. Disponible en: <https://consulsteel.com/manual-de-procedimiento-para-construccion-en-steel-framing/>

El sistema estructural está constituido por perfiles fabricados en lámina de acero galvanizado, mediante el proceso de rolado en frío. El material metálico ofrece innovación en su mecanismo, ya que permite optimizar el tiempo de construcción por medio de la fabricación de la estructura y ensamble de esta, así mismo, posee características favorables en cuanto a sismo resistencia, termoacústica, flexibilidad de diseño, transporte de materiales, economía, ahorro de energía, durabilidad, estabilidad física y química a agentes corrosivos. Estos perfiles metálicos son los encargados de soportar y transmitir todas las cargas, vivas, muertas, así mismo, otras ejercidas sobre la edificación. Esta transferencia de cargas, en comparación con los sistemas

## Ensamble de una vivienda autosustentable

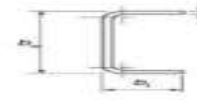
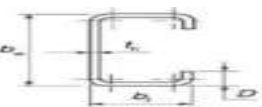
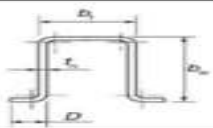
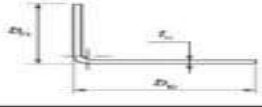
convencionales, se da por medio de una repartición más eficiente, utilizando una mayor cantidad de elementos verticales y de menor dimensión a cortas distancias (Lamus, 2015).

### 4.4.4. Perfiles

Los perfiles del sistema (SF) son hechos en acero galvanizado con espesores de 0.8 hasta 3.2 mm con anchos de la aleta de 30 a 90 mm y alturas desde 35 hasta 350 mm, todo esto depende de las exigencias estructurales que se presenten. En algunos perfiles se presentan perforaciones para facilitar las instalaciones. En la siguiente figura se evidencia un corte transversal de los perfiles de acero galvanizado.

**Figura 29**

*Especificaciones de los perfiles en Steel Framing*

Seção Transversal	Denominação (ABNT NBR 6355)	Utilização
	U simples $bw \times bf \times tn$	Guia Ripa Bloqueador Guia de entrepiso
	U enrijecido $bw \times bf \times D \times tn$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Terça Guia enrijecida
	Cartola $bw \times bf \times D \times tn$	Ripa
	Cantoneira de abas desiguais $L \times bf1 \times bf2 \times tn$	Cantoneira

Fuente: NBR 15253: Perfis de Aço Formados a Frio, com Revestimento Metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2014. 24 p.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

En Colombia hay una empresa reconocida especializada en la consolidación de perfiles de acero galvanizado, utilizados para muros, entrepisos y cubiertas. La empresa llamada Matecsa S.A fue importante para la construcción de la Torre Atrio en Bogotá, ya que fue proveedor de materiales metálicos para la construcción de muros, cielo rasos y muros de ductos tipo Shaftwall. La compañía posee un catálogo de las características de los elementos metálicos que maneja (Ver Tabla 20)

**Tabla 21**

*Características de los perfiles estructurales de acero galvanizado.*

<b>Perfil</b>	<b>Alma (H) (mm)</b>	<b>Aleta (B) (mm)</b>	<b>Calibre</b>	<b>Espesores (e) (mm)</b>
S7541	75,0	41,0	22	0.7
			20	0.85
			18	1.2
			16	1.5
S8941	89,0	41,0	22	0.7
			20	0.85
			18	1.2
			16	1.5
S15041	150,0	41,0	20	0.85
			18	1.2
			16	1.5

Fuente: Matecsa S.A. (2015). *Catálogo de Productos*. Bogotá.

### 4.4.5. Paneles de Muros

Los muros que componen las estructuras en Steel Framing son llamados paneles estructurales, estos compuestos por perfiles metálicos galvanizados muy livianos, estos montantes se encuentran separados entre 400mm o 600mm, las dimensiones se deciden por el

## Ensamble de una vivienda autosustentable

cálculo estructural, así mismo, la modulación del proyecto, estos paneles tienen una función principal que es la distribución de cargas en el sistema y la transmisión al suelo.

El sistema de Steel Framing debe ir anclado a la Placa de Hormigón Reforzado para evitar el movimiento del esqueleto estructural que se puede generar por la presión del viento, adicional a esto, la estructura debe estar anclada en la fundación. Dado el caso que el sistema no esté bien anclado, este puede presentar movimientos de traslación o volcamiento con una rotación en la edificación.

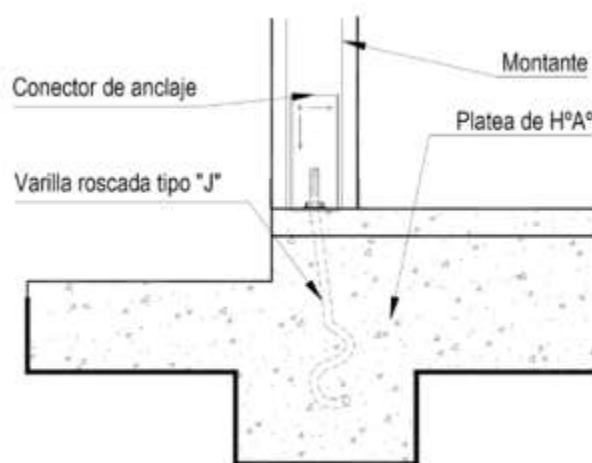
La selección del anclaje más adecuado depende del tipo de fundación y de las solicitaciones a la que está sometida la estructura, partiendo de las cargas presentes, movimientos sísmicos y condiciones climáticas. El análisis estructural es fundamental para determinar las dimensiones y su separación.

El anclaje permanente idóneo para la conexión de los paneles estructurales a la Placa de Hormigón Reforzado es un anclaje en “J”, este posee la propiedad de ser colocado antes del colado del hormigón y está constituido de una varilla roscada, montante y un conector de anclaje como se observa en la siguiente figura:

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### Figura 30

*Detalle de los anclajes permanentes de los paneles estructurales*



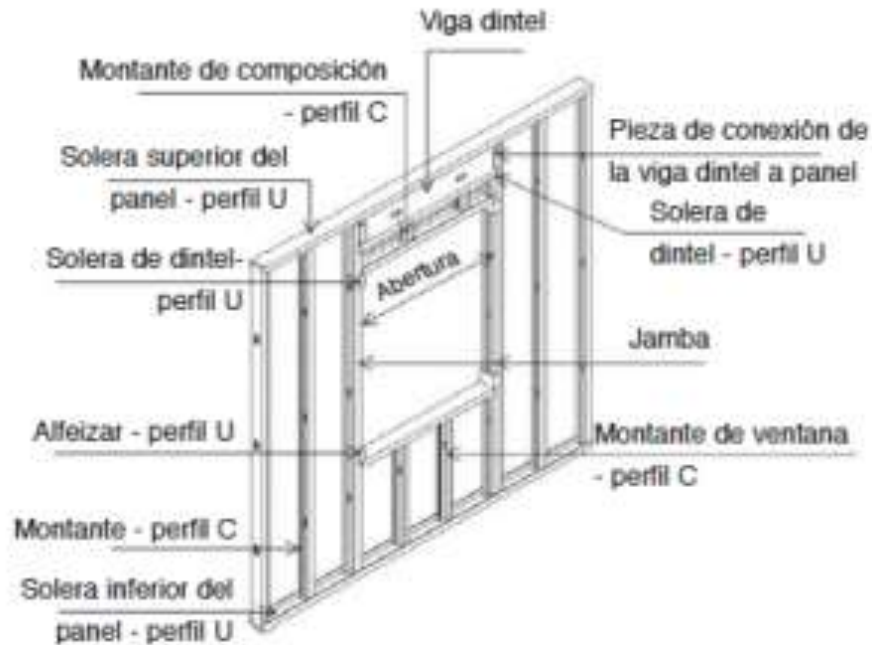
Fuente: El Emporio (s.f.) p.13. [http://www.elemporiosrl.com.ar/elemporiosrl\\_steel-framing-ficha-tecnica.pdf](http://www.elemporiosrl.com.ar/elemporiosrl_steel-framing-ficha-tecnica.pdf)

Para el sistema estructural de la casa autosustentable se necesitarán paneles con aberturas de ventana y puertas, se debe añadir para este proceso perfiles U 100x35, estos irán sujetos a una sección cajón junto con la jamba para dar un acabado y fijación de puertas y ventanas, en la siguiente figura se evidencia la sección de un panel que contempla la abertura y sus componentes, son conformados en su mayoría por parales de perfiles tipo C 100x50 y rieles de perfiles tipo U 100x35.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Figura 31**

*Detalle de paneles estructurales con abertura de ventana.*



Fuente: Sarmanho y Moraes, (2007), p. 35. Disponible en: [http://www.arquitecturaenacero.org/sites/default/files/adjuntos/manual\\_steel\\_framing\\_arquitectura.pdf](http://www.arquitecturaenacero.org/sites/default/files/adjuntos/manual_steel_framing_arquitectura.pdf)

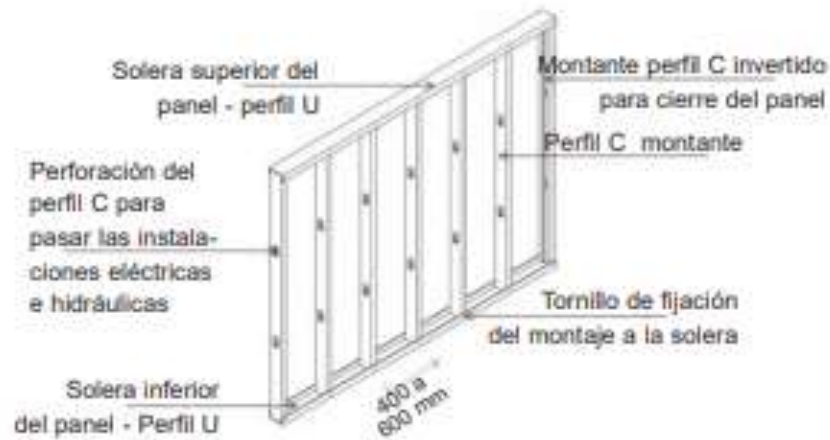
Para el sistema estructural de la casa autosustentable se necesitarán paneles sin aberturas, algunas secciones de la vivienda no la necesitan, este muro metálico contiene montantes unidos en sus extremos inferiores y superiores por las soleras, en cuanto al perfil, es sección transversal U simple, las soleras definen el ancho del panel y el largo de los montantes (Ver Figura 32).



## Ensamble de una vivienda autosustentable

### Figura 32

*Detalle de paneles estructurales sin abertura.*



Fuente: Sarmanho y Moraes, (2007), p. 31.

[http://www.arquitecturaenacero.org/sites/default/files/adjuntos/manual\\_steel\\_framing\\_arquitectura.pdf](http://www.arquitecturaenacero.org/sites/default/files/adjuntos/manual_steel_framing_arquitectura.pdf)

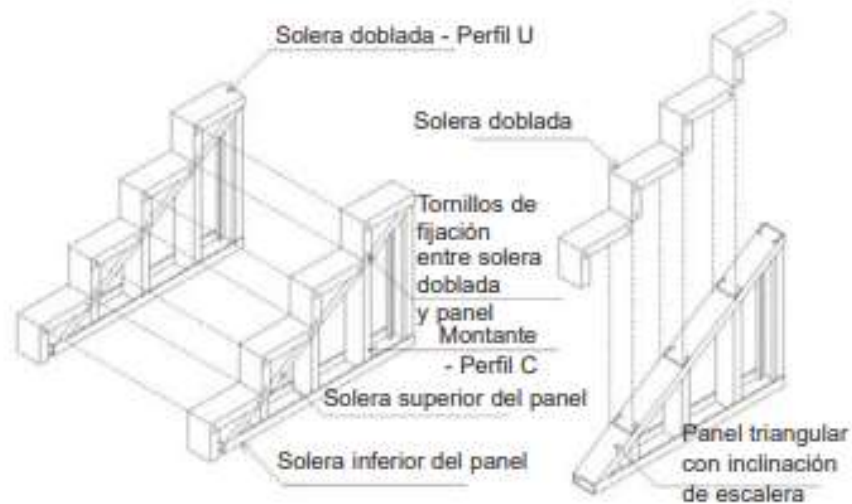
#### 4.4.6. Escalera

La escalera es parte importante de la vivienda, pese a ser muy pequeña, conecta los dos niveles de la casa que se encuentran separados por 60cm. Para esta estructura se escogió un sistema de Panel Triangular Inclinado, este es óptimo para escaleras cerradas y está constituida por una solera unida a un panel con la inclinación adecuada de la escalera. Los peldaños se forman con placas OBS y tablonés de madera maciza (Ver Figura 30).

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### Figura 33

*Detalle de escalera panel triangular inclinado.*



Fuente: Sarmanho y Moraes, (2007), p. 59. Disponible en: [http://www.arquitecturaenacero.org/sites/default/files/adjuntos/manual\\_steel\\_framing\\_arquitectura.pdf](http://www.arquitecturaenacero.org/sites/default/files/adjuntos/manual_steel_framing_arquitectura.pdf)

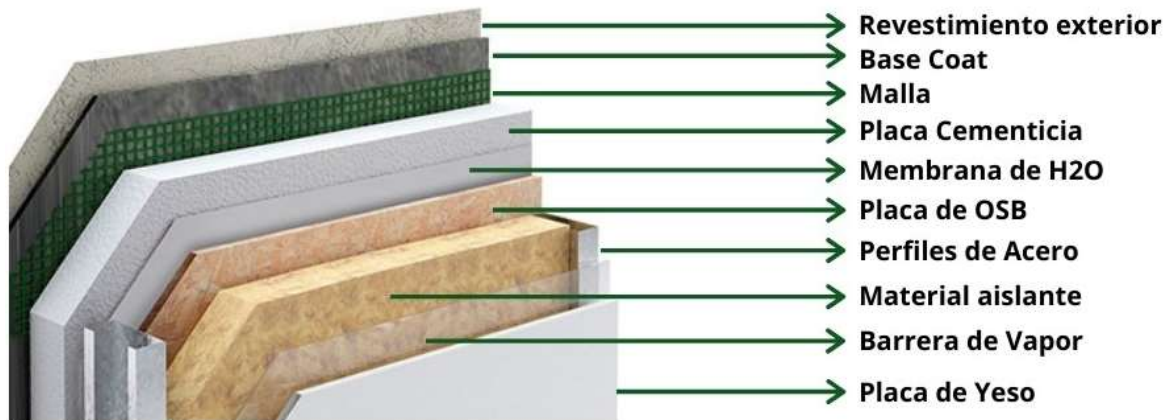
#### ***4.4.7. Revestimiento exterior e interior de los paneles en Steel Framing***

Los revestimientos exteriores e interiores del sistema Steel Framing son específicos para el tipo de necesidades que necesita la vivienda, en el caso de la casa autosustentable las capas son abundantes, ya que se necesitan materiales aislantes, refuerzo, resistencia e impermeabilizantes.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Figura 34**

*Detalle de paneles estructurales sin abertura.*



Fuente: <https://construccionenseco.net/steel-frame/capas-del-panel/>

**4.4.7.1. Revestimiento Exterior.** Este revestimiento que se encuentra en la parte exterior de la casa, cumple funciones arquitectónicas o simplemente estéticas, de la cual se puede realizar en diferentes materiales, ya sea pintura, textura rocosa, baldosa, cerámica, madera o cualquier otro tipo de revestimiento.

**4.4.7.2. Base Coat.** Esta base, es un componente compuesto principalmente por cemento, el cual se modifica previamente con polímeros de acrílico, con el fin de nivelar superficies. En las estructuras de Steel Frame, se usa generalmente para fijar la placa exterior con la malla de refuerzo que se encuentra justo después de dicha base.

**4.4.7.3. Malla o Malla de Refuerzo.** Estas mallas de refuerzo son usadas principalmente para reducir la posibilidad de fisuramiento en el revoque; Sin embargo, no es utilizada en todas las obras.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**4.4.7.4. Placa Cementicia:** Esta placa, tiene como fin otorgar estabilidad y firmeza al revestimiento exterior. Básicamente se trata del revoque grueso del sistema tradicional de construcción, el cual permite sostener los acabados finales de madera, cerámica o cualquier otro material a usar en el exterior.

**4.4.7.5. Membrana de H<sub>2</sub>O.** Esta membrana está constituida por un material acrílico, con el fin de impermeabilizar la superficie. Así mismo, evita que el agua o la humedad del exterior tenga contacto directo con la placa OSB.

**4.4.7.6. Placa de OSB (Oriented Strand Board).** Es una placa que se constituye principalmente por hebras de madera de reforestación. El objetivo principal de esta placa es soportar parte de toda la carga estructural que recibe el sistema. Así mismo, se puede decir que esta placa otorga resistencia que a su vez reduce la cantidad y uso de acero. Por otro lado, su uso es muy versátil, ya que se puede utilizar tanto en paredes como en el techo, ayudando también a la aislación térmica acústica.

**4.4.7.7. Perfiles de Steel Framing.** Estos perfiles de Steel Framing compuestos de acero galvanizado, los cuales se encargan de sostener toda la estructura del hogar o sistema que se esté empleando. Así mismo, son resistentes y generan una estructura liviana, muy similar en resistencia a una estructura en mampostería o concreto, pero, con menos peso, lo cual permite un ahorro con respecto a la cimentación del hogar. Por otro lado, cabe aclarar que dichos perfiles son industrializados, por lo cual todos tienen el mismo tamaño y calidad, lo que quiere decir que solo se deben colocar en obra. Existen distintos tipos de perfiles:

- Perfiles C o PGC, son los perfiles más comunes. Su espesor varía entre 0,8 y 3,2mm
- Perfiles U o PGU, Son los perfiles que permiten un encaje en el perfil guía. Su
  - espesor varía entre 25 a 50mm.
- Perfiles L o PGL, son los perfiles utilizados para las conexiones y uniones.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**4.4.7.8. Material Aislante:** Los materiales más comunes para el uso en Steel Framing pueden ser: Lana PET, poliuretano, lana de vidrio, lana de roca, espuma en aerosol y poliestireno Expandido – EPS. Este material se utiliza con el fin de aislar los sonidos y temperaturas de la construcción. La posibilidad de utilizar esta clase de materiales es una ventaja con respecto a diferentes sistemas de construcción, lo cual genera un ahorro significativo en la energía usada para la refrigeración del ambiente interno.

**4.4.7.9. Barrera de vapor.** Esta Barrera está diseñada con el objetivo de aislar o impedir que el vapor del ambiente logre filtrarse al interior del panel. En caso de no usarse la barrera, los vapores y humedad podrían ingresar al interior del panel, lo cual con el paso del tiempo se podrá condensar y así producir hongos y humedades. Esto podría prestarse para la generación de olores, lo cual afectara a los paneles de OSB estructurales y así poner en riesgo la estabilidad de la estructura.

**4.4.7.10. Placa de Yeso.** Esta placa es usada como revestimiento interior, cumpliendo la función de revoque fino. El yeso es utilizado por su leve peso y por sus características estéticas. Así mismo, el material es bastante versátil, permitiendo ser revestido con cerámicos o pintado a gusto.

### **4.4.8. Cubierta**

Las cubiertas usadas en este sistema estructural son variables, éstas dependen del diseño y resistencia que se necesite, para la casa autosustentable se necesita una cubierta a dos aguas

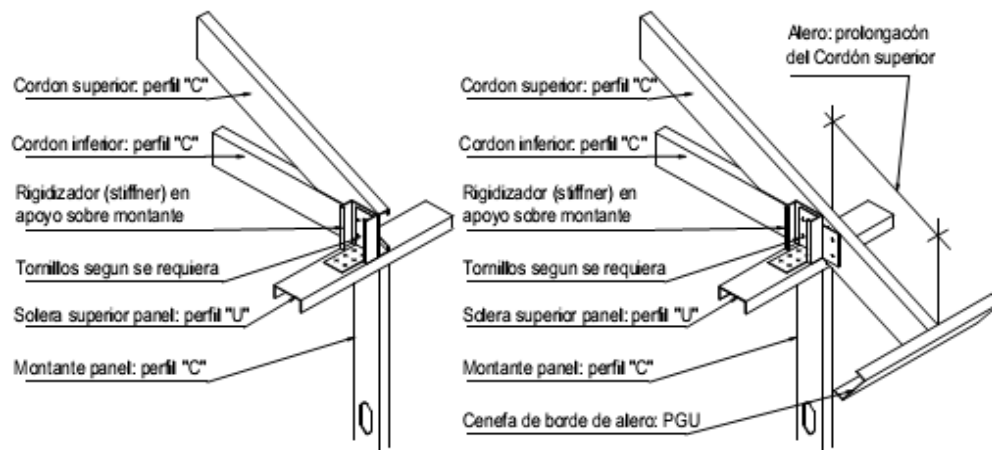
## Ensamble de una vivienda autosustentable

con inclinación de 25 grados, para ello se utilizan montantes elaborados con perfiles de acero galvanizado (Rodríguez y Vergara, 2020).

La estructura de la cubierta está anclada también con los paneles estructurales, el proceso de rigidización, colocación y elementos son similares. La estructura de la cubierta debe estar alineada con los montantes del panel, para así, permitir la transmisión de las cargas hasta la cimentación (Ver Figura 35.). El elemento que genera una rigidez es necesario para resistir cargas laterales de sismo y viento, este se consigue mediante arriostramientos longitudinal o diafragma de rigidización.

### Figura 35

*Detalle de la cubierta con conexión al panel estructural.*



Fuente: ConsulSteel (2015) p.127. Disponible en: <https://consulsteel.com/manual-de-procedimiento-para-construccion-en-steel-framing/>

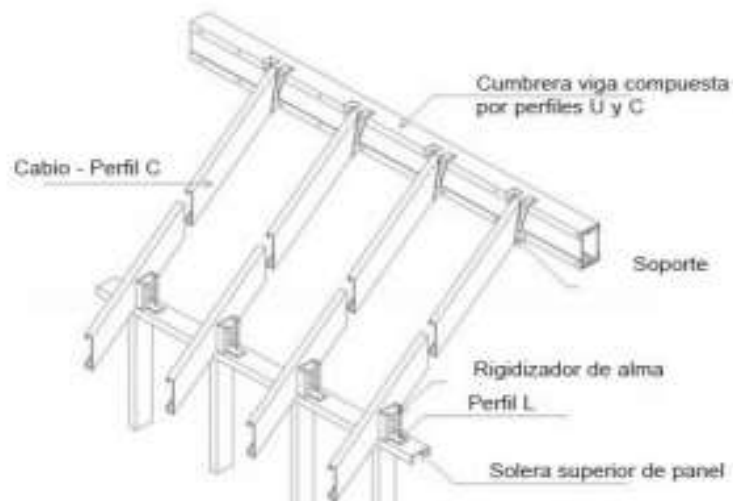
La estructura se ensambla con la colocación de dos cabios en sentido opuesto, estos apoyados sobre los paneles montantes de carga de la estructura, en los dos extremos donde

## Ensamble de una vivienda autosustentable

coincidan los cabios, a su vez, van unidos por una viga (cumbreira) constituida por perfiles en U y C. Este sistema es el ideal para que la cubierta pueda portar de forma estable los paneles solares y su revestimiento (Ver Figura 36).

### Figura 36

*Detalle de la cubierta en conexión con la cumbreira de viga compuesta.*



Fuente: Pérez (2013) p. 64. *Aplicabilidad del sistema Steel-Frame en viviendas económicas de República Dominicana*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Cataluña].  
[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19687/YarissaPerez\\_TFM.pdf?seque](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19687/YarissaPerez_TFM.pdf?seque)

El perfil es sometido a esfuerzos de compresión, este tendrá la tendencia a pandearse hacia el sentido de menor inercia en el sistema, esto puede preverse cuando la luz de pandeo en el cordón inferior y superior sea limitada, a su vez, la colocación de un arriostramiento en los nodos de las barras permitiría la disminución de un posible pandeo en la luz.

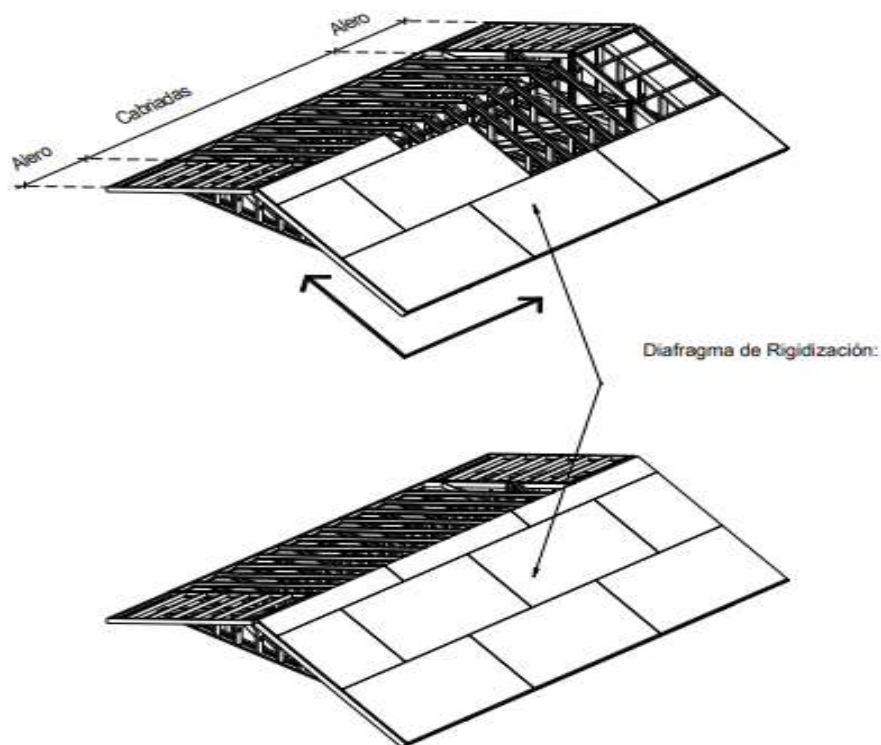
En el caso de las placas exteriores estructurales, se utilizan como diafragma de rigidización y se disponen sobre las cabriadas, trastocándose entre ellas, de esta forma, cubriendo

## Ensamble de una vivienda autosustentable

toda la superficie del faldón. Esto contribuye a la rigidización de la estructura de manera continua y facilita la terminación exterior de la cubierta, como se evidencia en la figura 37.

**Figura 37**

*Diagrama de rigidización y terminación exterior de la cubierta.*



Fuente ConsulSteel (2015) Manual de Procedimiento construcción con acero liviano. p.121.  
 Disponible en <https://consulsteel.com/documentacion-tecnica/>

### **4.4.9. Revestimientos exterior e interior de la cubierta en Steel Framing**

Los revestimientos exteriores e interiores de la cubierta en Steel Framing son específicos para el tipo de necesidades que requiera la vivienda, en el caso de la casa autosustentable las



## Ensamble de una vivienda autosustentable

capas son abundantes, ya que se necesitan materiales aislantes, refuerzo, resistencia e impermeabilizantes como se observa a continuación

### Figura 38

*Detalle de la cubierta en conexión con la cumbrera de viga compuesta.*



Fuente: Insover (s.f.) Disponible en; <https://www.isover.com.ar/soluciones/escasa-pendiente-sca-filtro-liviano-rolac-plata-cubierta-cielorraso>

Analizando la figura 38, se evidencia los componentes de la capa exterior de la cubierta, estos proporcionan una división entre el interior y el exterior donde están ubicados los paneles solares.

- **Chapa.** Teja Española de ladrillo, tiene un estilo rural indicado para Anapoima.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

- **Fieltro Liviano.** Es una lana de vidrio utilizada para viviendas autosustentables, esta mejora y reduce los consumos en aire acondicionado, ya que minimiza las pérdidas de energía.
  
- **Omega Estructural.** Los perfiles omegas son utilizados para estructuras complementarias, en este caso se utiliza para el cielo raso con el fin de dar soporte a la fijación de los paneles de yeso, a su vez, va atornillado a las viguetas.
  
- **Barrera agua/viento.** Esta membrana está constituida por un material acrílico, con el fin de impermeabilizar la superficie. Así mismo, evita que el agua o la humedad del exterior tenga contacto directo con la placa OSB.
  
- **OBS.** (Oriented Strand Board) es una placa que se constituye principalmente por hebras de madera de reforestación. El objetivo principal de esta placa es soportar parte de toda la carga estructural que recibe el sistema. Así mismo, se puede decir que esta placa otorga resistencia que a su vez reduce la cantidad y uso de acero. Por otro lado, su uso es muy versátil, ya que se puede utilizar tanto en paredes como en el techo, ayudando también a la aislación térmica acústica.
  
- **Rolac Plata Cubierta Hidrorepelente.** Es un material con aislamiento térmico, absorción acústica, barrera de vapor y tiene propiedades de ser un producto incombustible.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

- **Estructura Metálica.** La estructura se ensambla con la colocación de dos cabios en sentido opuesto, estos apoyados sobre los paneles montantes de carga de la estructura, en los dos extremos donde coincidan los cabios, a su vez, van unidos por una viga (cumbreira) constituida por perfiles en U y C. Este sistema es el ideal para que la cubierta pueda portar de forma estable los paneles solares y su revestimiento.
  
- **Omega Estructural.** Los perfiles omegas son utilizados para estructuras complementarias, en este caso se utiliza para el cielo raso con el fin de dar soporte a la fijación de los paneles de yeso, a su vez, va atornillado a las viguetas.
  
- **Placa de Yeso.** Esta placa es usada como revestimiento interior, cumpliendo la función de revoque fino. El yeso es utilizado por su leve peso y por sus características estéticas. Así mismo, el material es bastante versátil, permitiendo ser revestido con cerámicos o pintado a gusto.

### ***4.4.10. Presupuesto***

El presupuesto se realizó con el fin de dar una perspectiva diferente en cuanto al desarrollo de la vivienda, con elementos que contribuyen a la sostenibilidad e innovación de la casa unifamiliar, donde se establece el ahorro con base a los siguientes elementos: paneles solares, pozo canadiense, filtro de agua y estructura en steel framing, sustentados en la lista técnica de cantidades de INVIAS y calculados con la exactitud de actividades y procesos correspondientes.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

La proyección de la casa autosustentable se generó a partir de las necesidades para una vivienda vacacional unifamiliar, planteando un costo/beneficio en comparación a una casa tradicional, partiendo del beneficio que propicia el diseño a nivel económico y ambiental, derivando en ahorro de servicios, disminución de impuestos y armonía con el entorno

El presupuesto de la vivienda contempla las actividades requeridas para la consolidación de su estructura y funcionalidad, en él se tienen previstos 17 capítulos fundamentales donde se desarrolla de forma detallada los costos directos, indirectos e imprevistos para la construcción de la vivienda. A continuación, se describirá brevemente cada capítulo para analizar la importancia y el costo que este requiere para su culminación.

**4.4.10.1. Preliminares.** En este capítulo está presente una actividad, relacionada con la localización, trazado y replanteo de la obra arquitectónica e incluye comisión topográfica, cartera y planos. Este ítem tiene un costo total de **\$507.888.97**

**4.4.10.2. Excavación** En este capítulo está presente una actividad, la excavación mecánica en conglomerado que incluye el cargue. Este ítem tiene un costo total de **\$9.193.392.94**

**4.4.10.3. Cimentación.** En este capítulo están presentes cinco actividades, las cuales son acero de refuerzo  $f_y=4200$  MPa (4200 kg/cm<sup>2</sup>, g60) incluye suministro, figurado, armado, colocación y amarre, zapata en concreto 20.7mpa (3000 psi) mezcla en obra, suministro y construcción, relleno para estructuras con material, seleccionado de la excavación, compactación manual, placa de contrapiso metálica, instalación y montaje y revestimiento de la placa de contrapiso. Este ítem tiene un costo total de **\$59.364.349.06**

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**4.4.10.4. Pozo Canadiense.** En este capítulo están presentes cinco actividades, localización, trazado y replanteo obra arquitectónica incluye comisión topográfica, cartera y planos, excavación mecánica en conglomerado incluye cargue, tubería PVC 2" suministro e instalación, accesorio PVC 2" suministro e instalación y sistema impulsor de aire. Este ítem tiene un costo total de **\$5.876.060.96**

**4.4.10.5. Estructura Metálica.** En este capítulo se desarrollan cuatro actividades, el transporte de estructura metálica, suministro, instalación y montaje de estructura metálica, revestimiento de la estructura metálica y escalera de 60cm de altura metálica. Este ítem tiene un costo total de **\$55.652.150.88**

**4.4.10.6. Pañete.** En este capítulo están presentes dos actividades, las cuales son pañete muros interiores mortero 1:4 incluye filos y dilataciones, suministro y aplicación, adicional a esta, pañete muro exterior y culatas mortero 1:4 impermeabilizado, suministro y aplicación. Este ítem tiene un costo total de **\$4.416.346.81**

**4.4.10.7. Pintura** En este capítulo están presentes dos actividades, las cuales son pintura vinilo tipo 1 s/muro (alta calidad), adicional a esta, impermeabilización fachada, muros masterseal 485. Este ítem tiene un costo total de **\$4.874.613.12**

**4.4.10.8. Pisos.** En este capítulo están presentes dos actividades, las cuales son piso en cerámica liso 0.20x0.20 línea duretech, adicional a esta, afinado pisos mortero 1:4, e= 50mm. Este ítem tiene un costo total de **\$9.247.138.92**

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**4.4.10.9. Acabados.** En este capítulo está presente una actividad, la cual es piso en cerámica liso 0.20x0.20 línea mediterránea - pared baño. Este ítem tiene un costo total de **\$1.558.844.25**

**4.4.10.10. Cubierta.** En este capítulo están presentes tres actividades, las cuales son transporte de estructura metálica, suministro, instalación y montaje de cubierta metálica y revestimiento de la cubierta metálica. Este ítem tiene un costo total de **\$29.921.466.65**

**4.4.10.11. Carpintería metálica incluye manijas.** En este capítulo están presentes cuatro actividades, las cuales son suministro e instalación puerta madera entamborada tipo prestige 0.90x2m incluye marco y chapa, suministro e instalación puerta acceso vidrio templado 10 mm incluye barandas 2 barras acero inoxidable, suministro e instalación ventana lamina cold rolled cal 18, incluye anticorrosivo y pintura, adicional a esto, suministro e instalación baranda tubería A.N. pesado 2" incluye 3 hor cada 0.36 m vt cd 1.5 m. Este ítem tiene un costo total de **\$11.193.368.31**

**4.4.10.12. Instalación suministro de agua.** En este capítulo están presentes tres actividades, las cuales son instalación de medidor del suministro de agua, tubería PVC 2" suministro e instalación y el punto hidráulico AC. CPVC paral general 1 - 1/2" suministro e instalación. Este ítem tiene un costo total de **\$2.274.609.71.**

**4.4.10.13. Instalación Hidrosanitaria.** En este capítulo están presentes tres actividades, las cuales son salida sanitaria ducha 2" suministro e instalación, salida sanitaria lavamanos 2" suministro

## Ensamble de una vivienda autosustentable

e instalación, tubería PVCS 2" suministro e instalación, sistema de reciclaje de agua, tubería PVC 2" suministro e instalación, tubería CPVC 1-1/2" suministro e instalación, punto hidráulico AC. CPVC para general 1 - 1/2" suministro e instalación, salida sanitaria lavaplatos 2" suministro e instalación, salida sanitaria lavadero 2" suministro e instalación, salida sanitaria sifón 2" suministro e instalación y la tubería PVCS 2" suministro e instalación. Este ítem tiene un costo total de **\$12.760.302.37**

**4.4.10.14. Aparatos Sanitarios** En este capítulo están presentes cinco actividades, las cuales son sanitario acuacer blanco corona, lavamanos sobreponer corona o similar incluye grifería y accesorios, conjunto ducha y registro grival, lavadero prefabricado 0.65 0.80 m suministro e instalación y lavaplatos acero inoxidable 1.20 x 0.60 incluye grifería. Este ítem tiene un costo total de **\$3.140.696.47**

**4.4.10.15. Instalación Eléctrica.** En este capítulo están presentes seis actividades, las cuales son alambre cu aislado no. 8, alambre cu aislado no. 12 ducto instalado, kit solar OnGrid 3800w 20000whdia Fronius e instalación, salida para toma GFCI suministro e instalación, salida de lámpara led suministro e instalación y salida para tomacorriente doble con polo a tierra suministro e instalación. Este ítem tiene un costo total de **\$19.919.323.20**

**4.4.10.16. Vidrios, espejos y cerraduras.** En este capítulo está presente una actividad, la cual es espejo 4mm suministro e instalación. Este ítem tiene un costo total de **\$550.590.70**

**4.4.10.17. Limpieza de pisos, vidrios y cubiertas.** En este capítulo están presentes tres actividades, las cuales son limpieza de cubierta con hidrolavadora de alta presión tipo

## Ensamble de una vivienda autosustentable

hidrojet, limpieza de pisos incluye ácido muriático e hidrolavadora y limpieza de vidrios manual.

Este ítem tiene un costo total de **\$1.568.507.53**

Ya teniendo los costos directos totales **\$232.021.650.88**, con este valor se puede calcular la administración con un 15% (**\$34.803.247.63**), los imprevistos con un 8% (**\$18.561.732.07**), para un subtotal de (**\$285.386.630.58**). Adicional a esto, con el valor del subtotal se calcula el impuesto de valor agregado con un 19% (**\$44.084.113.67**), para un valor referente de (**\$329.470.744.28**). Por último, con el valor referente se calcula la supervisión y liquidación con un 3% (**\$6.960.649.53**) y el expediente técnico con un 2% (**\$4.640.433.02**). Con respecto a los valores anteriores, se van consolidando de manera cronológica para dar un total final del presupuesto de (**\$341.071.826.79**).

### **4.5. Análisis del cumplimiento del diseño de la vivienda autosustentable con las características claves del desarrollo sostenible.**

Desde el punto de vista de la generación de energía propia, en donde se plantea que “lo más común es el empleo de paneles solares para generar la energía necesaria sin tener que recurrir al suministro eléctrico por redes tradicionales, mucho más invasivas a nivel ambiental.” Esta característica se cumple gracias al uso de paneles solares, energía que, además de ser renovable, tiene una vida útil promedio de 25 años y durante este tiempo genera su propia energía, gracias a las celdas fotovoltaicas que convierte la energía proveniente del sol en energía eléctrica, la cual suplirá todas las necesidades básicas de nuestra casa autosustentable y contribuirá positivamente al medio ambiente.



## Ensamble de una vivienda autosustentable

En cuanto al adecuado manejo del agua que afirma que el diseño de la vivienda debe estar basado en el máximo aprovechamiento del vital líquido, valiéndose de fuentes de agua naturales, recolección del agua de lluvia y la reutilización del fluido en sistemas de riego.” Esta característica se cumple gracias al uso del filtro purificador de agua, el cual tiene como objetivo reciclar parte del agua que entra a la casa directamente del suministro local, y así reflejar ahorros económicos en el servicio del agua y contribuir a las necesidades de la ciudad y el mundo.

La clave en cuanto a Eficiencia térmica que sostiene que se debe considerar las características climatológicas al momento de elegir los materiales de construcción, para garantizar la mayor eficiencia térmica, evitando el uso de sistemas de calefacción o enfriamiento. Esta característica se cumple gracias al uso del pozo canadiense o provenzal, el cual tiene como objetivo climatizar por completo la casa autosustentable, ofreciendo una temperatura óptima para la satisfacción del cliente y a su vez eliminando por completo el uso de electrodomésticos como aires acondicionados o ventiladores, los cuales generan altos costos en el servicio eléctrico y no contribuyen positivamente al medio ambiente.

El uso de materiales de bajo impacto con el uso de materiales de construcción lo más natural posible, que no generen un impacto negativo en el medio ambiente, optando por maderas de cultivo, piedras naturales, tierra o barro.” Esta característica se cumple gracias al diseño estructural de la vivienda (Steel framing), el cual está catalogado como uno de los métodos constructivos más rápidos, duraderos y sobre todo ecológico y amigable con el medio ambiente.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

La Incorporación de materiales reciclables, para lograr una arquitectura verdaderamente ecológica, se puede optar por la incorporación de materiales de desecho en la fabricación de la vivienda.” Esta característica se cumple gracias a los materiales con los que está construida la casa, los cuales tienen la posibilidad de ser 100% reciclables y reutilizables. Esto genera un impacto positivo a los objetivos ecológicos de la ciudad y el país.

Finalmente, la Armonía con el entorno en donde el reto es conseguir que la construcción no afecte el entorno durante su emplazamiento, es indispensable armonizar con los elementos presentes evitando cambios significativos en el ecosistema existente.” Esta característica se cumple debido a el tamaño en metros cuadrados construidos de nuestra casa, los cuales no representan un cambio significativo al medio ambiente existente de la zona, además el proyecto se presta para realizar un condominio el cual respete las zonas verdes y promueva la construcción sostenible. En conclusión se dio respuesta a los siguientes ODS:

**Figura 39**  
*Cumplimiento de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*



Fuente: Elaboración propia

## 5. Conclusiones

El proceso de filtración es idóneo para las necesidades de la casa autosustentable, debido a su estratégica localización de la red hidrosanitaria, la cual podrá reabastecer con un 43% las actividades que requieren consumo de agua, esto puede variar dependiendo de los gastos por actividad.

La investigación en el sistema de suministro de la vivienda, arrojó el resultado que no se necesitarán duchas ahorradoras o grifos de lavamanos reguladores de agua, ya que esta agua utilizada será tratada por el filtro, debido a que el filtro necesita líquido para poder ser funcional, se optó por no comprar elementos ahorradores en estas actividades, así mismo, dado el caso que el filtro no abastezca en su totalidad el margen de 43%, están instaladas válvulas de bola con palanca, para que circule el fluido de suministro de agua.

El Kit Solar puede abastecer la vivienda en un 100%, pero no siempre va a abastecer la vivienda, debido a diferentes situaciones ajenas a la casa autosustentable, por ello se evidencia en los cálculos un consumo de energía aproximado mensual de la red pública, ya que no estamos exentos a un posible gasto excesivo o clima variable.

Con la creación de la vivienda no sólo se tendrán ahorros en cuanto a servicios públicos, también sería clasificada por el gobierno nacional por promover el desarrollo y la consolidación de fuentes de energía sostenibles y de uso eficiente, esto trae consigo el beneficio de la reducción

## Ensamble de una vivienda autosustentable

anual por los 5 años gravable siguientes de realizada la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada.

Se logró establecer los ahorros a mediano y largo plazo en la construcción, uso de energía eléctrica y consumo de agua de la casa autosustentable, conllevando a la continua mejora del medio ambiente y economía de la región. De igual forma el costo/beneficio de la casa autosustentable supera de forma considerable a la construcción tradicional, debido a que el precio es muy similar, sin embargo, el ahorro económico es significativamente mayor.

Las características principales de la casa autosustentable se acoplan perfectamente a las necesidades ambientales y económicas de Anapoima, debido al deficiente suministro de agua, al no contar con un acueducto propio, y así mismo por los altos costos monetarios con respecto al gasto energético en la región.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### 6. Recomendaciones

Como recomendación, aconsejamos que en el punto donde exista una energía renovable lo suficientemente efectiva como para remplazar al panel solar, este sea cambiado, ya que, a pesar de tener una vida útil bastante buena de alrededor de 25 a 30 años, en el proceso de su fabricación, se necesitan elementos como el vidrio, acero o aluminio, además de algunos químicos que son necesarios para su funcionamiento.

Este proceso conlleva a la explotación minera y a grandes emisiones de gases de efecto invernadero; sin embargo, en su vida útil al momento de ser instalado en una vivienda familiar, logra ahorrar cerca de 1 tonelada de dióxido de carbono en la atmosfera. Por otro lado, al final de su vida útil, o sea alrededor de 25 a 30 años en el futuro o el año 2050 en promedio, se calcula un incremento considerable en el volumen de paneles solares retirados, lo cual presentara un desafío a nivel ambiental bastante importante.

Hay que tener en cuenta que se debe realizar una limpieza de los paneles solares cada 6 meses para que no se obstruyan sus celdas fotovoltaicas. Para habitar o vacacionar la vivienda autosustentable, es importante controlar el consumo de energía con el fin de evitar excesos, que podrían afectar la incidencia del kit solar. Es necesario el uso de ahorradores de energía, de esta forma, se optimiza mucho más el consumo y se tendrá un mejor control energético.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

### 7. Referencias Bibliográficas

Acosta, L. (2020). Guía de citas y referencias Formato APA para trabajos escritos 7ª. Ed.

Universidad Piloto de Colombia. Disponible en:

<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/9966/Manual%20APA.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Aguayo L. M. (2017) Modelo de una casa sustentable para la colonia Luis Donaldo Colosio del Municipio de Guadalupe, Zacatecas. [Tesis de pregrado, Instituto Politécnico Nacional, UPIIZ] <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/20945?show=full>

Álvarez, F. (2016) Hacia la aplicación de estrategias bioclimáticas con tecnologías sustentables. En Cortés M. (Coord.). Aportes a la sustentabilidad. Una mirada desde la gestión del territorio y los recursos naturales (Miradas colectivas hacia la sustentabilidad) (pp. 195-219). ITESO. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjk2wjd>

Ardila, J. y Echeverry, J. (2018). Modificación del diseño de mezcla del concreto convencional a partir del uso del hueso triturado como agregado grueso para ensayo de resistencia a la compresión. Disponible en: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/8775>

Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas –AQUA-. (2016). Guía Técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. <https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Guia.tecnica%20grises.pdf>

Atersa Shop (s.f.) Cómo funciona una célula fotovoltaica. Disponible en:

<https://atersa.shop/como-funciona-una-celula-fotovoltaica/#:~:text=Componentes%20de%20una%20celda%20fotovoltaica&text>

## Ensamble de una vivienda autosustentable

=Estos%20semiconductores%20normalmente%20est%C3%A1n%20hechos,a  
bundante%20en%20la%20corteza%20terrestre.

Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia del IDEAM (s.f.) Datos mensuales y anuales de Distribución del Brillo Solar Medio Diario. Disponible en:

<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.htm>

AutoSolar (s.f.). Kit solar. Disponible en: <https://autosolar.co/kits-solares-red/kit-solar-ongrid-3800w-20000whdia-fronius>

Botero, J., Gonzáles, G. y Sánchez, C. (2017). *Diagnóstico del estado actual de redes y evaluación técnico económica de las alternativas para la optimización del sistema de acueducto del municipio de Anapoima*. [Tesis postgrado, Universidad Católica de Colombia] Repositorio Institucional UC

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15239/1/Trabajo%20de%20Grado.pdf>

Brunat, L. y Escuer, J. (2010). Intercambiadores tierra-aire y técnicas emparentadas. Ejemplos y experiencias. Disponible en: [intercambiadores tierra-aire\\_geoconsultores\\_1 \(2\)](https://www.researchgate.net/publication/312511111) (researchgate.net)

Cabezas A.M. (2012) *Eficiencia energética a través de utilización de pozos canadienses con el análisis de datos de un caso real*. Casa Pomaret. [Tesis de Master Universidad Politécnica de Catalunya – UPC]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21068>

Calero, M. (2020). Seis claves para lograr una casa autosustentable. *Revista Construir.com*. <https://revistaconstruir.com/seis-claves-para-lograr-una-casa-autosustentable/>

Cámara Colombiana de la Construcción, CAMACOL (2012) Manual de construcción liviana en seco. Disponible en: <https://camacolvalle.org.co/wp-content/uploads/2019/04/Capitulo-1.pdf>

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Castro, L. (2017). *Diseño de un sistema de flujo ascendente hidráulico, con paneles solares, en la vereda Santa Rosa, en el municipio de Anapoima, Cundinamarca*. [Tesis de pregrado

Universidad de La Salle]. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/377/](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/377/)

Condorchem Envitech, (s.f.). Historia sobre el tratamiento del agua potable. Disponible en:

<https://condorchem.com/es/blog/historia-sobre-el-tratamiento-del-agua-potable/>

Congreso de la República de Colombia (2014, 13 de mayo) Ley 1715. *Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional*. Disponible en:

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/22602-11506.pdf>

ConsulSteel (2015) Manual de Procedimiento construcción con acero liviano. Buenos Aires.

Disponible en: <https://consulsteel.com/manual-de-procedimiento-para-construccion-en-steel-framing/>

Cordero, R. (2017). Una vivienda altamente sostenible. En Mercader P. (Ed). *Actas del 3er Congreso Internacional y 5º Nacional de Construcción Sostenible y Soluciones Eco-eficientes* (pp.286 – 302). Sevilla, España. Universidad de Sevilla. **ISBN: 978-84-617-8428-8**

Cortina, M. (2011). *Construcciones ecológicas y casas autosustentables*. [Tesis de Pregrado

Instituto Tecnológico de Buenos Aires].

<https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/374/Entrega%20Final%20-%20Mat%C3%ADas%20E.%20Cortina%20-%2046024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cuevas, I. Soto, M. y Rocha, L. (2015) La adopción de tecnologías limpias para la sustentabilidad: caso de dos empresas del sector de la construcción. *XX Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática*. (p.p. 1–16). Ciudad de



## Ensamble de una vivienda autosustentable

México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.

<https://investigacion.fca.unam.mx/docs/memorias/2015/10.13.pdf>

Chaparro, J. (2019). *Manejo integral de residuos generados por los paneles solares fotovoltaicos en Colombia*. [Tesis postgrado Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio

Institucional Unimilitar

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32081/ChaparroPerezJhonFreddy%2C2019.pdf.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Dannemann, R. (2013). Manual de Ingeniería de Steel Framing. Construcciones entramadas de acero. Segunda edición. Disponible en:

[https://www.alacero.org/sites/default/files/u16/manual\\_ingenieria\\_steel\\_framing.pdf](https://www.alacero.org/sites/default/files/u16/manual_ingenieria_steel_framing.pdf)

Del Castillo, B. (2015). *Vivienda bioclimática sustentable en regiones de clima cálido árido: implicaciones ambientales, económicas y sociales*. [Tesis de Doctorado, Centro de

Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional].

<http://transdisciplinario.cinvestav.mx/Portals/transdisciplinario/SiteDoc/Protocolos/Gen%2013-15/De1%20Castillo%20Velasco%20Mtz.pdf>

Díaz, J. y Ramírez, L. (2016). *Diseño de un sistema de tratamiento y reutilización del agua de la lavadora aplicado a los hogares de Bogotá D.C.* [Tesis de pregrado, Universidad

Distrital]

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3140/D%3%ADazOviedoJhonJa?sequence=1>

Ecoticias.com. (2016) 10 casas ecológicas y sostenibles. *Ecoticias.com*.

[https://www.google.com/search?rlz=1C1CHZL\\_esCO764CO764&sxsrf=ALiCzsZrS-](https://www.google.com/search?rlz=1C1CHZL_esCO764CO764&sxsrf=ALiCzsZrS-AIQqvLt6uxBHd3Tc1zWaklGg:1652217242817&source=univ&tbm=isch&q=El+peri%)

[AIQqvLt6uxBHd3Tc1zWaklGg:1652217242817&source=univ&tbm=isch&q=El+peri%](https://www.google.com/search?rlz=1C1CHZL_esCO764CO764&sxsrf=ALiCzsZrS-AIQqvLt6uxBHd3Tc1zWaklGg:1652217242817&source=univ&tbm=isch&q=El+peri%)

## Ensamble de una vivienda autosustentable

C3%B3dico+ecoticias.com+10+casas+ecol%C3%B3gicas+y+sostenibles&fir=K--  
sAz0m9VNOmM%252CE0ojz1gIxW-

Escudero, D. y Heredia, M. (2019). Propuesta de utilización de un sistema de reciclaje de aguas grises en el edificio Santa Beatriz Bloque 2. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional URP.

.[https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2646/TESIS%20ESCUADERO\\_HEREDIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2646/TESIS%20ESCUADERO_HEREDIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Esperante, R. (2010). Los Neandertales construían casas con huesos de mamut.

Geoscience. <http://www.historiayarqueologia.com/2011/12/los-neandertales-construian-viviendas.html#:~:text=Seg%C3%BAAn%20publican%20en%20Quaternary%20International,que%20ha%20liderado%20el%20estudio.>

Espinal, C. (2014) *Construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio Institucional UTP <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/115e0110-05a6-414e-8a99-a1ca9f92403b/content>.

Estrutechos soluciones integrales en cubiertas y fachadas. (2 de enero de 2019). Nuevo sistema sostenible para construir. *Estrutechos-admin* <https://estrutechos.com/sistema-sostenible-para-construir/>

Fiabitat Scop.(s.f.) Dimensionamiento y construcción de un pozo canadiense. Obtenido de Dimensionner et réaliser un puit canadien. : <https://bit.ly/2W8zOW6>

Greendates (2017, 24 de agosto). Ventajas y desventajas de los paneles solares que debes conocer. <http://greendates.com.mx/ventajas-y-desventajas-de-los-paneles-solares/>

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Grupo Solinc (s.f.). Ventajas y desventajas de los paneles solares.

<https://solinc.com.mx/blog/ventajas-desventajas-paneles-solares/>

Inacatalog.com (2014). Qué son las tecnologías sostenibles y cómo ayudan al progreso.

<https://www.inacatalog.com/blog/desarrollo-sostenible-y-nuevas-tecnologias>

Lamus, J. (2015). *Análisis de viabilidad económica: sistema constructivo light steel framing en Colombia*. [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional

Uniandes

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/13396/u722283.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lemus, J. y Romero, Y. (2014). *Diseño de un prototipo de vivienda sostenible en madera para la región de la Mojana*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio

Institucional

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1738/1/DISE%C3%91O%20DE%20UN%20PROTOTIPO%20DE%20VIVIENDAS%20SOSTENIBLES.pdf>

Lenor Colombia (2020) ¿Qué son los tomacorrientes GFCI?.

<https://lenor.com.co/2020/07/16/que-son-los-tomacorrientes-gfci/>

Manrique, W. y Negrete, N. (2019). *Plan de manejo ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Anapoima*. [Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia]. Repositorio institucional Re-Pilo.

<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6501/MONOGRAFIA%20SEMINARIO%20WILMAR%20NESTOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Mercadolibre.com.co (s.f.). Descripción Filtro Ósmosis Inversa Agua Desionizada 2400gpd Luz

Uv 25w. [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-608654041-filtro-osmosis-inversa-agua-desionizada-2400gpd-luz-uv-25w-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-608654041-filtro-osmosis-inversa-agua-desionizada-2400gpd-luz-uv-25w-_JM)

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). Reglamento Colombiano de

Construcción Sismo Resistente NSR-10. Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente. <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>

Ministerio de Minas y Energía (2013, 30 de agosto). Resolución 90708. *Por la cual se expide el*

*Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas –RETIE.*

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

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). Reglamento técnico del sector de agua

potable y saneamiento básico RAS. *Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias.*

[https://comunidad.udistrital.edu.co/javalerof/files/2015/09/titulo\\_d\\_version\\_prueba.pdf](https://comunidad.udistrital.edu.co/javalerof/files/2015/09/titulo_d_version_prueba.pdf)

Mora, J. I. (2019). Bone tissue, a new alternative in aggregates for concrete. *Ingeniería*

*Solidaria*, 15(1), 1-38. <https://doi.org/10.16925/2357-6014.2019.01.07>

Morales, N. (2019). *Plan de negocio: Instalación de pozos canadienses para viviendas*

*unifamiliares en la Comunidad de Madrid.* [Tesis Postgrado Universidad Carlos III de Madrid]. <https://core.ac.uk/download/pdf/288502404.pdf>

Obra Civil Colombiana (s.f.) Steel Framing. Disponible en: [https://obracivilcolombia.com/steel-](https://obracivilcolombia.com/steel-framing.html)

[framing.html.](https://obracivilcolombia.com/steel-framing.html)

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Ortiz, J., Masera, O. y Fuentes, A. (2014 ) *La ecotecnología en México*. Imagia, Comunicación.

Unidad de Ecotecnología del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Patiño, E y Roldan, A. (2016). *Proyecto de reciclaje de aguas grises*. [Tesis de pregrado, Universidad ECCI]. <https://es.slideshare.net/CAMILO11241/proyecto-de-reciclaje-de-aguas-grises>.

Pérez Y. (2013) *Aplicabilidad del sistema Steel-Frame en viviendas económicas de República Dominicana*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Cataluña]. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19687/YarissaPerez\\_TFM.pdf?sequ](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19687/YarissaPerez_TFM.pdf?sequ)

Rodriguez, A. y Vergara R. (2020). *Estudio de factibilidad para la construcción de viviendas de interés social utilizando el sistema de construcción en seco steel framing por medio de una comparación con el sistema de construcción tradicional de mampostería confinada*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cartagena]. Repositorio Institucional Unicartagena. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/10177/ramiro%20vergara%20pajaro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rojas, D. y Sánchez, D. (2017). *Diseño e implementación de un prototipo de suministro de energía fotovoltaica a una vivienda ubicada en la vereda Golconda (Anapoima Cundinamarca)*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cundinamarca]. Repositorio Institucional U de C <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/721>

Salas H. (2020) Tecnologías limpias como fuente de ventaja competitiva Revista de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades. 7(1):97-104.

<http://dx.doi.org/10.30545/academo.2020.ene-jun.10>

## Ensamble de una vivienda autosustentable

Sarmanho, A y Moraes R, (2007) Steel Framing: Arquitectura. Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero (ILAFA).

[http://www.arquitecturaenacero.org/sites/default/files/adjuntos/manual\\_steel\\_framing\\_arquitectura.pdf](http://www.arquitecturaenacero.org/sites/default/files/adjuntos/manual_steel_framing_arquitectura.pdf)

Sinerpol (20 de agosto de 2013), Paneles Solares y soluciones con energías renovables.

*Panelessolares.com*. <https://paneles-inv-solares-equipo9.weebly.com/marco-teorico.html>

Tech and Co (03 de diciembre de 2015). Installer un puit canadien. . <https://bit.ly/2WaB3nW>

Termiser.com (20 de marzo de 2015). Construcción de casas ecológicas ventajas y desventajas.

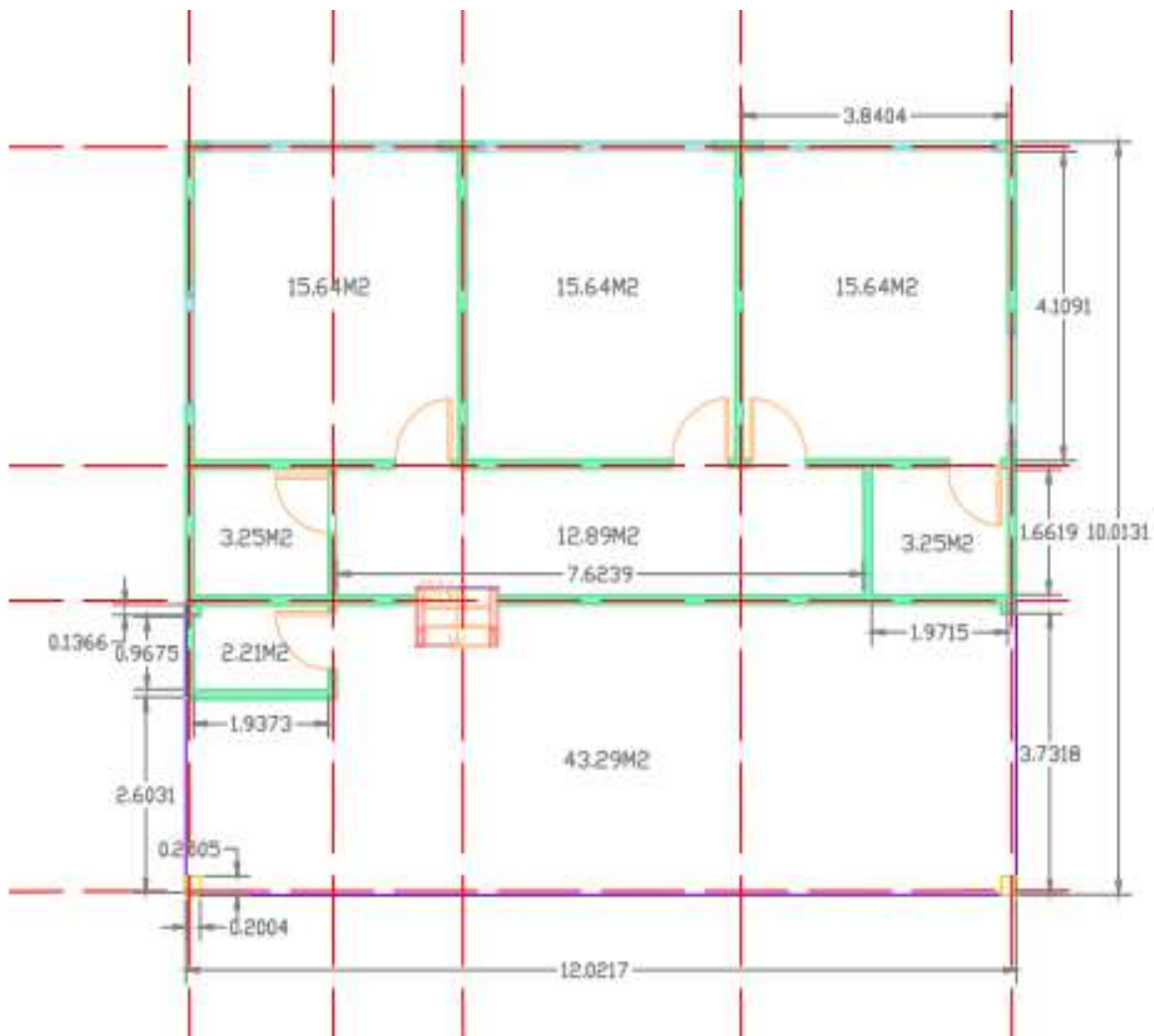
<https://www.termiser.com/construccion-de-casas-ecologicas-ventajas-desventajas/>

# Ensamble de una vivienda autosustentable

## Anexos

## Ensamble de una vivienda autosustentable

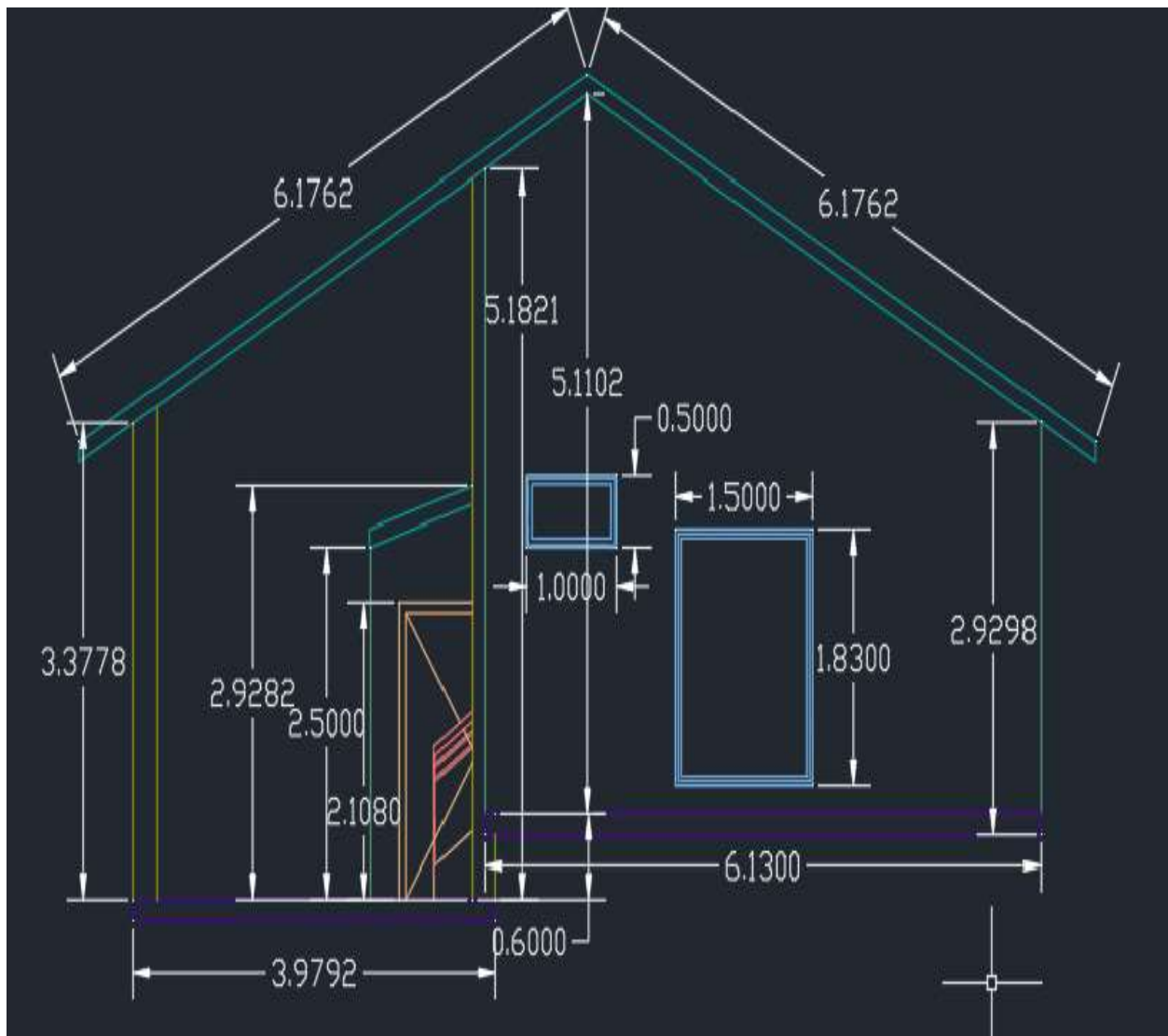
## Anexo 1. Medidas estandarizadas.

*Plano 1**Plano de medidas estandarizadas de la casa autosustentable*

Fuente: Elaboración propia



## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Anexo 2. Plano Este de Fachada de la Casa Autosustentable.****Plano 2***Plano Este de fachada de la casa autosustentable.*

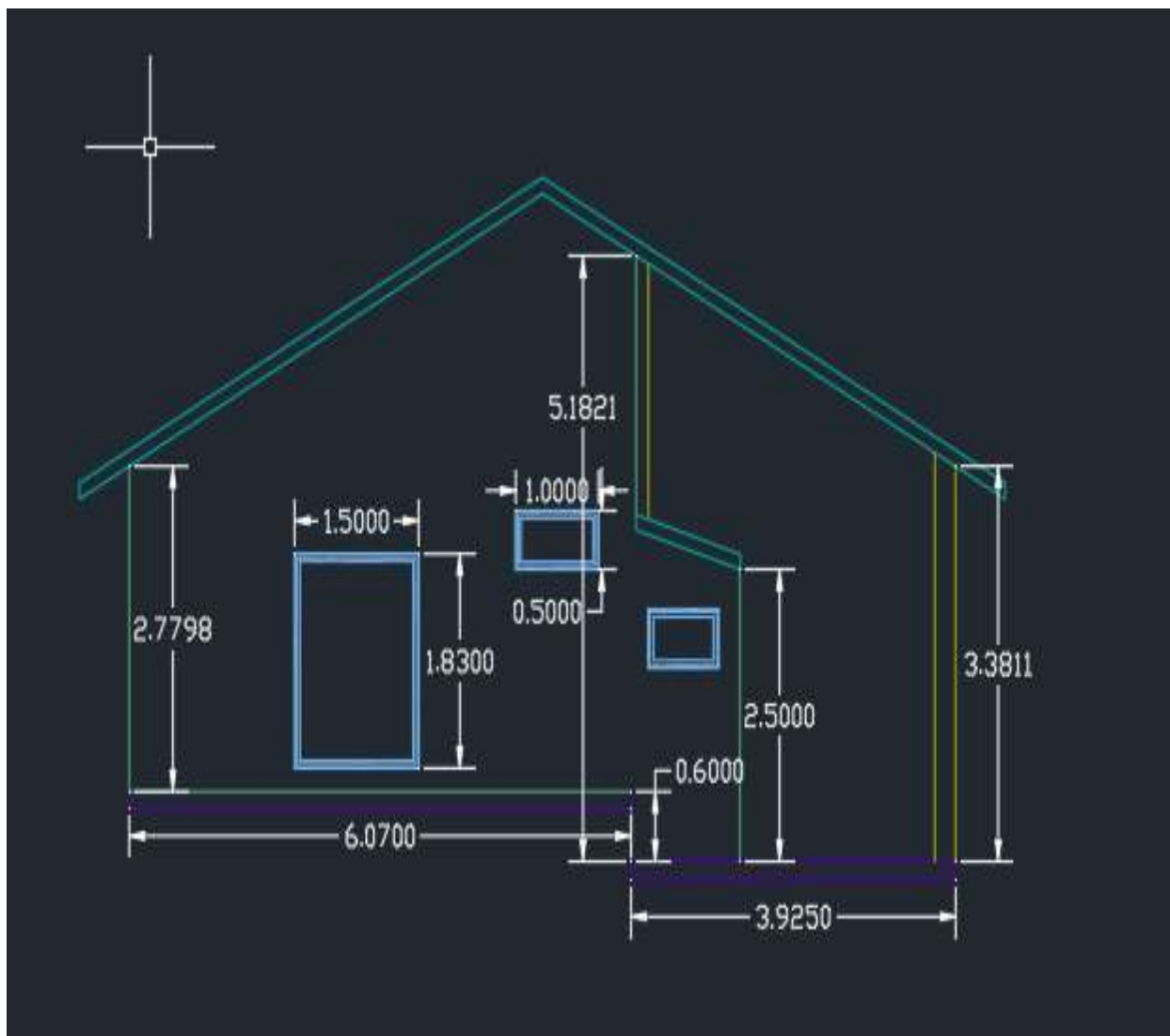
Fuente: Elaboración propia.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

## Anexo 3. Plano Oeste de Fachada de la Casa Autosustentable.

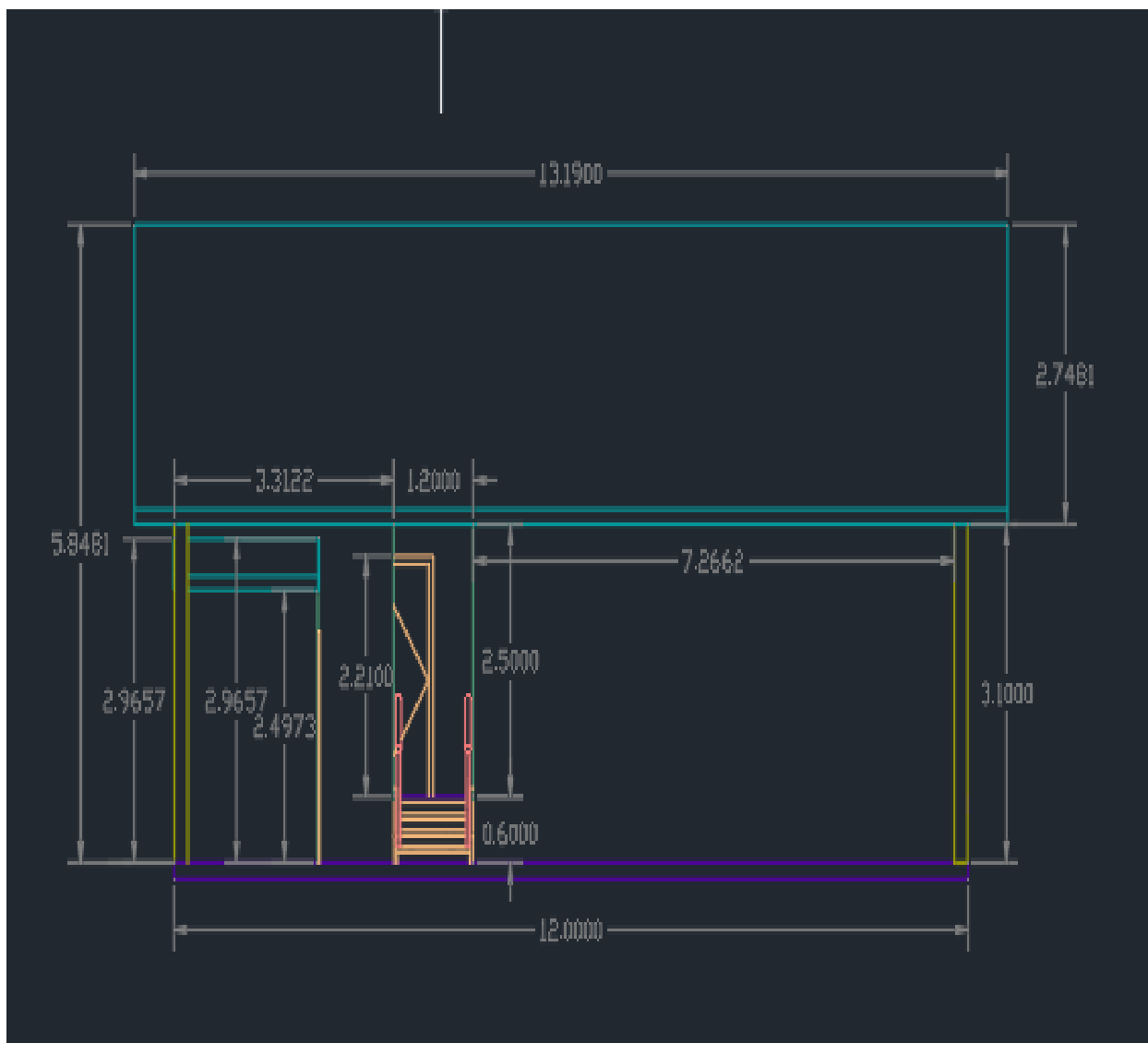
## Plano 3

*Plano Oeste de fachada de la casa autosustentable.*



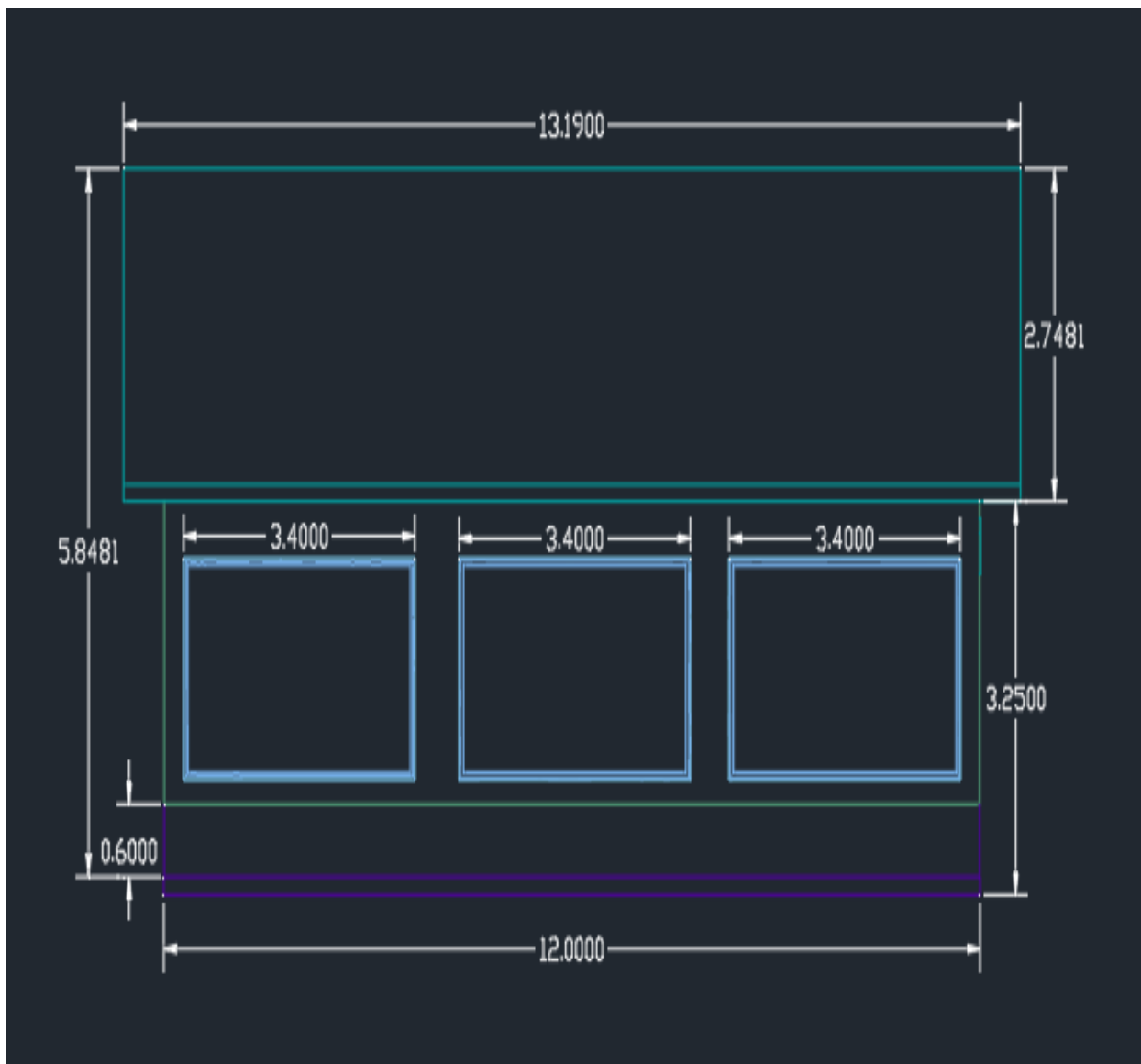
Fuente: Elaboración propia.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Anexo 4. Plano Frontal de Fachada de la Casa Autosustentable****Plano 4***Plano Frontal de Fachada de la Casa Autosustentable*

Fuente: Elaboración propia.

## Ensamble de una vivienda autosustentable

**Anexo 5. Plano Trasero de Fachada de la Casa Autosustentable.***Plano 5**Plano Trasero de Fachada de la Casa Autosustentable.*

Fuente: Elaboración propia.