

# 2015

## MODELO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN VIVIENDA UNIFAMILIAR



**VERÓNICA PATRICIA RESTREPO  
MARTÍNEZ**

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
PROGRAMA DE ARQUITECTURA

18/06/2015

**Aplicado en el Municipio de  
Duitama**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE ARQUITECTURA**



Trabajo de grado para optar por el título de Arquitecto (a).

Título

**MODELO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA CON ENERGÍA  
SOLAR EN VIVIENDA UNIFAMILIAR**

**Aplicado en la Vereda la Pradera del Municipio de Duitama.**

Autor

**VERÓNICA PATRICIA RESTREPO MARTÍNEZ**

Director

**PhD. JEMAY MOSQUERA**

Arquitecto

Co-Director

**PhD. ARIEL REY BECERRA**

Físico Teórico

Empresa que apoya el proyecto:

**HELIOTERMICA S.A.S.**

**PAMPLONA – COLOMBIA**

**AÑO 2015**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**  
**DEPARTAMENTO DE DISEÑO**  
**PROGRAMA ARQUITECTURA**

Siendo las \_\_\_\_:\_\_\_\_ horas, del día \_\_\_\_ del mes \_\_\_\_ del año \_\_\_\_.

El jurado calificador conformado por:

Presidente:

Oponente:

Secretario:

Terminadas las deliberaciones he llegado a las siguientes conclusiones:

PRIMERA CONCLUSIÓN: OTORGAR LA CALIFICACIÓN DE

---

Aprobado, Excelente, Incompleto  
(Reg. Estudiantil Cap. VIII, Art. 90)

AL TRABAJO DE GRADO TITULADO:

**“MODELO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN VIVIENDA  
UNIFAMILIAR”**

Aplicado en el Municipio de Duitama.

Del Autor: Verónica Restrepo Martínez

Director: Jemay Mosquera, PhD en Arquitectura

Co-Director: Ariel Rey Becerra, PhD en Física Teórica

SEGUNDA CONCLUSIÓN:        RECOMENDAR

1.    Recomendar para presentar en eventos científicos: \_\_\_\_\_
2.    Recomendar para publicación: \_\_\_\_\_
3.    Incluir en el fondo bibliográfico de la Universidad de Pamplona: \_\_\_\_\_
4.    Recomendar para ser continuado en otros trabajos: \_\_\_\_\_
5.    Recomendar para patente: \_\_\_\_\_
6.    Recomendar continuar como trabajo de maestría: \_\_\_\_\_
7.    Recomendar continuar como trabajo de doctorado: \_\_\_\_\_
8.    Recomendar para categoría de meritorio: \_\_\_\_\_
9.    Recomendar para categoría de laureado: \_\_\_\_\_
10.  Otras: \_\_\_\_\_

TERCERA CONCLUSIÓN:        OTORGAR

TITULO DE:

**ARQUITECTO (a)**

FIRMAS DEL JURADO:

\_\_\_\_\_

**JURADO 1**

\_\_\_\_\_

**JURADO 2**

\_\_\_\_\_

**JURADO 3**

\_\_\_\_\_

**JURADO 4**



## **MODELO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA CON ENERGÍA SOLAR EN VIVIENDA UNIFAMILIAR**

**Aplicado en la Vereda la Pradera del Municipio de Duitama.**

## DEDICATORIA:

*A mis padres, y hermanos, para quienes no tengo palabras de agradecimiento que describan su amor, fueron ustedes mi mayor foco de inspiración y fortaleza para lograr todo lo que hasta ahora soy.*

*Gracias.*

## AGRADECIMIENTOS.

*Por su compromiso y disposición, a los Docentes Jemay Mosquera y Ariel Becerra, quienes fueron un soporte académico fundamental para llevar a cabo la investigación del proyecto, y a la empresa Heliotermica S.A.S por haber facilitado material técnico de instalación y datos sobre la energía solar; a todos los docentes del departamento de Arquitectura, gracias por los conocimientos que sin duda me aportaron y la sabia orientación con la que me guiaron para lograr el objetivo de mi formación.*

## RESUMEN

La problemática energética mundial ha empezado a ocupar los primeros lugares en muchas áreas del conocimiento, particularmente en la arquitectura. La optimización del uso de la energía es fundamental para cualquier desarrollo que tenga que ver directamente con esta. El presente trabajo está enfocado en realizar un modelo arquitectónico de optimización energética utilizando propiedades de la ingeniería solar para viviendas unifamiliares que revele las pautas y modos de aplicación de la energía solar pasiva y energía solar activa. El diseño de un modelo unifamiliar se elaborará teniendo presente las condiciones del entorno (clima, topografía, orientación, vientos) y las necesidades energéticas de la vivienda. A partir de estas variables se realizará el diseño que contempla los parámetros arquitectónicos como orientación, tipo de materiales y forma de construcción, necesarios para alcanzar las metas de optimización energéticas planteadas al principio. Finalmente se presenta un diseño de vivienda unifamiliar energéticamente autosostenible que utiliza la energía solar pasiva para disminuir pérdidas térmicas y ganar energía, y la energía solar activa como fuente complementaria de consumo energético tanto de necesidades térmicas como eléctricas. Se analiza la conductividad térmica de algunos materiales de construcción y la forma de utilización para conseguir energía pasiva. La vivienda cuenta con elementos de confort como piso térmico, piscina, red eléctrica y agua caliente sanitaria, todos ellos con fuente de energía limpia.

**Palabras claves:** Energía solar, criterios de sostenibilidad, arquitectura bioclimática, panel solar, energía fotovoltaica, energía solar térmica, aislamiento térmico.

## ABSTRACT

The global energy problematic begins to appear at first places in discussions in many areas of knowledge, particularly in architecture. Optimizing the use of energy is crucial for any development related with energy consumption. This paper is focused on study and elaboration of an architectural model for energy optimization using solar engineering for a homestead, taking into account the application of passive and active solar energy in its different forms. In this way, the model is developed considering environmental conditions (climate, topography, orientation, wind speed) and energy needs of the house. Starting from these variables, an architectural design is done taking into consideration some parameters such as orientation, type and form of construction materials needed to achieve the goals of energy optimization initially planned. As results a design of an energetically self-sustaining house is presented using passive solar energy to reduce heat losses and gain energy, and active solar energy as a complementary source of energy in terms of thermal and electrical needs. The thermal conductivity of some building materials and its application for passive energy is analyzed. This house model contains decisive elements as thermal comfort floor, pool heating, electricity and hot water, all of this supplied with clean energy.

**Keywords:** Solar energy, sustainability criteria, bioclimatic architecture, solar energy, photovoltaic, solar thermal, thermal isolation.



## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	11
LISTA DE GRÁFICOS	11
LISTA DE MAPAS	11
LISTA DE PLANOS	12
INTRODUCCIÓN	13
1. CONCEPTUALIZACIÓN Y FORMAS DE APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR	19
1.1 CONCEPTOS BASICOS TECNICOS DE LA ENERGÍA SOLAR	19
1.2 ENERGÍA SOLAR PASIVA Y APLICACIONES	22
1.2.1 ENERGÍA SOLAR ACTIVA	26
1.2.2 TIPOS DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.	27
1.2.3 ENERGIA SOLAR TÉRMICA	31
1.2.4 COLECTORES TÉRMICOS PLANOS	31
1.2.5 COLECTORES TÉRMICOS DE TUBOS AL VACÍO	34
1.3 CALENTAMIENTO DE AGUA PARA PISCINAS	37
1.4 CALEFACCIÓN DE AMBIENTE CON COLECTORES SOLARES TÉRMICOS	43
1.5 TRANSFERENCIAS DE CALOR POR MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.	44
1.5.1 CARACTERISTICAS DE LOS MUROS CONVENCIONALES	46
1.5.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MUROS CON AISLAMIENTO TÉRMICO	46
1.5.3 VENTANAS CON DOBLE ACRISTALAMIENTO PARA LA RUPTURA DEL PUENTE TÉRMICO	48
1.6 TENDENCIAS MUNDIALES	50
1.6.1 UNIÓN ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA	50
1.6.2 TENDENCIA ARQUITECTÓNICA HABITACIONAL CON ENERGÍA SOLAR	52
1.7 REFERENES O HISTORIAL DE LA ENERGÍA SOLAR	55
1.7.1 REFERENTES DE APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA	59
1.7.2 APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN VIVIENDAS EN EL MUNICIPIO DE DUITAMA	61
1.7.3 ASPECTOS NEGATIVOS DE APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS	62
1.8 NORMATIVA GENERAL INTERNACIONAL RELACIONADA CON LA PROPUESTA Y OBJETIVOS DEL MILENIO.	63
1.9 NORMAS Y LEYES QUE RIGEN EN COLOMBIA	64
2. ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA DESTACANDO LAS gENERALIDADES DEL ENTORNO	67
2.1 GENERALIDADES DE LA ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA	67
2.2 CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO	71
2.3 LOCALIZACIÓN	71
2.4 UBICACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE BOYACA	72

2.5	UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE DUITAMA _____	72
2.6	UBICACIÓN DE LA VEREDA LA PRADERA _____	73
2.7	CARACTERIZACIÓN GEOGRAFICA _____	74
2.8	ASPECTOS GENERALES DE DUITAMA _____	77
2.9	ESCALAS DE APROXIMACIÓN AL TERRITORIO _____	78
3.	DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE VIVIENDA CON ENERGÍA SOLAR _____	82
3.1	PRINCIPIOS DE DISEÑO _____	82
3.2	ESTRATEGIAS EXTERNAS _____	83
3.3	ESTRATEGIAS INTERNAS _____	84
3.4	ESTRATEGIAS DE DISEÑO _____	85
3.5	DISEÑO FORMAL Y ESPACIAL _____	87
3.5.1	CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ASOLACIÓN EN LA TIERRA. _____	88
3.5.2	PROCESO DE DISEÑO _____	89
3.6	OPERATIVIDAD Y FUNCIONALIDAD _____	91
3.7	ESTÉTICO _____	91
3.8	ESTRATEGIAS TECNICAS Y CONSTRUCTIVAS _____	92
3.8.1	COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE MATERIALES. _____	92
3.8.2	CÁLCULO DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LA VIVIENDA _____	99
3.8.3	CÁLCULO DE COLECTORES TÉRMICOS PARA CALENTAR EL AGUA DE LA VIVIENDA _____	100
3.8.4	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MURO COLECTOR DE AGUA _____	101
3.8.5	CESIONES DE LA VIVIENDA _____	102
3.8.6	PROGRAMA DE NECESIDADES DE LA VIVIENDA _____	103
3.8.7	MATRIZ DE RELACIONES _____	104
3.8.8	PROYECTO ARQUITECTÓNICO _____	105
3.9	RESULTADOS _____	125
3.9.1	CONCLUSIONES GENERALES _____	125
3.9.2	RECOMENDACIONES _____	127
3.9.3	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS _____	128

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1: Imágenes de la radiación solar en la Tierra.</i> _____	20
<i>Ilustración 2. Esquema de aplicación en la arquitectura solar pasiva.</i> _____	24
<i>Ilustración 3. Panel Solar Monocristalino.</i> _____	27
<i>Ilustración 4. Panel Solar Multicristalino.</i> _____	27
<i>Ilustración 5. Panel Solar Amorfo.</i> _____	28

<i>Ilustración 6. Características del panel solar Fotovoltaico.</i>	29
<i>Ilustración 7. Sistema Aislado o Autónomo con energía solar.</i>	30
<i>Ilustración 8. Sistema de autoconsumo con energía solar</i>	31
<i>Ilustración 9. Características de colectores solares planos.</i>	32
<i>Ilustración 10. Colector solar no protegido y recursivo.</i>	33
<i>Ilustración 11. Características de los tubos de vacío de vidrio.</i>	34
<i>Ilustración 12. Colectores de tubo evacuado.</i>	35
<i>Ilustración 13. Sistema presurizado y no presurizado solar.</i>	35
<i>Ilustración 14. Tanques para almacenar el agua.</i>	36
<i>Ilustración 15. Tanque presurizado compacto.</i>	36
<i>Ilustración 16. Pérdidas de calor de piscinas.</i>	38
<i>Ilustración 17: Piscina semiolímpica con energía solar en Sogamoso Boyacá, instalado por Heliotermica S.A.S.</i>	39
<i>Ilustración 18: Piso radiante.</i>	43
<i>Ilustración 19. Calefacción solar con piso radiante.</i>	43
<i>Ilustración 20. Modelo de vivienda con calefacción solar.</i>	44
<i>Ilustración 21: Ladrillo macizo.</i>	46
<i>Ilustración 22: Ladrillo hueco.</i>	47
<i>Ilustración 23: Aislamiento en muros.</i>	47
<i>Ilustración 24: Ventanas con doble acristalamiento.</i>	48
<i>Ilustración 25. Parque fotovoltaico de Navarra España.</i>	51
<i>Ilustración 26. Vecindario accionado con energía solar.</i>	52
<i>Ilustración 27. Casas con energía solar.</i>	53
<i>Ilustración 28. Horno solar Lavoisier 1792.</i>	56
<i>Ilustración 29. Central de destilación en el desierto Atacama (Chile), por Charles Wilson 1874.</i>	57
<i>Ilustración 30. Cocina solar de Auguste Mouchot 1861.</i>	57
<i>Ilustración 31. Turbina alimentada con energía solar de Auguste Mouchot en la exposición internacional de Paris 1878.</i>	58
<i>Ilustración 32. Imprenta accionada con energía solar de Abel Pifre.</i>	58
<i>Ilustración 33. Sistema fotovoltaico de 3.4 kwp, del Oleoducto Caño Limoncoveñas, en operación desde hace 20 años, instalado por Centro las Gaviotas Colombia.</i>	59
<i>Ilustración 34. Vista de los 1250 colectores solares instalado por el centro las Gaviotas ha mediado de los ochenta en Ciudad Salitre, en Bogotá, Urbanización del Banco Central Hipotecario.</i>	60
<i>Ilustración 35. . Sistema de colectores solares para calentar 300.000 litros de agua en una piscina semi-olímpica en Sogamoso Boyacá, año 2014 instalado por Heliotermica.</i>	60
<i>Ilustración 36. . Instalación de sistemas térmicos en Argos Sogamoso, año 2013 instalado por Heliotermica.</i>	61
<i>Ilustración 37: Sistemas instalados en Duitama Boyacá.</i>	61
<i>Ilustración 38. Ubicación del departamento de Boyacá.</i>	72
<i>Ilustración 39: Ubicación del Municipio de Duitama</i>	73
<i>Ilustración 40. Localización Vereda la Pradera, municipio de Duitama.</i>	74
<i>Ilustración 41: Geografía Vereda la Pradera.</i>	75
<i>Ilustración 42: Ubicación del lote.</i>	75
<i>Ilustración 43: Localización de viviendas vecinas al lote.</i>	76
<i>Ilustración 44: Identificación del lote, asolación y vientos.</i>	86
<i>Ilustración 45: Ubicación de la vivienda en el lote.</i>	86

<i>Ilustración 46: características topográficas del lote.</i>	87
<i>Ilustración 47: Asolación General de la Tierra.</i>	88
<i>Ilustración 48: Muro convencional con ladrillo hueco.</i>	94
<i>Ilustración 49: Muro con aislamiento térmico.</i>	95
<i>Ilustración 50: Muro convencional con un solo vidrio.</i>	97
<i>Ilustración 51: Muro aislado con doble vidrio.</i>	98
<i>Ilustración 52: Muro colector.</i>	101

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Consumo litros por persona.</i>	37
<i>Tabla 2: Climatización de piscina con energía solar.</i>	40
<i>Tabla 3: Presupuesto de instalación del sistema de calentamiento solar.</i>	42
<i>Tabla 4: Conductividad térmica</i>	45
<i>Tabla 5: Radiación solar en las regiones nacionales.</i>	69
<i>Tabla 6: Emisiones de gases de efecto invernadero.</i>	71
<i>Tabla 7: Matriz DOFA municipio de Duitama.</i>	78
<i>Tabla 8: Matriz DOFA, Vereda la Pradera.</i>	79
<i>Tabla 9: Matriz DOFA de estrategias externas.</i>	83
<i>Tabla 10: Matriz DOFA de estrategias internas de la vereda la Pradera.</i>	84
<i>Tabla 11: Comportamiento térmico de los materiales.</i>	92
<i>Tabla 12: Panel solar fotovoltaico.</i>	100
<i>Tabla 13: Áreas de la vivienda</i>	103
<i>Tabla 14: Ahorro comparativo en costos de la energía solar térmica para el modelo presentado.</i>	124
<i>Tabla 15: Ahorro discriminado.</i>	124

## LISTA DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1</i>	21
<i>Gráfico 2: Área de captación de los colectores solares.</i>	41
<i>Gráfico 3. Vivienda convencional y vivienda sostenible.</i>	55
<i>Gráfico 4: Aspectos generales de Duitama.</i>	77
<i>Gráfico 5: Proceso geométrico:</i>	90
<i>Gráfico 6: Matriz de relaciones de uso.</i>	104

## LISTA DE MAPAS

<i>Mapa 1: Radiación solar totales anuales.</i>	68
<i>Mapa 2: Rangos de radiación solar global en kW/ m<sup>2</sup>día.</i>	70
<i>Mapa 3: Radiación solar en Duitama.</i>	70

## LISTA DE PLANOS

<i>Plano 1: Conexión vial de Duitama con el lote. ....</i>	<i>91</i>
<i>Plano 2: localización de la vivienda en el lote. ....</i>	<i>105</i>
<i>Plano 3: Vivienda con entorno inmediato. ....</i>	<i>106</i>
<i>Plano 4: Planta del primer piso con cotas y ejes estructurales. ....</i>	<i>107</i>
<i>Plano 5: Planta segundo piso y ejes estructurales. ....</i>	<i>108</i>
<i>Plano 6: planta de cubiertas. ....</i>	<i>109</i>
<i>Plano 7: piso radiante, primer piso. ....</i>	<i>110</i>
<i>Plano 8: Planta segundo piso con suelo radiante. ....</i>	<i>111</i>
<i>Plano 9: Planta sótano cuarto de máquinas. ....</i>	<i>112</i>
<i>Plano 10: Cortes arquitectónicos. ....</i>	<i>113</i>
<i>Plano 11: Renders de la vivienda. ....</i>	<i>123</i>

## INTRODUCCIÓN

La problemática actual sobre el cambio climático que experimenta la Tierra a causa del calentamiento global conlleva a una preocupación de la humanidad para llevar a cabo cambio de actitudes y formas de vida que disminuyan el fenómeno que hoy en día se ha convertido en una de las principales inquietudes del ser humano, ya que está desestabilizando su hábitat natural, debido irónicamente a su forma de supervivencia, que contempla contaminación ambiental, deforestación, y otros factores que conducen inclusive a la extinción de otras especies que se encuentran en peligro de extinción porque su hábitat natural está transformándose aceleradamente como consecuencia del calentamiento global. Este es el caso de los osos polares, organismos marinos, y otros.

Por otra parte, la preocupación del ser humano por conseguir fuentes energéticas sostenibles para sus necesidades cotidianas hace importante la exploración y el estudio de energías alternativas y nuevos métodos de conservación de la energía. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), las reservas de combustibles fósiles representan 46 años de petróleo, 58 años de gas natural, y casi 150 años de carbón como consumo de recursos al ritmo actual. (Agency, 2011)

Existe además un recurso energético natural inagotable utilizado por la mayoría de los seres vivos y es la energía proveniente del Sol. Si se pudiese almacenar toda la energía que cae sobre la Tierra durante un año, esta abastecería el consumo de toda la humanidad por aproximadamente 6000 años, teniendo en cuenta el consumo actual de energía; sin embargo, la población en general desconoce los métodos de aplicación de la energía solar en la vida cotidiana, y principalmente en la vivienda, lo cual genera el desaprovechamiento de un recurso gratuito que puede llegar a ser determinante para el desarrollo de la vida plena.

La problemática está centrada en aportar desde el punto de vista de la arquitectura a la disminución de las causas del cambio climático y a la optimización energética de las viviendas utilizando sobre todo propiedades térmicas de los materiales y su comportamiento con el medio circundante. La ineficiente utilización de la energía y la escasa utilización de fuentes limpias conllevan a dos problemas fundamentales como son el daño al medio ambiente y la elevación de los costos energéticos para mantener una vivienda en condiciones confortables. En el presente trabajo se proponen metodologías y sistemas constructivos, que optimicen el consumo energético sin deteriorar el ambiente, empezando por su aplicación en los núcleos habitacionales. Integrar criterios de la energía solar de forma pasiva y activa en las viviendas puede llegar a ser determinante para el desarrollo y mejora de la calidad de vida, y por supuesto, no afectará, de ninguna forma la extinción de los recursos naturales.

La implementación de energía solar en arquitectura es tal vez uno de los elementos con resultados sorprendentes que todavía no ha sido descubierto hablando en términos generales y globales. Se puede afirmar que uno de los problemas más comunes por los que la población se limita a implementar este tipo de energías pueden ser los costos. Lamentablemente dentro de la estructura normativa colombiana las fuentes de energía no convencionales todavía no están reglamentadas debidamente, y por lo tanto, no pueden ser financiadas ni tampoco incentivadas como en otros países, ya que aplicarlas requiere de una fuerte inversión inicial con la que el usuario final en muchos casos no cuenta. Debido a la ausencia de estos apoyos, es difícil que estas energías lleguen a aportar significativamente a las demandas totales de la población, lo que conlleva a que estas nuevas aplicaciones se concentren solo en zonas específicas. Afortunadamente, con una buena planificación en el diseño preliminar de una vivienda y teniendo en cuenta la interacción energética vivienda-entorno, algunos criterios pueden implementarse con pocos o ningún recurso adicional, tan solo se requiere de pautas básicas del diseño solar pasivo que ayudaran a optimizar y a generar ganancias energéticas, de manera que cualquier tipo de vivienda podrá disfrutar de ambientes acogedores y confortables.

Desde un estudio de las condiciones ambientales y planificación adecuada de viviendas unifamiliares, se planteó la siguiente pregunta: ¿cómo realizar un diseño arquitectónico de vivienda unifamiliar que integre los criterios de la energía solar pasiva y activa teniendo en cuenta las condiciones ambientales del municipio de Duitama Boyacá, para fortalecer el conocimiento acerca de su aplicación y mejorar la calidad de vida de las personas?

Para aportar a la solución de la problemática se propuso como objetivo general elaborar un diseño arquitectónico modelo de vivienda unifamiliar que integre la energía solar pasiva y activa, adaptado a las condiciones climáticas y geográficas del municipio de Duitama. Los objetivos específicos estuvieron encaminados a identificar los aspectos conceptuales, técnicos y normativos relacionados con la energía solar pasiva y activa, estudiar el contexto del municipio de Duitama para jerarquizar las variables espaciales de las viviendas y proponer el diseño arquitectónico de vivienda unifamiliar que responda a las condiciones del municipio e integre los criterios de optimización energética con energía solar.

A pesar de que la energía solar es un medio de aprovechamiento energético muy antiguo, aún existe cierto desconocimiento acerca de su aplicación, principalmente en las viviendas, las cuales son una de las materialidades que más concentra el consumo de energía actual. El método hipotético deductivo por el cual se propuso demostrar la optimización con dicha energía, permitió revelar la forma más viable y conveniente de diseñar una vivienda que supliera las necesidades básicas energéticas requeridas por la familia para el desarrollo y mejora en la calidad de vida. La creación del modelo arquitectónico con energía solar pasiva y activa tuvo por objeto facilitar a la población del municipio de Duitama los conocimientos, técnicas y pautas de cómo diseñar con arquitectura responsable, es decir, que respondiera y satisficiera las necesidades energéticas

dependiendo las condiciones del clima al que estaba sometida y en armonía con el medio ambiente. Además, el proyecto pretendía impulsar la generación de conocimiento acerca de las nuevas alternativas de construcción, que formara otra visión de cómo se concibe un hábitat y entorno sostenible y responsable.

La estructura metodológica del trabajo se organizó de acuerdo a tres fases, análisis, formulación y sustentación, al mismo tiempo se desarrolló la composición del proyecto en cuatro capítulos.

En el primer capítulo, se estudian los conceptos preliminares relacionados con la energía solar pasiva “con respecto a las ganancias directas que podría tener una vivienda si se tienen en cuenta las pautas del diseño pasivo como orientación, iluminación, ventilación natural y materialidad” y la energía solar activa “que compete a todo lo relacionado a la energía proporcionada a partir de paneles o colectores solares para generación de electricidad, calentamiento de agua y calefacción de ambiente”. Además, se tuvo en cuenta una noción general de la normativa nacional e internacional relacionada con la propuesta y las tendencias y referentes arquitectónicos que muestran los aspectos negativos y positivo con respecto al trabajo de investigación.

En el segundo capítulo, se caracterizó las particularidades del sitio destacando las condiciones climáticas y topográficas y las características de la entidad territorial escogida específicamente en el área rural donde se tuvo en cuenta las características internas y externas del sitio a través de una matriz DOFA que denota Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas generales de la zona de intervención. Además, se dieron a conocer las generalidades de la energía solar en Colombia, enfatizando sobre la radiación solar que incide en la región del altiplano Cundiboyacense.

En el tercer capítulo, se analizó los aspectos sobre conductividad térmica que tiene cada uno de los materiales constructivos, y se destacó las ganancias y pérdidas de energía en la vivienda a partir de la energía solar pasiva.

Y en el cuarto capítulo, se llevó a cabo la aplicación de los criterios pasivos y activos de la energía solar en el diseño formal de la vivienda a través de una lógica de diseño amigable con el ambiente y con el sector, que revela los distintos campos de aplicación (calentamiento de agua, calefacción, y electricidad), para optimizar el uso de energía. Además, se demostró las técnicas de aplicación y funcionamiento de redes (tubería) internas e inmediatas a la vivienda.

Cabe destacar, que la creación del modelo de vivienda que integre fuentes de energías renovables no convencionales en su diseño arquitectónico, va a generar un gran impacto visual y de conocimiento en el municipio de Duitama y en toda la región Cundiboyacense, ya que la mayoría de estas regiones son de clima frío, por lo cual, se hace necesario aplicar



nuevos métodos de construcción que no solo satisfagan las necesidades de las personas, sino también que contribuyan a el equilibrio medioambiental.

Por todo lo anterior, se hace necesario enfocar las investigaciones y las aplicaciones energéticas hacia el consumo sostenible de la energía. La arquitectura tiene un rol importante en esta problemática, pues una gran parte del consumo energético de la humanidad está concentrado en el núcleo habitacional. Precisamente es allí en donde en gran parte puede tener aplicación la energía solar.

De esta manera, al final del documento, se presentan las principales conclusiones y recomendaciones encaminadas a valorar los resultados obtenidos y a capitalizar las posibilidades de su efectiva implementación.

Cada uno de los objetivos se cumplió en la estructura capitular del trabajo, lo que género como resultado el principal objetivo que era modelar una vivienda que reflejara criterios de aplicación de la energía solar pasiva y activa para ser autónoma y autosuficiente, además de integrar ciertas pautas para responder a las condiciones climáticas y geográficas de la entidad territorial escogida, todo ello en pro del mejoramiento integral del desarrollo energético doméstico y la calidad de vida.

Algunas de las estrategias se pueden llevar a cabo a través de la implementación de pautas de diseño solar pasivo como metodología de construcción para la arquitectura bioclimática y sustentable, estas directrices no aplican para todos los casos, pues se debe considerar las condiciones de cada sitio en donde se desee diseñar o construir, como por ejemplo: la ubicación, forma y orientación de las fachadas de la vivienda, distribución espacial, la elección de materiales de construcción (muros de agua, que funcionan como elementos de climatización; muros de aire que pueden servir como aislante térmico) entre otros.

Estos nuevos métodos brindan grandes ventajas como autonomía en la vivienda, independencia energética, y confort. En ocasiones se recomienda acompañarlos con sistemas activos, y elementos que aumenten los efectos de climatización, como es el caso de los colectores solares.

Por otra parte, la implementación de estos productos tienen una gran particularidad y es el incremento en el costo de la construcción, lo cual puede oscilar entre el 5-15% de su valor total, sin embargo esto a su vez valoriza la vivienda. Muchos consideran que esta inversión inicial es una de las desventajas de la energía solar tanto pasiva como activa, así como también se convierte en una desventaja el desconocimiento técnico y las bondades de la energía solar por parte de los constructores y de los propietarios de las viviendas en la mayoría de los casos.

Para llevar a cabo el estudio de los factores que optimizarían el desempeño general de una vivienda complementada con un sistema de energía totalmente independiente es necesario llevar a la sociedad los conocimientos necesarios de cómo se concibe la función y la forma de un diseño arquitectónico para una vivienda, que cumplen con criterios tales como la construcción con materiales naturales, materiales de cambio de fase, energías limpias, estructuras ergonómicas, espacios adaptados a las necesidades particulares de las familias, relaciones armónicas espacio-persona y construcción.-entorno, entre otras. Los métodos de construcción mencionados deben ser utilizados de la manera más óptima de acuerdo a las características naturales del sitio.

Establecer ciertos cambios en la dinámica cotidiana para el mañana deberá ser el propósito del hombre, pero es obligatorio empezar la formulación de los lineamientos que llevarán a cabo la realidad de las nuevas formas de habitabilidad en la vivienda y en el entorno y/o paisaje, estos criterios son precisamente los que se fortalecen para sacar provecho de la naturaleza sin que esta sea afectada.

En la región latinoamericana, a pesar de las ventajas solares con respecto a otras regiones del mundo, se observa en términos generales que estos conocimientos no son aplicados en las viviendas, posiblemente por su ausencia entre la gente del común. Particularmente en Colombia es escasa la aplicación de la energía solar aunque últimamente se observa una implementación progresiva pero que aún no es suficiente para mejorar las condiciones de habitabilidad de las personas.

El altiplano Cundiboyecense se caracteriza por ser una zona fría en términos generales, pero con radiación solar de 4,5 horas sol por día, siendo una hora sol =  $1 \text{ kW/m}^2$ , por lo que esta zona se convierte en potencial para su aplicación especialmente en el tema de energía solar térmica.

En el presente proyecto se analizó las condiciones climáticas generales de Duitama, la aplicación de energía solar sin planificación y se presentó un modelo de vivienda unifamiliar con algunas técnicas que conducen a un óptimo aprovechamiento de la energía solar tanto pasiva como activa.



# Capítulo I

## CONCEPTUALIZACIÓN Y FORMAS DE APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR

## **1. CONCEPTUALIZACIÓN Y FORMAS DE APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR**

Este capítulo enmarca brevemente todos los conceptos y especificaciones básicas de la energía solar, las formas de aprovechamiento de la radiación solar y referenciación de algunos autores en el proceso de la utilización de la energía solar como medio de aprovechamiento de la energía.

En vista de que la zona Cundiboyecense tiene particularidades por su clima frío y relativamente alta radiación solar, el Municipio de Duitama como lugar de investigación para el proyecto presenta todas las oportunidades de aplicación de la energía solar en viviendas sobre todo en el tema térmico, dando la posibilidad de adecuar la vivienda a las condiciones climáticas locales aplicando el conocimiento relacionado con comportamiento térmico de los materiales de construcción.

En la actualidad las nuevas construcciones de viviendas no se encuentran adaptadas a las condiciones climáticas y topográficas del municipio lo que indica un desaprovechamiento energético. Algunas viviendas han implementado soluciones solares sin tener una previa planificación espacial. Se propone un modelo de vivienda que pretende mostrar a los constructores nuevos enfoques en el diseño arquitectónico integrado con la energía solar pasiva y activa.

### **1.1 CONCEPTOS BASICOS TECNICOS DE LA ENERGÍA SOLAR**

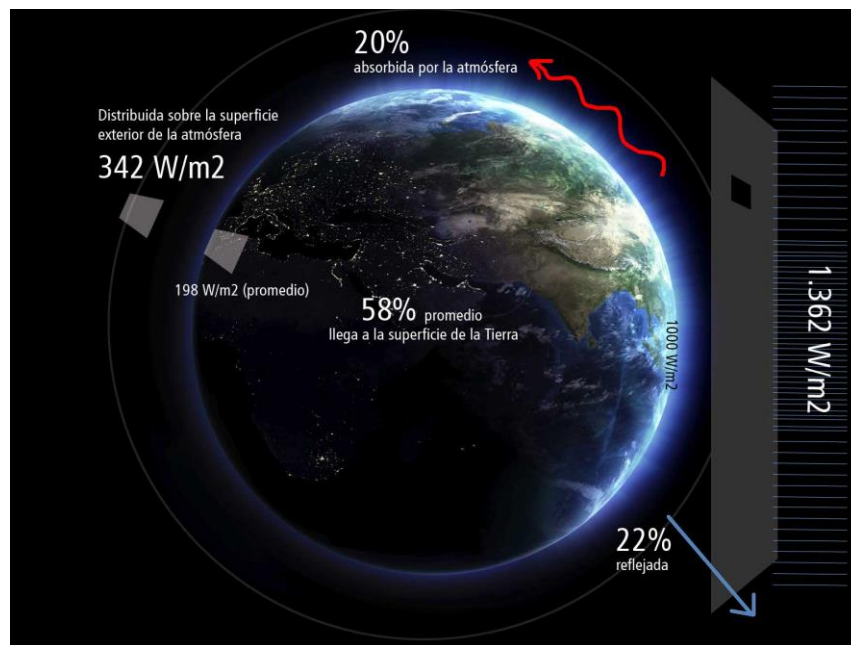
No toda la radiación proveniente del Sol y del espacio exterior llega hasta la superficie terrestre, de hecho menos de una tercera parte lo hace. Diariamente salen del Sol 62 millones de  $\text{W/m}^2$  de energía por segundo, de los cuales  $1367 \text{ W/m}^2$  llegan a la Tierra; este valor es conocido como insolación o constante solar. Luego, la radiación solar atraviesa la atmósfera y debido a que la mitad de la esfera terrestre se encuentra expuesta a la radiación solar, ese valor suele dividirse entre 4 para obtener una radiación incidente promedio de  $342 \text{ W/m}^2$ . Esta energía se distribuye de la siguiente manera, también en valores promedio:

- $77 \text{ W/m}^2$  (22%) es reflejada de nuevo al espacio por la atmósfera.
- $67 \text{ W/m}^2$  (20%) es absorbida por la atmósfera.
- $198 \text{ W/m}^2$  (58%) atraviesa la atmósfera y llega a la superficie terrestre, de los cuales aproximadamente la mitad (29%) como radiación difusa (por efecto de la misma atmósfera) y la otra mitad (29%) como radiación directa (que atraviesa la atmósfera prácticamente sin interferencia).

Ahora bien, de los 198 W/m<sup>2</sup> que llegan a la superficie terrestre, tanto en forma de radiación<sup>1</sup> difusa como directa, 30 W/m<sup>2</sup> (9%) son reflejados y 168 W/m<sup>2</sup> (49%) son absorbidos por la misma. De toda esta energía el 20% es aprovechado por los equipos de paneles solares fotovoltaicos para generación de energía eléctrica, mientras que los sistemas de colectores térmicos solares para calentamiento<sup>2</sup> de agua aprovechan en un 80% la radiación difusa o directa que atraviesa la atmosfera, lo que hace posible una gran autonomía para muchos proyectos.



El Sol es aproximadamente 330.000 veces más grande que la Tierra



**Ilustración 1: Imágenes de la radiación solar en la Tierra.**

Fuente: Tomado de imágenes trabajadas Heliotermica S.A.S.

<sup>1</sup> Radiación solar en la Tierra: Esta radiación es aprovechada para generación de energía y sostenimiento de cualquier índole.

<sup>2</sup> Aprovechamiento de la energía en paneles fotovoltaicos y térmicos: Los sistemas fotovoltaicos capturan la energía solar para generar electricidad, y los térmicos capturan la radiación solar generando calor, el cual es conducido por tuberías para calentar el agua.

Según la Agencia Internacional de Energía, (IEA), si la humanidad recolectara la energía por un año a partir de los siguientes recursos, habría energía suficiente según el consumo del ritmo actual.

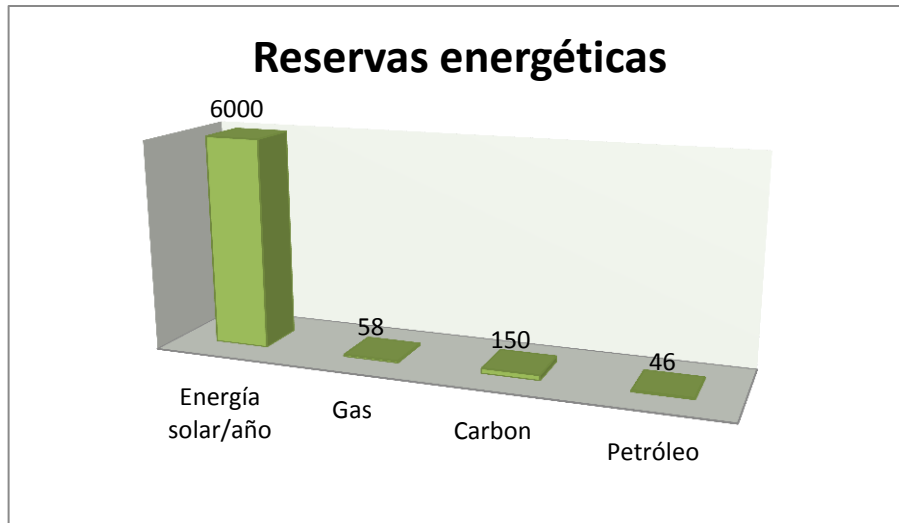


Gráfico 1.

Fuente: Elaboración propia, a partir de la Agencia Internacional de Energía (IEA).

La preocupación del ser humano por conseguir fuentes energéticas sostenibles para sus necesidades cotidianas hace importante la exploración y el estudio de energías alternativas y nuevos métodos de conservación de la energía. La energía solar se caracteriza por ser una fuente energética renovable, limpia y disponible casi en

Dentro de las posibilidades de aplicación de la energía solar se tienen en cuenta alguna de sus ventajas y desventajas:

#### VENTAJAS

- Aporta un valor agregado en la construcción.
- Independencia energética.
- Disminución de costos en servicios.
- Este tipo de energía no contamina.
- La energía solar es una fuente inagotable de energía.
- Es más económica en zonas sin redes domiciliarias.
- Es simpaticante.
- El periodo de retorno tiene un promedio de seis años.

## DESVENTAJAS

- Acumulación
- Inicialmente requiere una fuerte inversión económica.
- En algunos casos el espacio para los colectores o paneles representa un problema
- Escasa disponibilidad de la energía solar en el mercado

## 1.2 ENERGÍA SOLAR PASIVA Y APLICACIONES

Según, (Manrique., 1817, pág. 158) el almacenamiento de energía en un sistema solar residencial pasivo usualmente se encuentra incorporado a los distintos componentes del edificio: elementos estructurales como el piso las paredes, recipientes con agua en la pared sur o sobre el techo etc. En este caso se requiere grandes volúmenes debido a que las temperaturas de almacenamiento son relativamente bajas, usualmente menores de 40°C. Si se permite que la temperatura del ambiente interior fluctúe entre 18°C y 23°C a lo largo del día, por ejemplo los distintos elementos del edificio pueden absorber energía durante el periodo de soleamiento, y posteriormente cederla durante la tarde o la noche. Así un piso de concreto de 120 m<sup>2</sup> de superficie y 15 cm de grosor, expuesto al sol puede almacenar aproximadamente 194 MJ de energía con un incremento de temperatura igual a 5°C, lo suficiente para suministrar toda la carga térmica de una casa o habitación bien aislada. Obviamente el piso debe estar expuesto a la radiación solar tanto como sea posible y estar aislado térmicamente.

Por otra parte el conjunto de técnicas dirigidas al aprovechamiento de la energía solar de forma directa, sin transformarla en otro tipo de energía, para su utilización inmediata o para su almacenamiento sin la necesidad de sistemas mecánicos ni aporte externo de energía, aunque puede ser complementada.

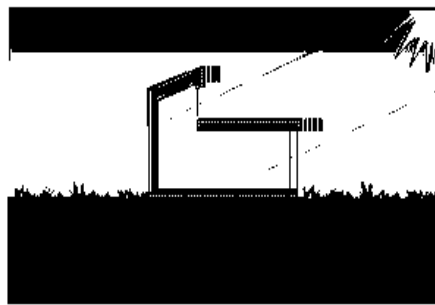
Existen ciertas pautas en el diseño pasivo como iluminación y ventilación natural, aprovechamiento de la luz solar para la producción de cultivos y métodos que armonizan la necesidad del ser humano con la arquitectura.

El origen del término pasivo proviene del libro “Passive Solar Energy” de (Mazria, 1979, pág. 27). Donde se exponen las experiencias de ganancias en viviendas que minimizan el uso de sistemas convencionales de calefacción y refrigeración aprovechando las condiciones climáticas y de asoleamiento de cada sitio.

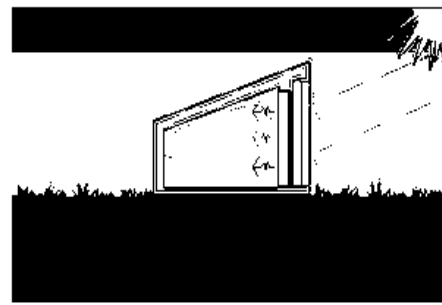
La expresión "pasivo" se usa para definir el principio de captación, almacenamiento y distribución capaz de funcionar solos, sin aportaciones de energía exterior y que implica unas técnicas sencillas, sin equipos.

El libro energía solar pasiva estudia una serie de elementos, que son determinantes para llevar a cabo el desarrollo de edificaciones con criterios de la energía pasiva: el Sol y la Tierra, origen del Sol, radiación Solar, atmósfera terrestre y radiación, radiación y materia, reflexión, transmisión y absorción, generalidades sobre el calor, intercambio térmico, almacenamiento de calor, sistemas solares pasivos, sistemas de calefacción solar, aportes directos, muro de acumulación térmica, muro de almacenamiento térmico con agua, aportes indirectos, muros de obra para almacenamiento térmico, sistema de calefacción, invernaderos adosados, cubiertas estanque, ciclo de refrigeración, aportes independientes, ventajas e inconvenientes de los sistemas solares pasivos, pautas de diseño, utilización de las pautas, ubicación del edificio, recomendación, información, forma y orientación del edificio, distribución interior, protección de la entrada, situación de las ventanas, elección del sistema, muros de captación y acumulación térmica, invernaderos adosados, cubiertas estanques materiales adecuados, ventanas captoras.  
([https://archive.The\\_Passive\\_Solar\\_Energy\\_Book.org](https://archive.The_Passive_Solar_Energy_Book.org))

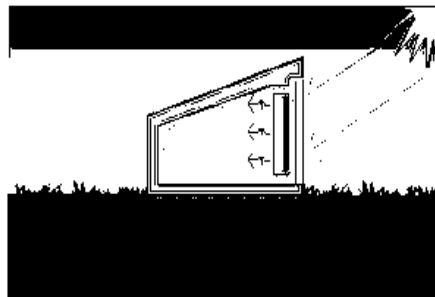




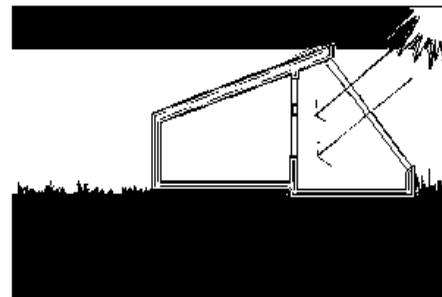
Ganancia directa



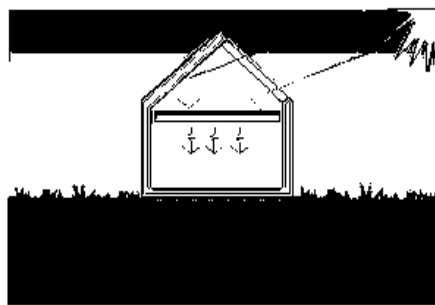
Muro de acumulación no ventilado



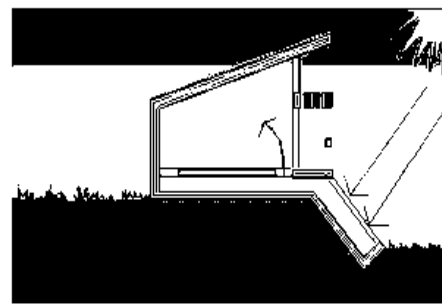
Muro de acumulación ventilado



Invernadero adosado



Techo de acumulación



Captación solar y acumulación calor

Ilustración 2. Esquema de aplicación en la arquitectura solar pasiva.

Fuente: Tomado de <https://www.Esquema+de+aplicaci%C3%B3n+en+la+arquitectura+solar+pasiva.&e>

**Ganancia directa:** es el sistema más sencillo e implica la captación de la energía del sol por superficies vidriadas, que son dimensionadas para cada orientación y en función de las necesidades de calor del edificio o local a climatizar. (<https://archive.The Passive Solar Energy Book.org>)

**Muro de acumulación no ventilado:** también conocido como muro trombe, que es un muro construido con piedra, ladrillos, hormigón o incluso agua, pintado de negro o color muy oscuro por la cara exterior. Para mejorar la captación se aprovecha una propiedad del

vidrio que es generar efecto invernadero, por el cual la luz visible ingresa y al tocar el muro lo calienta, emitiendo radiación infrarroja, la cual no puede **atravesar el vidrio**. Por este motivo se eleva la temperatura de la superficie oscura y de la cámara de aire existente entre el muro y el vidrio. (<https://archive.The Passive Solar Energy Book.org>)

**Muro de acumulación ventilado:** similar al anterior pero que incorpora orificios en la parte superior e inferior para facilitar el intercambio de calor entre el muro y el ambiente mediante convección. (<https://archive.The Passive Solar Energy Book.org>)

**Invernadero adosado:** en este caso al muro que da al mediodía se le incorpora un espacio vidriado, que puede ser habitable, mejorando la captación de calor durante el día, reduciendo las pérdidas de calor hacia al exterior. (<https://archive.The Passive Solar Energy Book.org>)

**Techo de acumulación de calor:** en ciertas latitudes es posible usar la superficie del techo para captar y acumular la energía del sol. También conocidos como estanques solares requieren de complejos dispositivos móviles para evitar que se escape el calor durante la noche. (<https://archive.The Passive Solar Energy Book.org>)

**Captación solar y acumulación calor:** es un sistema más complejo y permite combinar la ganancia directa por ventanas con colectores solares de aire o agua caliente para acumularlo debajo del piso. Luego, de modo similar al muro acumulador ventilado, se lleva el calor al ambiente interior. Adecuadamente dimensionado permite acumular calor<sup>3</sup> para más de siete días. (<https://archive.The Passive Solar Energy Book.org>)

Las pautas de la energía solar debe requerir una utilización y distribución formal en las unidades habitacionales para llevar a cabo su instalación, estas además son bien aprovechadas si se implementan en viviendas cuyos principios de construcción estén bajo la norma técnica y criterios básicos pasivos para climatización autónoma, que cumpla además con los métodos alternativos como iluminación y ventilación natural, recolección de aguas lluvias e implementación de cubiertas verdes, es decir, donde las actividades humanas están integradas al mundo natural de manera no dañina, de tal forma que den apoyo a un desarrollo humano saludable y que pueda continuar indefinidamente en el futuro.

La arquitectura con energía pasiva se caracteriza por requerir poco o ningún costo para realizar su trabajo, muy reducido para su mantenimiento y no emiten gases de efecto invernadero durante su funcionamiento. Esto no impide que haya que seguir trabajando optimizando los sistemas para obtener un mayor rendimiento y beneficio económico. El ahorro y la eficiencia en el consumo de la energía reducen el tamaño de una instalación (ya sea renovable o convencional) y redundan en un mayor beneficio económico si son criterios que se consideran desde el principio. Las tecnologías solares pasivas ofrecen importantes

---

<sup>3</sup> Es el método por el cual se recicla o se almacena energía calorífica bien sea para generar calefacción o electricidad

ahorros, sobre todo en lo que respecta a la calefacción de espacios. Combinadas con tecnologías solares activas, como la energía solar fotovoltaica, pueden convertirse, además, en una excelente fuente de ingresos.

### 1.2.1 ENERGÍA SOLAR ACTIVA

El medio de almacenamiento depende en gran medida del tipo de colector empleado. Así, el medio de almacenamiento es usualmente agua si en los colectores se hace circular un líquido. Las tecnologías utilizadas para transformar la energía solar en calor utilizable, para producir corrientes de aire para ventilación o refrigeración o para almacenar el calor para uso futuro, todo ello por medio de equipamientos mecánicos o eléctricos tales como bombas, ventiladores paneles fotovoltaicos y colectores térmicos. (Manrique., 1817, pág. 158)

Los paneles solares fotovoltaicos se caracterizan por tener una estructura interna distinta lo que garantiza su eficiencia.

El descubrimiento del efecto eléctrico<sup>4</sup> fue la base de las células solares que permite convertir la luz solar en electricidad, se atribuye al físico francés Alexandre-Edmond Becquerel en 1839. ([http://www.Efecto\\_fotoelectronico.org](http://www.Efecto_fotoelectronico.org))

Cinco décadas después, en 1883, el inventor americano Charles Fritts creó la primera célula fotovoltaica. Para ello utilizó un semiconductor de selenio con una fina capa de oro. Era un pequeño dispositivo con una eficiencia del 1%. En 1946, el ingeniero americano Russell Shoemaker patentó la célula solar moderna.<sup>5</sup> (<http://www.econotecnia.com/historia-de-los-paneles-solares.html>)

En cuanto al término "fotovoltaico", proviene del griego "photo" (luz) y del apellido del físico italiano *Alessandro Volta*, conocido por sus experimentos con electricidad y por el desarrollo de la pila eléctrica.

Luego de conocer el proceso de la energía solar fotovoltaica para la obtención de la energía eléctrica, también se observaron los criterios de implementación y funcionamiento de la energía solar térmica.

---

<sup>4</sup> Consiste en la emisión de electrones por un material cuando se hace incidir sobre él una radiación electromagnética.

<sup>5</sup> Dispositivo capaz de convertir la energía proveniente de la radiación solar en energía eléctrica

### 1.2.2 TIPOS DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.

**Monocristalinos:** obleas Monocristalinas > 10 cm. Hechas de Si, AsGa, InP, CdTe.

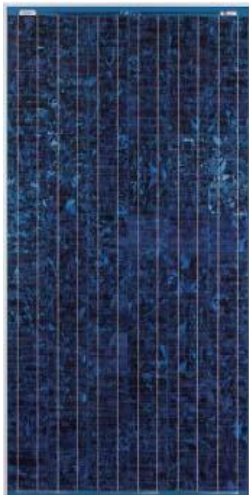


**Ilustración 3. Panel Solar Monocristalino.**

Fuente: Tomado de, <http://www.panelsolarmonocristalino.com/-de-los-paneles-solares.html>.

Los paneles fotovoltaicos Monocristalinos se caracterizan por estar hechos de cristales de Silicio, y debido a que sus películas son organizadas tienen una eficiencia del 25%.

**Multicristalinos:** cristal 1mm- 1cm.



**Ilustración 4. Panel Solar Multicristalino.**

Fuente: Tomado de, <http://www.panelsolarmulticristalino.com/-de-los-paneles-solares.html>.

Los paneles fotovoltaicos Multicristalinos se caracterizan por que su estructura molecular es desordena, lo que no permite que la radiación solar sea captada por las celdas de Silicio, sin embargo tiene una eficiencia del 20%.

**Amorfos:** hechas de Silicio.



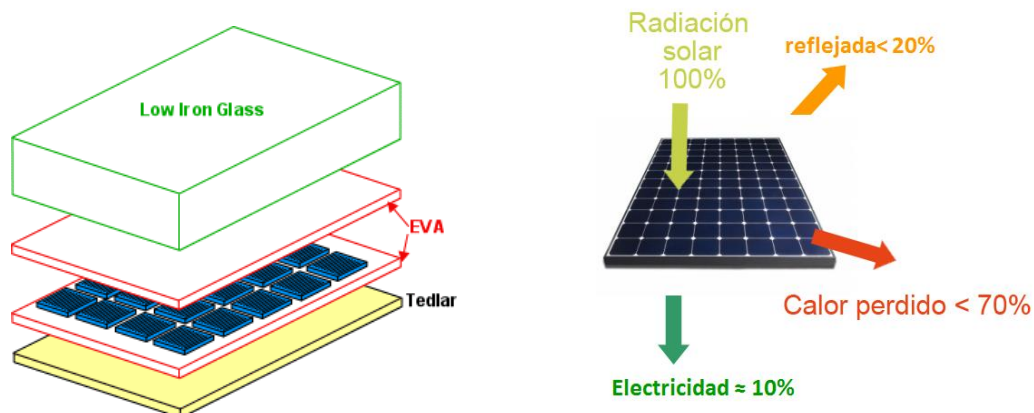
**Ilustración 5. Panel Solar Amorfo.**

Fuente: Tomado de, <http://www.panelsolaramorfo.com/-de-los-paneles-solares.html>.

Los paneles fotovoltaicos Amorfos se caracterizan por que su estructura son películas delgadas flexibles, y tienen una eficiencia del 10%.

Una de las características de la eficiencia del panel solar es que su funcionamiento es a partir de luz solar, no por calor, lo que indica que la zona de aplicación de estos equipos debe ser en donde más llegue la radiación solar pero se debe dejar los respectivos respiraderos para que circule el calor generado por la exceso de radiación.

Los paneles fotovoltaicos por lo general están sujetos al 100% de la radiación solar, un 20% de esta es reflejada, el 70% se pierde y solo un 10% de esta radiación solar atraviesa las celdas de Silicio para generar electricidad. Esta energía debe ser acumulada en baterías para que en la ausencia de la luz del día esta energía pueda ser utilizada para varios fines.



**Ilustración 6. Características del panel solar Fotovoltaico.**

Fuente: Tomado de, <http://www.celdasfotovoltaica.com/-de-los-paneles-solares.html>.

El propósito principal de encapsulación de un conjunto de celdas solares es de protegerlas y proteger sus conexiones del medio típico en que ellas van a ser usadas. Asimismo para protegerlas del agua y la corrosión de sus contactos eléctricos. Existen diferentes tipos de encapsulación dependiendo de su aplicación.

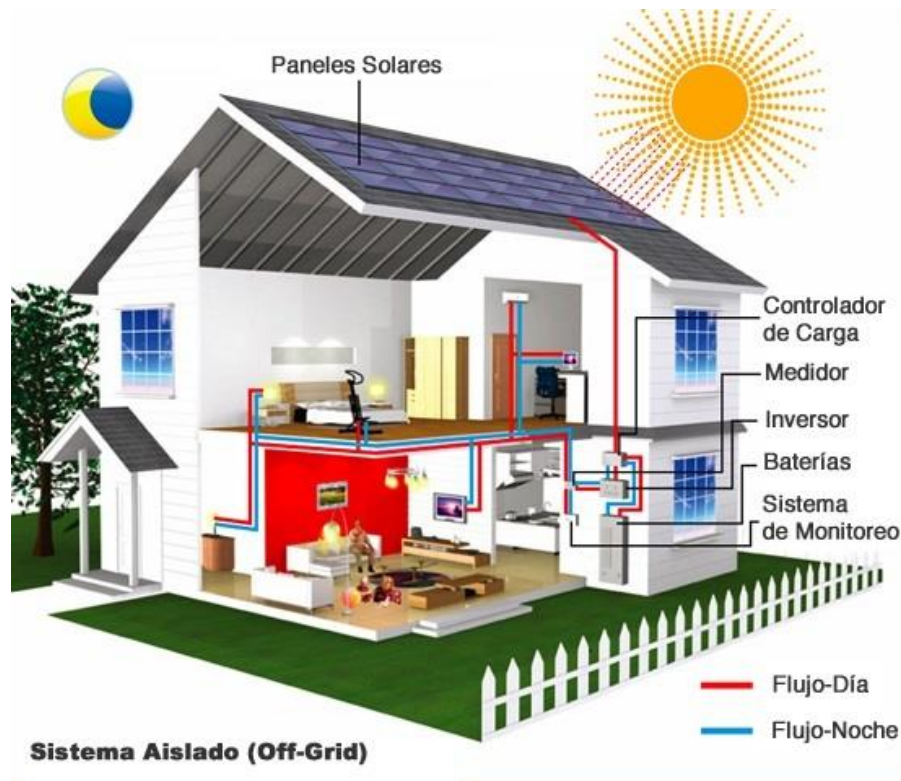
Por ejemplo las celdas amorfas de silicio son generalmente encapsuladas en materiales flexibles, mientras que las celdas cristalinas simples son encapsuladas en materiales rígidos como el vidrio.

Existen dos tipos de aplicación de la energía solar para generación de energía que son:

#### SISTEMA AISLADO

- Panel solar fotovoltaico: son los encargados de convertir la energía que cae al panel en electrones de corriente.
- Controlador o regulador solar: cumplen la función de monitorear el estado de carga del banco de baterías, controlando el proceso de conexión y desconexión entre los paneles solares, la batería y las cargas. A su vez estos reguladores protegen el banco de baterías frente a los fenómenos dañinos de sobrecarga y sobre descarga profunda los cuales disminuyen el tiempo útil de las mismas.
- Baterías: tienen como función acumular o almacenar la energía generada por los paneles fotovoltaicos, además permiten que el suministro de energía eléctrica sea correcto y continuo aun cuando la generación de potencia disminuye.

- Inversor: convierten la energía eléctrica de corriente alterna a corriente continua en el caso de los sistemas fotovoltaicos.
- Medidor: permite conocer el estado y funcionamiento de los mecanismos de generación y la cantidad de energía consumida por las cargas conectadas.
- Sistema de monitoreo: tiene como función monitorear minuciosamente las fallas que se presenten, para asegura el correcto funcionamiento en el sistema.



**Ilustración 7. Sistema Aislado o Autónomo con energía solar.**

Fuente: Tomado de, <http://www.vivienda.aislada.com/html>.

## AUTOCONSUMO

La diferencia entre este sistema de autoconsumo y el sistema aislado es que no posee un medio de acumulación o almacenamiento lo cual significa que el sistema con energía solar funciona en el día y en la noche utiliza la red pública como medio de abastecimiento.

Para instalar este sistema de autoconsumo con energía solar es necesario tener los siguientes accesorios:

- Panel solar fotovoltaico
- Regulador solar

- Inversor
- Red pública domiciliaria



**Ilustración 8. Sistema de autoconsumo con energía solar**

Fuente: Tomado de, <https://www.google.com.co/search?q=imagenes+de+casas+conectadas+a+red.html>.

Ambos sistemas representan ventajas en cuanto a optimización energética, la diferencia es que el aislado tiene ganancias mayores por tener medio de acumulación mientras que el de autoconsumo no. Por lo general este tipo de implementación se torna un poco costosa pero a largo plazo se evidencia el retorno de la inversión.

### 1.2.3 ENERGIA SOLAR TÉRMICA

Es una tecnología que aprovecha totalmente la energía proveniente del Sol de forma gratuita, sin aumentar costos de operación. Además, tiene una perfecta adaptación en todos los componentes de un sistema de calentamiento, estos sistemas tienen una vida útil de 20 a 25 años y su eficiencia es del 90%, mayor en comparación a los paneles solares fotovoltaicos.

La energía solar térmica es utilizada para calentar agua para uso doméstico o piscinas, también es utilizada en zonas de climas muy fríos para calefacción de ambiente. Existen dos tipos de colectores solares térmicos:

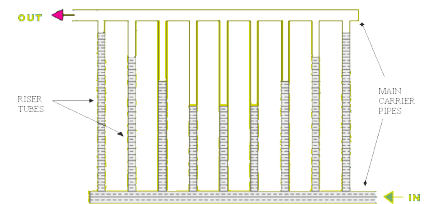
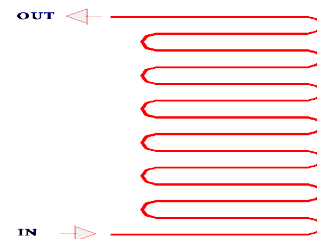
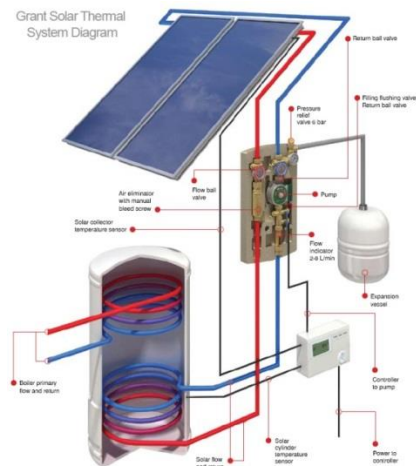
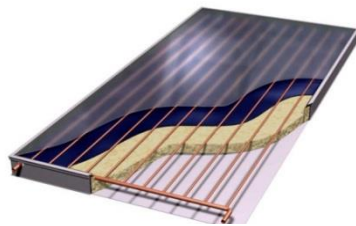
### 1.2.4 COLECTORES TÉRMICOS PLANOS

Los captadores o colectores solares planos funcionan aprovechando el efecto invernadero el mismo principio que se puede experimentar al entrar en un coche aparcado



al sol en verano. El vidrio actúa como filtro para ciertas longitudes de onda de la luz solar: deja pasar fundamentalmente la luz visible, y es menos transparente con las ondas infrarrojas de menor nivel de energía. Los captadores solares planos pueden clasificarse en tres grandes grupos:

Captadores planos protegidos: el captador se ubica en una caja rectangular, cuyas dimensiones habituales oscilan entre los 80 y 120 cm de ancho, los 150 y 200 cm de alto, y los 5 y 10 cm de grosor, si bien existen modelos más grandes. La cara expuesta al sol está cubierta por un vidrio (habitualmente templado), mientras que las cinco caras restantes son opacas y están aisladas térmicamente. Dentro de la caja, expuesta al sol, se sitúa una placa metálica, tubos delgados de cobre y aislamiento térmico generalmente en espuma de poliuretano.



**Ilustración 9. Características de colectores solares planos.**

Fuente: Tomado de [www.heliotermica.com](http://www.heliotermica.com)

Los colectores planos pueden ser presurizados y no presurizados, es decir, que los presurizados funcionan sin tener el tanque de almacenamiento del agua junto al colector, además funcionan con la presión del agua que viene desde la acometida domiciliaria. Mientras que los colectores planos no presurizados funcionan por gravedad lo que hace necesario que el tanque de almacenamiento del agua este junto al colector.

Captadores planos no protegidos: en este sistema se elimina el vidrio protector, dejando la placa expuesta directamente al ambiente exterior. Carecen también de aislamiento perimetral. Dada la inmediatez y simplicidad de este tipo de paneles, existen multitud de subvariantes tanto en formas como en materiales: conceptualmente, una simple manguera enrollada y pintada de negro es, o botellas de plástico unidas, en esencia, pueden simular un colector solar plano.



**Ilustración 10. Colector solar no protegido y recursivo.**

Fuente: Tomado de [www.heliotermica.com](http://www.heliotermica.com)

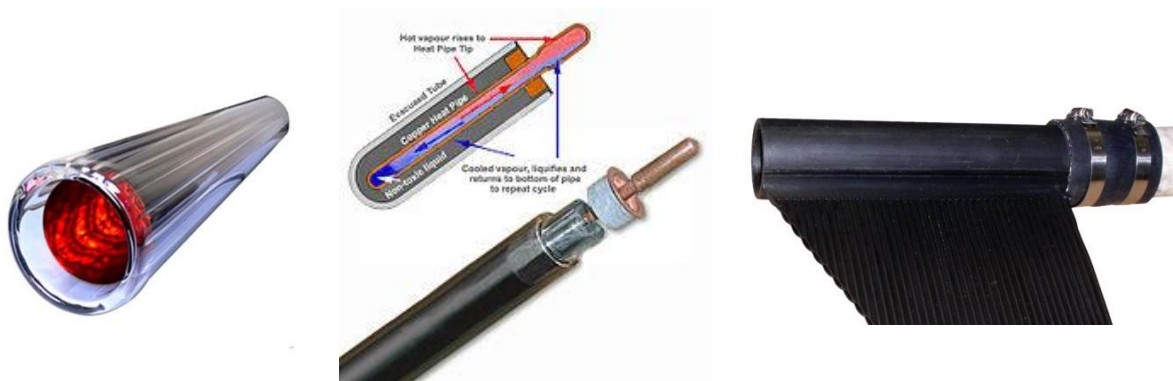
Debido a su limitada eficiencia, necesitan una superficie más grande para conseguir las prestaciones deseadas, pero lo compensan con su bajo costo.

### 1.2.5 COLECTORES TÉRMICOS DE TUBOS AL VACÍO

Estos colectores aprovechan la radiación solar por todos sus lados gracias a su forma cilíndrica. En los colectores planos existen pérdidas por convección, mientras que en los tubos, al estar aislados al vacío, estas pérdidas se reducen a valores en torno a un 5% que suponen hasta un 35% menos con respecto a los paneles planos

Los paneles de tubos suelen incorporar una placa inferior reflectante por debajo del plano de los tubos, de manera que puedan aprovechar su forma cilíndrica para absorber la energía reflejada en la placa. En general, los tubos son más eficientes en días fríos, ventosos o nubosos.

Los tubos de vacío están compuestos por un doble tubo de vidrio, entre cuyas paredes se hace un vacío muy elevado (en torno a 0,005 Pascales), y el vidrio interior suele llevar un tratamiento a base de metal pulverizado para aumentar la absorción de radiación. Las dimensiones de los tubos son similares a las de un tubo fluorescente; en torno a los 60mm de diámetro y 180cm de largo.



**Ilustración 11. Características de los tubos de vacío de vidrio.**

Fuente: Tomado de [www.heliotermica.com](http://www.heliotermica.com)

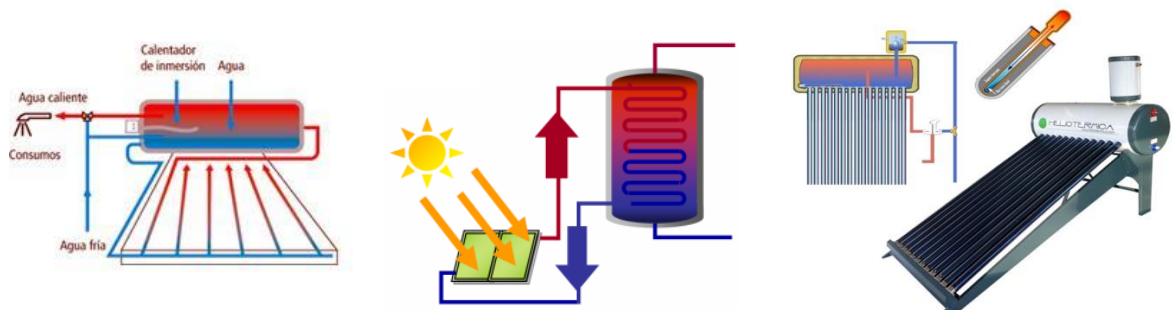
El tubo evacuado dentro de la capa de vidrio posee un tubo de cobre que se calienta con la radiación solar y este por contacto transmite el calor al agua que circula dentro del tubo que es aproximadamente de litro de agua por tubo.



**Ilustración 12. Colectores de tubo evacuado.**

Fuente: Tomado de [www.heliotermica.com](http://www.heliotermica.com)

Al igual que los colectores planos, los colectores de tubo al vacío también funcionan como sistemas no presurizados los que tienen el tanque junto a los tubos y su funcionamiento es por gravedad, o sistema compacto presurizado, el cual se caracteriza por que los tubos son los únicos que se exponen a la radiación solar y el tanque de almacenamiento del agua es independiente y funciona con presión.

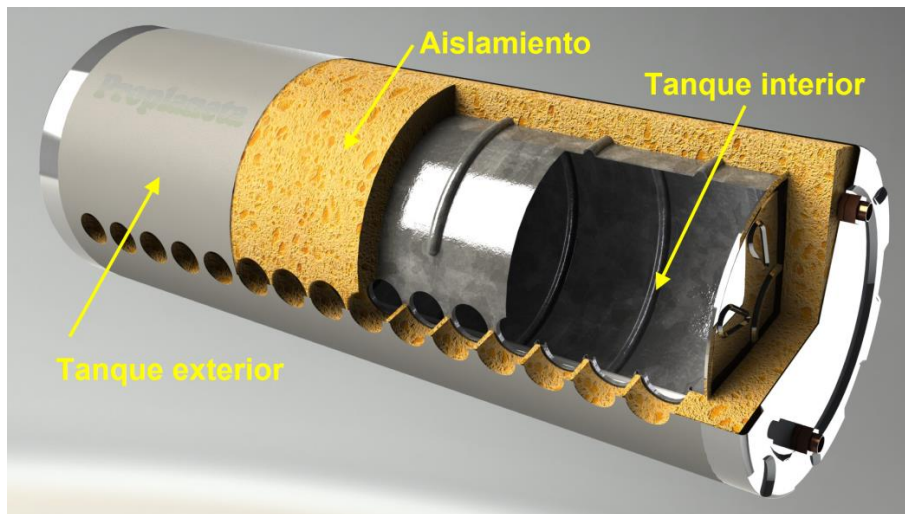


**Ilustración 13. Sistema presurizado y no presurizado solar.**

Fuente: Tomado de [www.heliotermica.com](http://www.heliotermica.com)

Los gráficos anteriores muestran que el agua caliente representada de color rojo, siempre sube por ser menos densa que el agua fría.

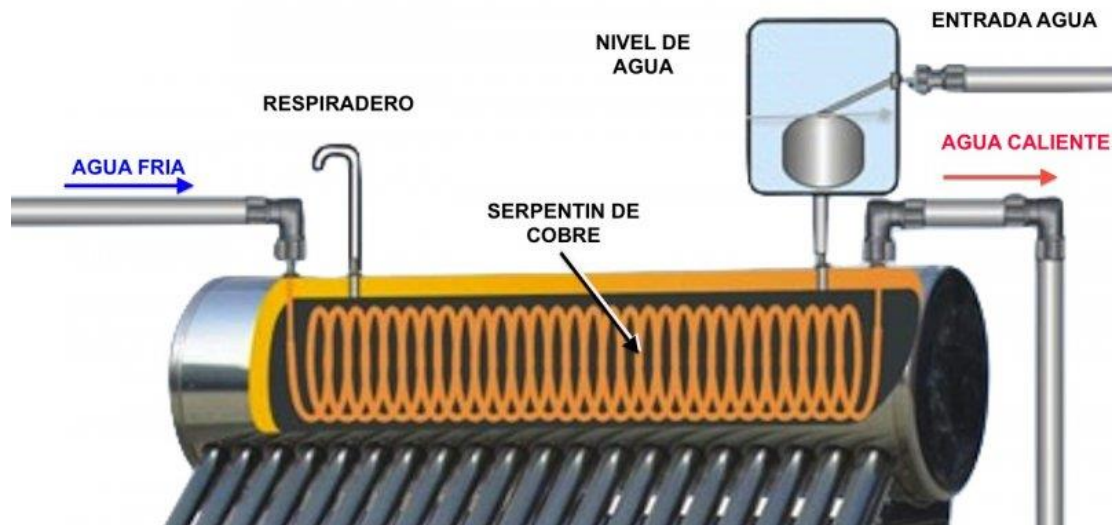
Los tanques varían en su materialidad, por lo general en acero inoxidable y acero lacado, lo que no cambia es su estructura, pues están contruidos con doble tanque y en medio de ellos un aislamiento térmico en poliuretano de 5 a 10cm para resistir altas temperaturas.



**Ilustración 14. Tanques para almacenar el agua.**

Fuente: Tomado de [www.sunrai.com](http://www.sunrai.com)

En la mayoría de los casos se utilizan tanques compactos presurizados, que a diferencia del anterior posee un serpentín de cobre por donde circula el agua para ser calentada por contacto.



**Ilustración 15. Tanque presurizado compacto.**

Fuente: Tomado de [www.sunrai.com](http://www.sunrai.com)

Es necesario conectar algún tipo de sensor de llenado al tanque. En muchos casos puede ser un tanque flotador o el tanque aéreo que por lo general se encuentran instalados en las

casas. Estos tanques nunca gastan toda el agua que esta acumulada para que el proceso de calentamiento nunca empiece desde cero.

Los sistemas térmicos para calentar el agua se instalan en las viviendas teniendo en cuenta el consumo de litros por persona, con el fin de que el sistema supla las necesidades requeridas.

**Tabla 1. Consumo litros por persona.**

Litros*persona	Colector	Cantidad tubos	N° personas
<b>60</b>	100 litros	10	1-2
	150 litros	15	2-3
	200 litros	20	3-4
	250 litros	25	4-5
	300 litros	30	5-6

Fuente: Tomado de [www.heliotermica.com](http://www.heliotermica.com)

Las cantidades agua por persona es aproximadamente 50 litros pero para mejor aprovechamiento del calor se deja una reserva en el sistema de 10 % con el fin de que la temperatura se conserve alta todos los días.

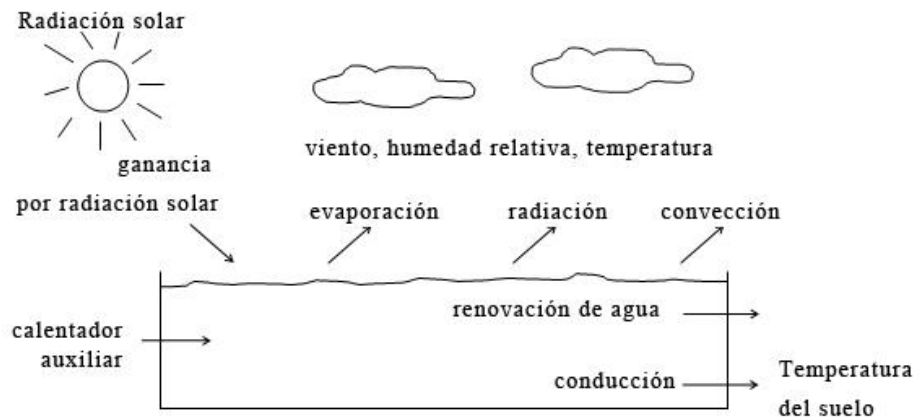
### **1.3 CALENTAMIENTO DE AGUA PARA PISCINAS**

Las piscinas son un elemento importante de relajación que puede hacer parte de las viviendas y de las zonas comunes de los centros residenciales. Por lo general la temperatura de las piscinas debe ser confortable para que sea atractiva a la mayoría de los usuarios; se considera que esta temperatura debe oscilar entre los 24°C y los 32°C dependiendo del tipo de piscina, en climas cálidos no es tan necesario altas temperaturas mientras que en clima frio son más acogedoras las altas temperaturas, por lo cual es más costoso en estos últimos, en donde las pérdidas son más significativas.

Para calcular la necesidad energética es necesario tener en cuenta los factores de pérdida y luego hacer el balance total de estas, lo que daría la energía necesaria para compensarlas; es decir, para mantener la piscina con la temperatura deseada. Según los estudios realizados por diferentes autores las pérdidas de una piscina se clasifican en: pérdidas por conducción, a través de las paredes, por radiación, por convección del aire encima de la piscina, por el número de bañistas, por renovación de agua y por evaporación,

constituyendo esta última un 60% de las pérdidas en promedio. Afortunadamente el uso de manta térmica evita en gran parte la evaporación y se convierte en una solución práctica y económica de conservar el calor de la piscina.

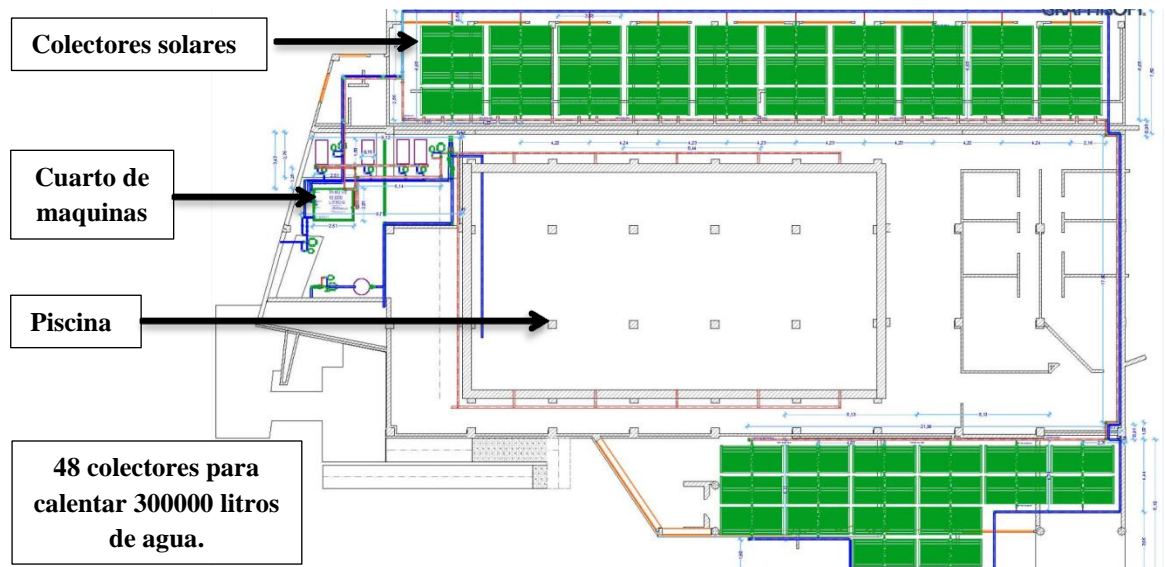
En el caso de utilizar energía solar para compensar las pérdidas y mantener la piscina a la temperatura deseada hay una relación entre el área de la piscina y el área de captación de los colectores solares térmicos. Según (Manrique., 1817) se puede apreciar el comportamiento energético de los colectores con respecto a la relación área de colectores/área de la piscina. Obviamente a mayor área de colectores mayor temperatura de la piscina, sin embargo se considera óptimo un cálculo con área de captación del orden del área de la piscina.



**Ilustración 16. Pérdidas de calor de piscinas.**

Fuente: Tomado de [www.heliotermica.com](http://www.heliotermica.com)

Los colectores solares térmicos deben ser instalados teniendo en cuenta el efecto termosifón, es decir que el grado de inclinación del colector debe ser por lo menos 15° con respecto a la superficie horizontal.



**Ilustración 17: Piscina semiolímpica con energía solar en Sogamoso Boyacá, instalado por Heliotermica S.A.S.**

Fuente: Tomado de [www.heliotermica.com](http://www.heliotermica.com)

La siguiente tabla técnica suministrada por la empresa Heliotermica para la piscina del presente proyecto, muestra el costo del sistema solar térmico no presurizado para climatización de una piscina de 5 m de largo por 4 m de ancho y 1 m de profundidad a una temperatura de 28 grados teniendo en cuenta que la temperatura externa es de 12 grados.



Tabla 2: Climatización de piscina con energía solar.

Ficha técnica de calentamiento de piscina con energía solar		
HELIOTERMICA - COLOMBIA		www.heliotermica.com
V01-2015		
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>		
FECHA:	11/04/2015	TELÉFONO: ---
CIUDAD:	DUITAMA	CÓDIGO COTIZAC: ---
CORREO ELECTRÓNICO: ---		
NOMBRE COMPLETO: VERÓNICA RESTREPO		NOMBRE DE LA COTIZACIÓN: CALENTAMIENTO DE PISCINA EN DUITAMA
<b>DIRECCIÓN CORRESPONDENCIA:</b> DUITAMA		
<b>PARÁMETROS DE LA PISCINA</b>		
<i>Parámetro</i>	<i>valor</i>	<i>unidad</i>
Largo	5	m
Ancho	4	m
Altura media	1	m
Perímetro	18	m
Superficie	20	m <sup>2</sup>
Cubierta	no	
Temperatura interior (cubierta)	22,5	°C
Temperatura deseada	28	°C
Manta térmica	si	
Horas de manta térmica	14	h
Porcentaje de renovación	5%	%
Grado de ocupación	0,01	persona/m <sup>2</sup>
Volumen de la piscina	20	m <sup>3</sup>
<b>DATOS METEREOLÓGICOS</b>		
<i>Parámetro</i>	<i>valor</i>	<i>unidad</i>
Lugar de la instalación	DUITAMA	
Datos metereol. disponibles	no	
Temperatura ambiente	12	°C
Velocidad del viento	10	m/s
Humedad relativa	85%	
Temperatura externa	12	°C
<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS</b>		
<i>Parámetro</i>	<i>valor</i>	<i>unidad</i>
Caudal nominal por colector	216	l/h
Longitud de la tubería primaria	61,1	m
Distancia colectores-cuarto máq.	5	m
<b>Total tubería primaria</b>	<b>72</b>	<b>m</b>
Bomba de agua	2	unidad
Sistema de control	si	
Intercambiador	1	unidad
Tanque de almacenamiento	0	sin tanque
Filtro	no	
Bomba de calor	0	sin bomba c.
<b>BALANCE FINANCIERO DEL SISTEMA SOLAR</b>		
<b>Costo del sistema solar</b>	<b>\$ 26.858.141</b>	
<i>Retorno en comparación</i>	<i>Ahorro anual COP</i>	<i>Retorno años</i>
GAS NATURAL	\$ 3.147.849	5,98
PROPANO tanque	\$ 4.420.000	4,26
PROPANO cilindro	\$ 6.532.104	2,88
ACPM	\$ 7.062.433	2,67
<b>DATOS DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO</b>		
<i>Parámetro</i>	<i>valor</i>	<i>unidad</i>
Cobertura sistema solar	100,0%	%
Cobertura sistema auxiliar	0,0%	%
Tipo de sistema auxiliar	PROPANO tanque	
Sistema actual comparativo	PROPANO cilindro	
Colector solar	NO PRESURIZADO 40	
Superficie	3,6	m <sup>2</sup>
Rendimiento	0,763	
Pérdidas	1,52	
Potencia pico	2746,7	W
Largo	3,8	m
Ancho (n tubos)	1,7	m
Angulo de inclinación		
Azimut		
Porcentaje de sombra/día		
<b>Cantidad de colectores</b>	<b>9</b>	
<b>Área total de captación</b>	<b>32,4</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>Zona para los colectores</b>	<b>74,7</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>No. colectores a lo ancho</b>	<b>9</b>	
<b>No. Colectores a lo largo</b>	<b>1</b>	
<b>Conexión a lo ancho</b>	<b>en paralelo</b>	
<b>Retorno invertido</b>	<b>si</b>	
Dist entre col. largo (a)	15	cm
Dist entre col. ancho (b) (min. 18 cm)	18	cm
Perímetro libre	20	cm
a =	4,4	m
b =	17,2	m
<b>DATOS ENERGÉTICOS</b>		
<i>Parámetro</i>	<i>valor</i>	<i>unidad</i>
Horas anuales de sol	1500	
Necesidad energética	115.556	MJ/año
Pérdidas	204.003	MJ/año
Ganancias	88448	MJ/año

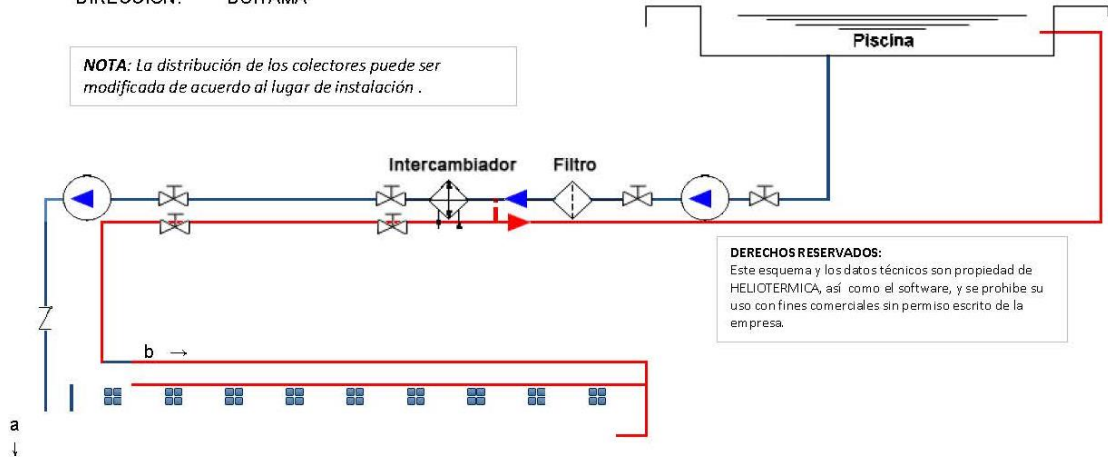
  

Fuente: Tomado de, [www.heliotermica.com](http://www.heliotermica.com)

**ESQUEMA BÁSICO DE DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO**

ATTE: VERÓNICA RESTREPO  
 DIRECCIÓN: DUITAMA

*NOTA: La distribución de los colectores puede ser modificada de acuerdo al lugar de instalación.*



**DERECHOS RESERVADOS:**  
 Este esquema y los datos técnicos son propiedad de HELIOTERMICA, así como el software, y se prohíbe su uso con fines comerciales sin permiso escrito de la empresa.

**Gráfico 2: Área de captación de los colectores solares.**

Fuente: Tomado de, [www.heliotermica.com](http://www.heliotermica.com)

El grafico anterior, muestra el área de captación de los colectores solares que se necesitan para climatizar a una temperatura de 28°C el agua de la piscina.



## 1.4 CALEFACCIÓN DE AMBIENTE CON COLECTORES SOLARES TÉRMICOS

Además de calentar el agua, también se puede destinar la energía captada por el colector para calefacción de viviendas, por medio de radiadores o suelo radiante.

El suelo y paredes radiantes consisten en calentar el ambiente, su instalación se hace usualmente con tubería de cobre o plástico colocado en forma de serpentín antes del antepiso con un sobre nivel en goma, y en las paredes se aplica de la misma manera de forma vertical.



Ilustración 18: Piso radiante.

Fuente: Tomado de, <https://www.google.com.co/search?q=calefaccion+de+pisos+radiantes.html>

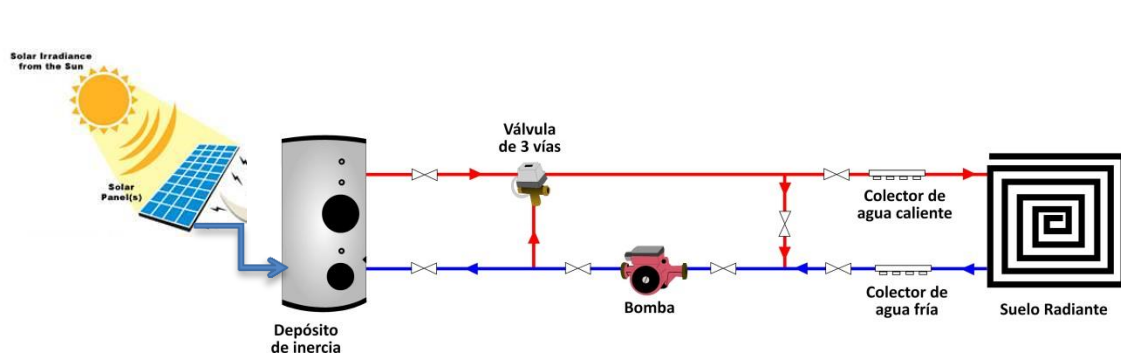
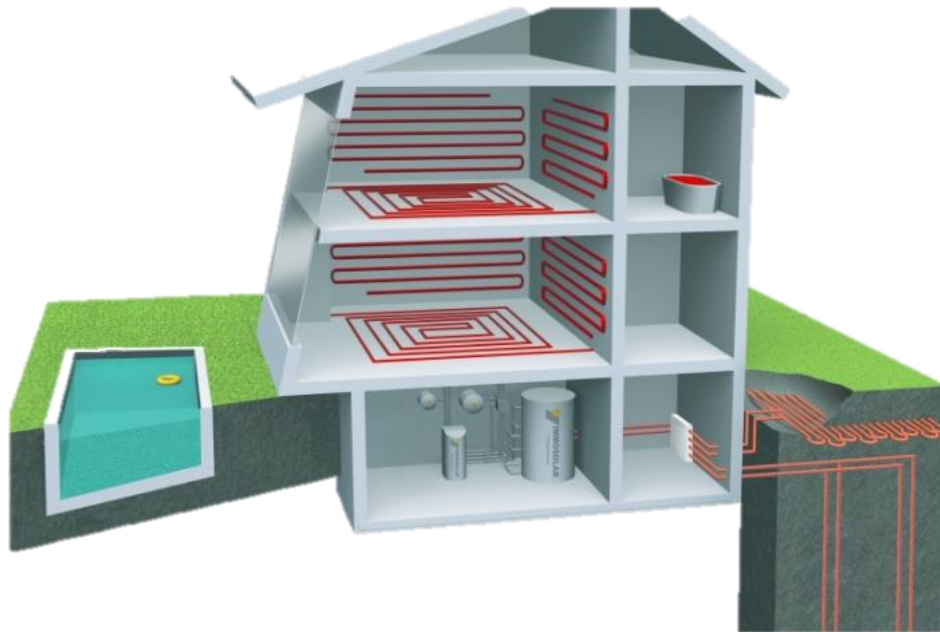


Ilustración 19. Calefacción solar con piso radiante.

Fuente: Tomado de, <https://www.google.com.co/search?q=calefaccion+de+pisos+radiantes.html>

Los pisos o paredes radiantes son muy usuales en zonas frías principalmente en invierno, esta técnica consiste en concentrar todo el calor de los colectores solares y

transmitirlo a las tuberías de agua caliente que van a rodear los pisos y muros que deseen calentarse.



**Ilustración 20. Modelo de vivienda con calefacción solar.**

Fuente: Tomado de, <https://www.google.com.co/search?q=calefaccion+de+pisos+radiantes.html>

Esta imagen además de utilizar piso y muros radiantes también utiliza la geotérmica que consiste en conducir el calor de la tierra a través de tuberías solo por el contacto, pero este sistema es más eficiente en zonas donde se dan las estaciones como Europa, porque el calor es concentrado casi que en las capas de la superficie de la tierra, mientras que en países como Colombia para implementar este sistema es necesario escavar hasta 100 metros para solo conseguir 1° de calor.

### **1.5 TRANSFERENCIAS DE CALOR POR MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.**

El fenómeno de transferencia de calor por conducción es un proceso de propagación de energía en un medio sólido, líquido o gaseoso, mediante comunicación molecular directa o entre cuerpos a distintas temperaturas. Cuando los materiales tienen una alta conductividad térmica se denominan conductores, mientras que cuando tienen una baja conductividad se denominan aislantes. (Manrique., 1817, pág. 66).

Ejemplo de cómo determinar las pérdidas de calor de los materiales según su conductividad térmica.

- Considérese una pared de ladrillo de 20 cm de espesor, cuya temperatura en una y otra superficie son 60°C y 30°C, respectivamente.
  - a) Calcule la transferencia de calor por unidad de área a través de la pared. Supóngase que la conductividad térmica del ladrillo es igual a 0.5 W/m°C.
  - b) Si la pared se aísla con 5cm de poliuretano (k = 0.024W/m.°C) determine el calor transferido.

Solución

$$q'' = \frac{(T_1 - T_2)}{L/K} = \frac{(60 - 30)}{(0.2/0.5)}$$

$$q'' = \frac{(30)}{(0.4)} = 75.00 \text{ W/m}^2$$

$$q'' = \frac{(T_1 - T_2)}{L_P/K_P + L_a/K_a}$$

$$= \frac{(60 - 30)}{0.2 / 0.5 + 0.05 / 0.024} = \frac{30}{0.4 + 2.08}$$

$$q'' = 12.08 \text{ W/m}^2$$

Obsérvese el efecto del aislamiento y su importancia para la conservación de la energía en edificios.

En la siguiente tabla se muestra la conductividad térmica de algunos materiales de construcción.

**Tabla 4: Conductividad térmica**

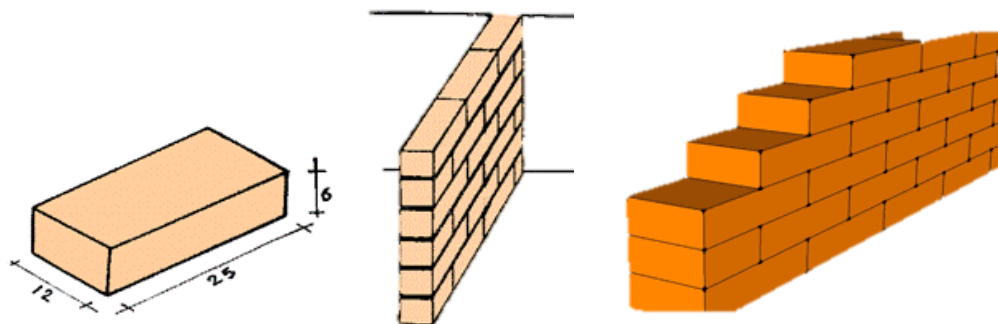
MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA W/m.k
Ladrillo hueco	0,49
Ladrillo macizo	0,72
Ladrillo de hormigón	0,35
Mortero de cemento	0,35
Hormigón	1,63

<b>Vidrio</b>	0,8
<b>Poliuretano</b>	0,024
<b>Icopor</b>	0,029
<b>Madera</b>	0,13
<b>Aire</b>	0,02
<b>Agua</b>	0,60

Fuente: elaboración propia a partir de, <http://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc22/inti4.php>

### 1.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS MUROS CONVENCIONALES

Los muros convencionales en ladrillo macizo poseen un alto nivel de conductividad por lo tanto no es aislante, su comportamiento térmico se debe su densidad.



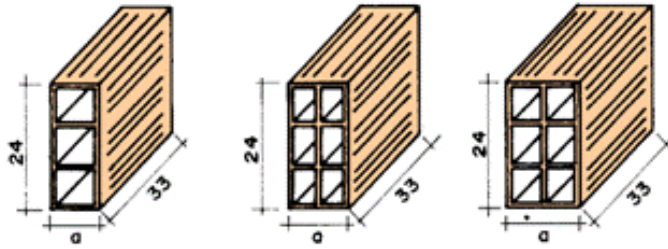
**Ilustración 21: Ladrillo macizo.**

Fuente: Tomado de <http://biblioteca.sena.edu.co/construccion/5/10.html>

### 1.5.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MUROS CON AISLAMIENTO TÉRMICO

El aislamiento de una vivienda comienza siempre en su construcción. Antes de elegir el material se debe tener en cuenta la temperatura que predomine a lo largo del año en la zona donde esté ubicada la casa, el tamaño del edificio y los futuros equipos de calefacción, refrigeración y humidificación, que se pueden ver perjudicados si se escoge un aislante incorrecto.

El ladrillo hueco: para muchos arquitectos se trata del mejor material. El aire frío o caliente tarda más en atravesar las paredes que cuando se trata de obra compacta. A través de los huecos o celdillas se consigue un aislamiento muy eficaz. El ancho del ladrillo hueco varía y se clasifica por números así: N° 4 = 10cm, N° 5 = 12cm, N° 6 = 15 cm.

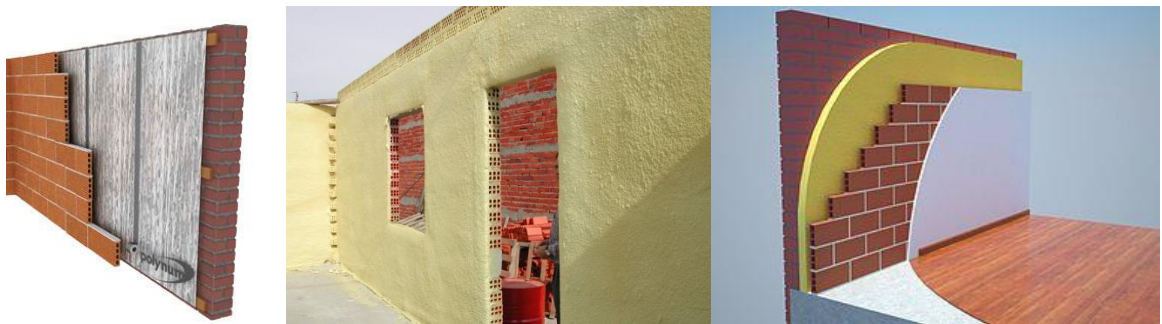


**Ilustración 22: Ladrillo hueco.**

Fuente: Tomado de <http://biblioteca.sena.edu.co/construccion/5/10.html>

Hormigón: sus principales propiedades son la capacidad para concentrar y absorber el calor, para luego liberarlo en el interior de las viviendas. Los edificios construidos con él deben llevar aislantes como la perlita y el poliestireno expandido.

El aislamiento con poliuretano o cualquier otro material que sea aislante debe ser instalado entre dos paredes de ladrillo u hormigón y sirve como “freno” para evitar que el calor escape de las casas a través de los poros de los materiales de construcción, y también para impedir que el aire frío penetre en la vivienda. La implementación y construcción de este sistema puede incrementar los costos pero los problemas de aislamiento térmico y acústico se evitarían.



**Ilustración 23: Aislamiento en muros.**

Fuente: Tomado de, <http://www.arkigrafico.com/como-aislar-bien-tu-casa-del-calor-y-el-frio/>



### 1.5.3 VENTANAS CON DOBLE ACRISTALAMIENTO PARA LA RUPTURA DEL PUENTE TÉRMICO

El efecto de condensación en el interior de los cristales se debe a la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior. Esta diferencia hace que el agua se condense en la parte interna de las superficies en forma de gotas; sucede incluso en ventanas con doble acristalamiento.



**Ilustración 24: Ventanas con doble acristalamiento.**

Fuente: Tomado de, <http://www.arkigrafico.com/como-aislar-bien-tu-casa-del-calor-y-el-frio/>

La manera más eficaz de evitar este desagradable efecto es instalar ventanas con doble vidrio y marcos con rotura de puente térmico (contienen un material aislante entre las paredes interna y externa del marco). Aunque son más costosas que las normales, estas ventanas garantizan la desaparición de las condensaciones y mejoran considerablemente el aislamiento de la vivienda.

Una vivienda con un buen aislamiento térmico pasaría de un consumo de 15.000 kWh a 9.500 kWh (se reduciría en un 40%); si se habla de casos particulares, la posibilidad está en una reducción de entre un 15% y un 60%. (Arquigrafico, 2014).

El comportamiento térmico de una vivienda se mide de acuerdo a la eficiencia con la que esta responde a las condiciones a las que está sometida. Las estrategias pasivas derivadas del diseño bioclimático de una vivienda son las que consumen menos y por tanto, son las más beneficiosas para el medio ambiente. Principalmente consiste en lograr un alto grado de aislamiento térmico, aprovechar la orientación solar y el efecto invernadero como

fuentes de calor en invierno, y facilitar la ventilación cruzada para refrescar los espacios en verano.

En Europa existen los certificados Passivhouse, un sello impulsado originariamente desde Alemania y Austria que resumen las premisas para obtener una vivienda de perfil bioclimático: (<http://www.fenercom.com.pdf/>)

- Alto nivel de aislamiento y reducción de puentes térmicos;
- Alta dosis de ganancia solar;
- Buena calidad de aire en el interior de la vivienda, mediante el uso de un sistema mecánico de ventilación con recuperación de calor;
- Excelente nivel de hermeticidad;

Cumpliendo esos puntos se consigue que la vivienda casi no necesite de un sistema auxiliar de calefacción y enfriamiento generado por medio de estrategias activas que representen un mayor consumo energético. En caso de requerir de alguno de estos sistemas auxiliares, se recomienda buscar un sistema integrado para calor, agua caliente sanitaria y ventilación. Por ultimo si la vivienda se construye en un país Europeo [latitud entre 40°y 60°] se establecen unos límites energéticos: (<http://www.fenercom.com.pdf/>)

- La demanda total energética para calentar y enfriar no debe superar los 15 kWh/m<sup>2</sup> al año;
- La energía primaria total para electrodomésticos, agua caliente sanitaria y climatización debe ser menor a 120 kWh/m<sup>2</sup> al año.

Existen algunas pautas para llevar a cabo viviendas en Colombia que aprovechan la energía solar al máximo en climas fríos. (<http://www.arkigrafico.com/>)

- Colombia por encontrarse en el hemisferio Norte, donde la orientación hacia el sol es el sur, las viviendas deben estar orientadas hacia el sur.
- Los espacios donde se desarrollan las actividades diarias como salas y habitaciones deben estar en la zona sur de la vivienda.
- Los aislantes en pisos, muros, techos, puertas y ventanas son necesarios para mantener cálidos los ambientes
- Reducir el número de ventanas y puertas que den hacia el norte
- Incluir un muro trombe en la fachada sur.
- Los espacios como cocinas y baños deberán estar situados hacia el norte para que se ventilen naturalmente.

Aparte de las técnicas de la energía solar pasiva en la vivienda, también los materiales que aportan inercia térmica pueden ser determinantes para optimizar la energía en la vivienda. (<http://www.arkigrafico.com/>)

- Losa de hormigón.
- Suelos de baldosas.
- Muros en ladrillo, piedra, o tierra (tapia, adobe etc.).
- Tanques de agua que conserven el calor.
- Vidrio templado.
- Madera.
- Doble muro en ladrillo con poliuretano en el centro

Cuando estos materiales son bien situados dentro de la casa puede llegar almacenar calor durante el día y liberarlo durante la noche. En verano este mismo sistema de inercia térmica puede estar protegido del sol y puede actuar como un disipador de calor y ayudar a refrescar el ambiente. Para el caso de climas fríos el aislamiento es vital para mantener las temperaturas. (<http://www.arkigrafico.com/>)

Una casa solar pasiva bien diseñada tendrá temperaturas agradables constantes en el interior durante todo el año y hará un buen uso de la luz natural. Por lo tanto, requerirá menos energía para calentar, enfriar y alumbrar que una casa convencional. (Díaz, 2013)

## **1.6 TENDENCIAS MUNDIALES**

Actualmente, existen varias opciones tecnológicas de implementación de la energía solar en la arquitectura, las cuales buscan incorporar diferentes elementos de diseño enfocados a incrementar la calidad de vida, mejorar el impacto visual, garantizar eficiencia energética, y a la vez buscan reducir algunos efectos adversos (sobre el sistema eléctrico, contaminación, impacto visual y costos), ampliando su ámbito de aplicación (cultivos fotovoltaicos, y térmicos solares dependiendo de las condiciones climáticas). A continuación se anotan los temas y los desarrollos que se han identificado en el contexto de la optimización energética a partir de la energía solar.

### **1.6.1 UNIÓN ESPAÑOLA FOTOVOLTAICA**

La Unión Española Fotovoltaica (UNEF) ha presentado un informe anual “Hacia nuevos modelos de desarrollo para la energía solar fotovoltaica”, en el que analiza la situación del sector, el impacto de las medidas aprobadas hasta el momento y la presencia actual y oportunidades de la industria fotovoltaica española en el exterior.

El parque fotovoltaico español conectado a la red, con más de 4.500 MW instalados y más de 60.000 instalaciones, representa un 4% de la potencia total instalada en España. Las instalaciones conectadas antes de 2009 representan el 74% del parque fotovoltaico.

En cuanto al volumen de fotovoltaica aislada, se calcula que hay alrededor de 24,6 MW. De acuerdo con estos datos, en España habría 97,8 Wp fotovoltaicos por habitante, lo que nos situaría en el octavo puesto de la UE, por detrás de Alemania, Italia, Bélgica, la República Checa, Grecia, Bulgaria y Eslovenia<sup>6</sup>

Desde el punto de vista medioambiental, los 8.156 GWh producidos por el sector fotovoltaico han supuesto un ahorro de 1.973.752 toneladas de CO<sub>2</sub>, equivalente a la emisión de 67.000 coches funcionando durante un año en España. El ahorro producido al evitar la compra de bonos de carbono asciende a más de 14,4 millones de euros, de acuerdo con el precio medio del CO<sub>2</sub> en 2012.

Durante 2012 se importaron 10.653 millones de euros de gas. Esa factura podría haber sido 576 millones de euros más alta de no ser por la energía fotovoltaica.



**Ilustración 25. Parque fotovoltaico de Navarra España.**

Fuente: Tomado de, <http://unef.es/parquefotovoltaico>

La empresa Parques Solares de Navarra ha terminado la instalación de tres cubiertas fotovoltaicas en las localidades de Cascante y Fitero, que cuentan con una potencia total de 600 kilovatios. Las mismas generaran 904.000 kWh al año evitando la emisión anual de 890 toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que sería el equivalente al consumo medio de 300 hogares, según afirma PSN. Estas instalaciones, “que han sido adquiridas por

---

<sup>6</sup> Unión Española Fotovoltaica (UNEF), es una Asociación abierta, democrática e independiente para todo el Sector Fotovoltaico.

pequeños y medianos productores de electricidad“, fueron proyectadas en diferentes tejados de naves industriales en la ribera de Navarra, llegando a la potencia de 600 kilovatios, estas serán conectadas a la red en los próximos días.

### **1.6.2 TENDENCIA ARQUITECTÓNICA HABITACIONAL CON ENERGÍA SOLAR**

En la ciudad de Pal Town Ota, en Japón situada a 80 km al noreste de Tokio, y sobre los tejados de las casas se pueden ver los cientos de paneles negros que son la clave para su autosuficiencia energética. Este vecindario no solo no paga luz, sino que también gana dinero, imagina que cada que llegue tu estado de cuenta o factura de luz a casa, en lugar de encontrar una cifra de dinero que debes pagar, te encuentres con un saldo a favor. Suena casi utópico pero es real, existe un vecindario que recibe dinero por la energía extra que genera.



**Ilustración 26. Vecindario accionado con energía solar.**

Fuente: Tomado de, <http://www.thenote.cl/category/pal-town-ota-el-barrio-japones-que-recibe-dinero-por-la-energia-extra-que-genera/>

En el barrio sustentable viven 550 familias sobre un terreno de 41 hectáreas, cuyas casas funcionan con este sistema eficiente de energía. La media anual de lo que ganan por

casa es de 480 euros, dinero que la compañía de electricidad local reembolsa a los usuarios debido a los excedentes que producen.

Este es considerado como el primer barrio solar del mundo y sin duda uno ejemplar para la tendencia de construcción y arquitectura sustentable en el mundo. La ciudad se hace consciente de los escasos recursos en Japón utilizando energía renovable y utilizándola además para su beneficio económico. La ciudad además tiene como ventaja que se encuentra entre campos de fresas y en uno de los sitios privilegiados más soleados de Japón, por lo que se puede aprovechar esta energía al máximo, en comparación a otras regiones del mismo país. En un día soleado un generador de energía de 4 kilovatios produce más que suficiente energía para hacer funcionar un hogar típico, sin embargo en días nublados la energía es menos de la mitad.

Este barrio solar comenzó a construirse a partir del 2002 a través de un estudio respaldado sobre el estado sobre la manera de garantizar un suministro constante y evitar apagones en la ciudad.



**Ilustración 27. Casas con energía solar.**

Fuente: Tomado de, <http://www.thenote.cl/category/pal-town-ota-el-barrio-japones-que-recibe-dinero-por-la-energia-extra-que-genera/>

La tecnología y las implementaciones japonesas son un reto para el resto del mundo y van un paso adelante, debido a la inversión en investigación científica de energías alternas. Pudiendo ofrecer al mercado opciones de vivienda más sustentable y eficiente.

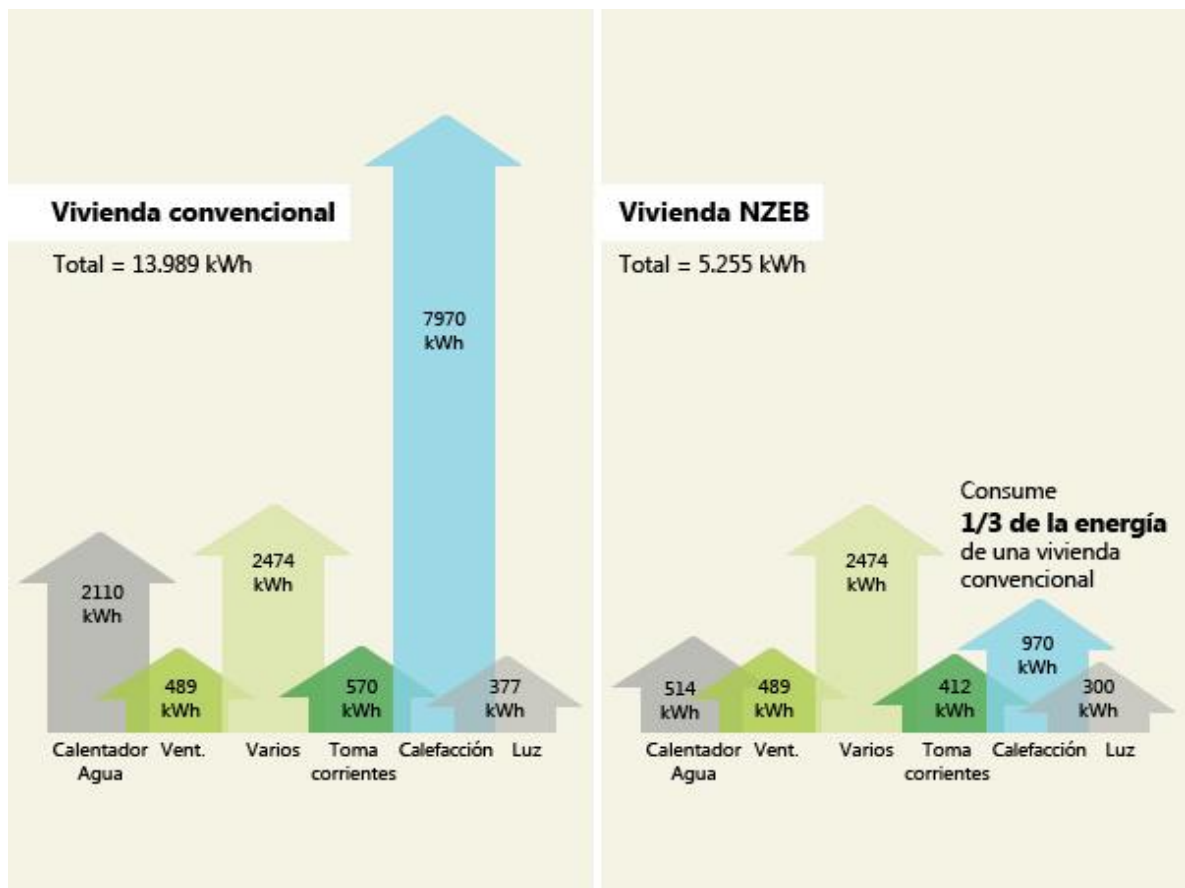
Japón ha destinado 92 millones de dólares para los paneles solares de estas casas, pensando expandir el sistema a más hogares aumentando la inversión a 246 millones de dólares, para acrecentar esta red energética autosostenible.<sup>7</sup>

La ventaja de aplicación de este tipo de energía es que es patrocinado por el gobierno las personas son beneficiadas con un sistema de regalías de hasta el 70% por parte del gobierno, lo que indica que el propietario solo debe invertir el 30% y después este dinero será reembolsado a cambio de vender la energía restante.

Aunque erróneamente se cree que el costo de un edificio de consumo casi nulo es mucho más elevado de lo habitual, es importante tener en cuenta el verdadero significado del concepto de sostenibilidad. Los Nearly Zero Energy Buildings aportan beneficios económicos y medioambientales a mucho más largo plazo

---

<sup>7</sup> Autosustentable: Capacidad para generar recursos que puedan abastecer sus necesidades básicas y sostenimiento.



**Gráfico 3. Vivienda convencional y vivienda sostenible.**

Fuente: Tomado de, [www.NearlyZeroEnergyBuildings.com](http://www.NearlyZeroEnergyBuildings.com)

El desconocimiento acerca de los beneficios que aporta la arquitectura bien concebida es muy común sobre todo en países en vía de desarrollo, sin embargo, la mayoría de las técnicas de aplicación no se encuentran a la mano, sobre todo información o material científico que revele no solo los aspectos positivos de esta energía sino también los aspectos negativos.

### 1.7 REFERENCIAS O HISTORIAL DE LA ENERGÍA SOLAR

La trayectoria de la energía solar para cualquier uso no es algo nuevo al contrario hoy en día no se puede acreditar a un solo inventor, sino a numerosas mentes brillantes.

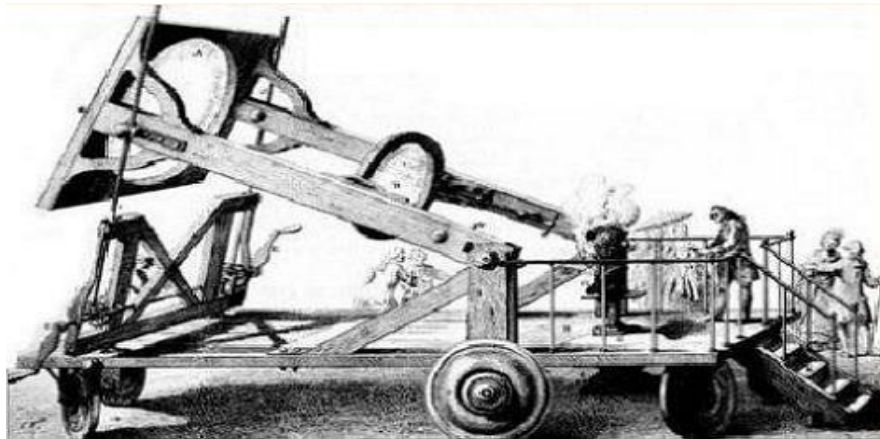
Probablemente desde el año 400 A.C. el sol fue el eje fundamental en la vida del hombre, el cual empezó aportar una serie de beneficios en donde los romanos fueron los primeros en utilizarlos, la implementación de ventanas en vidrio y casas acristaladas para calentar naturalmente sus hogares, también utilizaban invernaderos para crear condiciones



adecuadas para el crecimiento de plantas exóticas o semillas que traían a Roma desde los lejanos confines del imperio.

En 1867 el científico suizo Horace de Saussure desarrolló el primer colector solar. Edmond Becquerel, un físico francés, observó el efecto fotoeléctrico en 1839. Más recientemente, hace un poco más de 100 años, el científico francés Auguste Mouchout usó calor de un colector solar para producir vapor y mover un motor. Desgraciadamente, los elevados costos impidieron que su invento tuviera un uso comercial.

Por su parte la tecnología de la concentración solar seguía también avanzando en esta época. Así Lavoisier el gran químico francés, creó en 1792 su “horno solar” consistente en dos potentes lentes que concentraban la radiación solar en un foco y que permitía alcanzar altas temperaturas con la que fundir metales.



**Ilustración 28. Horno solar Lavoisier 1792.**

Fuente: Tomado de, <http://www.energiasolar.mx/inventos/historia-energia-solar.html>

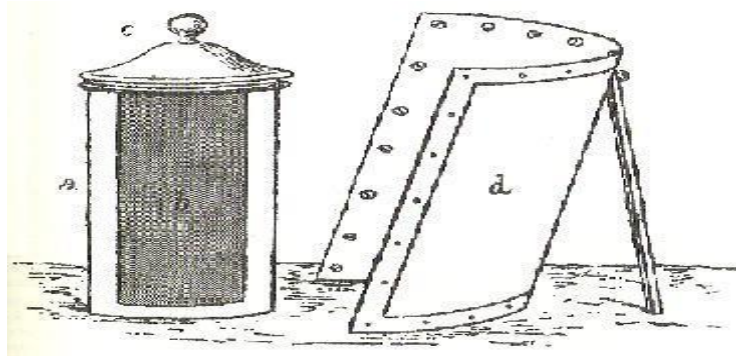
En 1874 el inglés Charles Wilson diseñó y dirigió una instalación para la destilación del agua marina en el desierto de Atacama (Chile) para la Salitrera Lastenia Salinas. Esta central era capaz de proporcionar un promedio de 22 500 litros de agua diarios y estuvo en funcionamiento hasta el año 1907. Esta instalación contaba con una superficie de captación superior a los 4000 metros cuadrados. Se trata esta de la primera central conocida de estas características en el mundo.



**Ilustración 29. Central de destilación en el desierto Atacama (Chile), por Charles Wilson 1874.**

Fuente: Tomado de, <http://www.energiasolar.mx/inventos/historia-energia-solar.html>

Otro personaje importante en el desarrollo de la energía solar térmica fue el ingeniero francés Auguste Mouchot con sus modelos de concentradores solares. Ya en 1861 aportó un nuevo modelo de cocina solar. Este consistía en un depósito negro recubierto de vidrio el cual era expuesto al sol. Para concentrar más la radiación solar, un espejo cilindro parabólico reflejaba la radiación solar hacia el lado del cilindro no expuesto al sol. De esta forma en el interior del recipiente negro se alcanzaban altas temperaturas para cocinar.

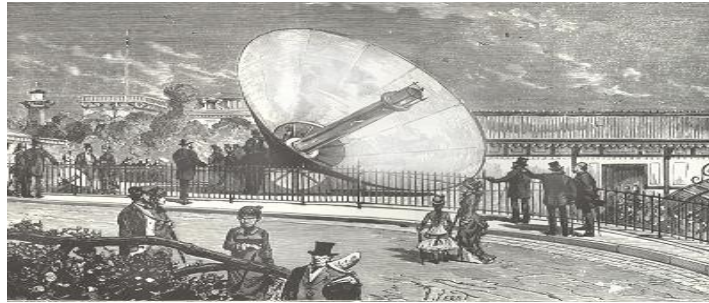


**Ilustración 30. Cocina solar de Auguste Mouchot 1861.**

Fuente: Tomado de, <http://www.energiasolar.mx/inventos/historia-energia-solar.html>

Sin embargo el gran invento de Mouchot, tras años de investigación con las aplicaciones industriales de la radiación solar, fue la máquina de vapor alimentada por energía solar. Mouchot no creía que el carbón pudiera sostener en un futuro el vigoroso desarrollo industrial de la época, por ello decidió investigar las aplicaciones industriales de la energía solar, la cual comprendía que era más barata y abundante.

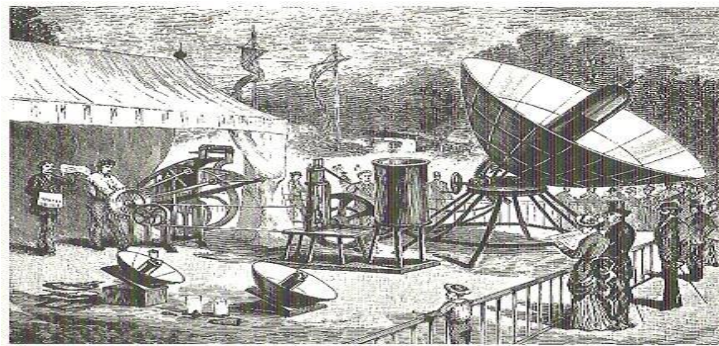
También Mouchot fue comisionado por el gobierno francés para la creación de una gran turbina alimentada por energía solar para la exposición internacional de París de 1878. Con ella obtuvo medalla de oro cuando mostró algo tan sorprendente como que podía obtener hielo a partir del calor concentrado del sol.



**Ilustración 31. Turbina alimentada con energía solar de Auguste Mouchot en la exposición internacional de París 1878.**

Fuente: Tomado de, <http://www.energiasolar.mx/inventos/historia-energia-solar.html>

Por su parte **Abel Pifre**, que durante algunos años fue pupilo de Mouchot, inventó la primera imprenta accionada con energía solar. La técnica de captación es muy semejante a la de los trabajos que realizó con su maestro, resultando novedosa la aplicación que se hace de ella.



**Ilustración 32. Imprenta accionada con energía solar de Abel Pifre.**

Fuente: Tomado de, <http://www.energiasolar.mx/inventos/historia-energia-solar.html>

Lamentablemente estos exitosos no tuvieron el apoyo debido a que la extracción del carbón se perfeccionó y abarató, y con ello esta fuente de energía solar pasó a ser considerada como cara y abandonada para fines industriales.

### **1.7.1 REFERENTES DE APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA**

Con relación a lo anterior vale la pena destacar empresas Colombianas como Gaviotas que hace 25 años prestaban servicios de implementación de energía solar por medio de colectores térmicos para calentamiento de agua y paneles fotovoltaicos para generación de energía. Esta es una fundación experimental que resaltaba que los mayores esfuerzos de la humanidad deberían ser al servicio de la sustentabilidad del planeta, de nuestra propia existencia, ratificando la indivisibilidad ecológica, volviendo los odios biodegradables, como corresponde a verdaderos seres humanos. Parece que estamos olvidando que la tierra es hasta ahora el único planeta que alberga el código de la vida: el A.D.N.



**Ilustración 33. Sistema fotovoltaico de 3.4 kwp, del Oleoducto Caño Limoncoveñas, en operación desde hace 20 años, instalado por Centro las Gaviotas Colombia.**

Fuente: Tomado de, <http://www.gaviotacentrodeenergiasolar.com>



**Ilustración 34. Vista de los 1250 colectores solares instalados por el centro las Gaviotas ha mediado de los ochenta en Ciudad Salitre, en Bogotá, Urbanización del Banco Central Hipotecario.**

Fuente: Tomado de, <http://www.gaviotacentrodeenergiasolar.com>

Al igual que Gaviotas existen otras empresas que ofrecen productos para la energía solar térmica y fotovoltaica a nivel nacional llamada Heliotermica, la cual reside actualmente en Duitama Boyacá y se caracteriza por realizar implementaciones de calentamiento de agua para piscinas olímpicas (Curi Sogamoso) y en zonas residenciales.

Algunos de los sistemas de colectores solares instalados por Heliotermica, Colombia.



**Ilustración 35. . Sistema de colectores solares para calentar 300.000 litros de agua en una piscina semi-olímpica en Sogamoso Boyacá, año 2014 instalado por Heliotermica.**

Fuente: Tomado de, [www.heliotermica.com](http://www.heliotermica.com)



**Ilustración 36. . Instalación de sistemas térmicos en Argos Sogamoso, año 2013 instalado por Heliotermica.**

Fuente: Tomado de, [www.heliotermica.com](http://www.heliotermica.com)

### **1.7.2 APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN VIVIENDAS EN EL MUNICIPIO DE DUITAMA**



**Ilustración 37: Sistemas instalados en Duitama Boyacá.**

Fuente: Tomado de, [www.heliotermica.com](http://www.heliotermica.com)

### 1.7.3 ASPECTOS NEGATIVOS DE APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS

- Desconocimiento en el tema de la energía solar
- Acumulación o almacenamiento
- Inicialmente requiere una fuerte inversión económica.
- En algunos casos el espacio para los colectores o paneles representa un problema
- Escasa disponibilidad de la energía solar en el mercado
- Escaso acceso a los equipos solares e información técnica y científica
- Incorrecto dimensionamiento de los equipos de energía solar
- Problemas estéticos en las fachadas por no ser planificadas por la aplicación de estos equipos
- Regatas después de estar lista la etapa de acabados
- tuberías a la vista lo cual genera un impacto visual negativo
- En ocasiones no concuerdan las inclinaciones de la cubierta con la orientación del panel

La energía solar activa al igual que la pasiva son fuentes relativamente desconocidas para la sociedad especialmente para ser aplicadas en conjuntos residenciales e industriales. La gran mayoría de casos en la actividad cotidiana es construir sin tener presente técnicas que ayuden a optimizar los servicios y mejoren la calidad de vida.

*“Las aves y algunos otros animales son constructores y excavadores, pero cada especie está limitada a su propio modelo instintivamente heredado, mientras que el hombre ha adaptado sus viviendas a toda clase de ambientes, temperaturas, todos los materiales y también a sus muy diversas conveniencias según el gusto, el hábito y la organización económica y social. Diseñaran sus casas para una pequeña familia o para grandes grupos y clanes, como lugares de reunión o albergue de muchas familias que vivan juntas bajo el mismo techo; para la paz o para la guerra”.* (Blanc, Octubre de 1982)

El párrafo anterior revela gran parte de la realidad en las formas de habitabilidad que ha adoptado el ser humano por siglos, sin embargo, en la actualidad debido a ciertos cambios en la Tierra a causa del cambio climático que hoy en día se ha convertido en la principal preocupación del hombre, se están diseñando métodos que ayuden a mitigar ese impacto empezando por lo inmediato en este caso la vivienda, la cual se ha convertido en el núcleo que distribuye todas las demás actividades, Lo que resulta perfectamente lógico aplicarlo con la energía proveniente del Sol, ya que, después de todo, este proporciona suficiente energía cada hora para cubrir las demandas mundiales por año.

El gran problema de la energía solar es que a pesar de ser muy antigua es desconocida, lo que dificulta aplicarla especialmente en el núcleo habitacional. Lamentablemente son

muchas las causas que imposibilita el desarrollo equilibrado de tecnologías innovadoras, información técnica y científica sobre todo en países en vía de desarrollo como Colombia, donde la comercialización de paneles solares es tardía por la complejidad del producto, sin embargo, en el año 2014 el Ministerio de Vivienda y Territorio impulso la reglamentación de la ley de energías renovables no convencionales al sistema tradicional de energía, sobre todo para las zonas alejadas a donde no es posible la conexión de la red pública domiciliaria,<sup>8</sup> últimamente se observa una implementación progresiva pero que aún no es suficiente para mejorar las condiciones de habitabilidad de las personas.

El altiplano Cundiboyecense se caracteriza por ser una zona fría en términos generales, pero con radiación solar término medio y algunas regiones alto, lo que la convierte en potencialmente buena especialmente en el tema de energía solar térmica.

## **1.8 NORMATIVA GENERAL INTERNACIONAL RELACIONADA CON LA PROPUESTA Y OBJETIVOS DEL MILENIO.**

En este documento se intenta arrojar algo de luz sobre este aspecto olvidado en la formulación de las políticas públicas. A continuación, se presentan los resultados del esfuerzo conjunto de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Club de Madrid, tendientes a explicitar el papel fundamental que reviste el acceso a fuentes de energía de calidad en el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. En general, el acceso a servicios energéticos de calidad, como elemento fundamental de la reducción de la pobreza y la mejora de las condiciones ambientales de los grupos socialmente más vulnerables, es un tema que figura con poca relevancia en las políticas oficiales de los gobiernos. (CEPAL, 2011)

Se hace una relación de la normativa internacional y nacional que influyen en el proyecto. Cabe destacar, que a pesar del carácter no vinculante de cierta normativa internacional, es importante asumir su enfoque sostenible hacia las estrategias de mejorar las condiciones de vida. Una de las leyes que promueve el desarrollo sostenible es la Norma ISO 50001 de 2011, “la cual Proporciona al sector público privado estrategias de gestión para aumentar la eficiencia energética, y reducir costos para mejorar la eficiencia energética.” (ISO, 2011)

A su vez se tendrá en cuenta la Corporación Financiera Internacional o Normas de desempeño sobre la Sostenibilidad Ambiental y Social, ley reglamentado el 1 de Enero de

---

<sup>8</sup> Red pública domiciliaria: son las redes de servicios de acueducto, alcantarillado, electricidad y gas, a la que cualquier población de área urbana o rural tienen derecho.



2012. La presente ley expresa el compromiso estratégico de la Corporación hacia el desarrollo sostenible, para la gestión del riesgo. Comprende además la Política y las Normas de Desempeño sobre Sostenibilidad Ambiental y Social, por su parte, refleja el compromiso de la IFC hacia la transparencia y divulgación de las fuentes de energía que propicien el desarrollo sostenible en todos los servicios. Por otra parte, se tendrá en cuenta la normativa sobre edificación bioclimática y el Código Técnico de la Edificación, esta norma busca establecer las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad. Consta de una primera parte que contiene las Condiciones Técnicas y Administrativas, las Exigencias Básicas y las Disposiciones Generales; y una segunda parte que incluye los denominados Documentos Básicos. La eficiencia energética se aborda en el Documento Básico de Ahorro de Energía. En él se incluyen tanto estrategias energéticas pasivas (como pueden ser la orientación o la mejora de la envolvente del edificio) como estrategias energéticas activas (incorporación de instalaciones y sistemas). Además, se caracterizan y cuantifican las exigencias básicas mediante niveles o valores límite de las prestaciones de los edificios y se establecen procedimientos de cálculo y verificación para acreditar el cumplimiento de dichas exigencias. (ICF, 2012)

Las normas y leyes especificadas anteriormente aunque no sean de carácter vinculante serán pieza clave para complementar la normatividad nacional que se tendrá en cuenta para el desarrollo de la propuesta, internacionalmente por las entidades Europeas. A continuación se presentaran las leyes y normas que rigen en Colombia.

## **1.9 NORMAS Y LEYES QUE RIGEN EN COLOMBIA**

Según la Constitución Política Colombiana todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. CP de 1991, (Art. 79). Además el estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. CP de 1991, (Art. 80).

Por otra parte el Ministerio de Vivienda y Territorio promueve La Ley 1715 de 2014 que “incentiva el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía”, la cual tiene por objeto “promover el desarrollo y utilización de energías renovables, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, (Art. 1) (Territorio, 2015).

Por su lado, la Ley 99 de 1993 o Ley del medio ambiente establece los Principios Generales Ambientales a partir del proceso de desarrollo económico y social del país, el cual a su vez se sustenta en los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo. De la misma forma se dio la Creación y Objetivos del Ministerio del Medio Ambiente como organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de impulsar una relación de respeto y armonía del hombre con la naturaleza y de definir, en los términos de la presente Ley, las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la Nación a fin de asegurar el desarrollo sostenible. (Colombia, Ley de medio ambiente, 1993)

Otro de los objetivos clave para el desarrollo sostenible, es garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres. (Colombia, Ley 388, Ordenamiento Territorial, 1997)

Seguidamente la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible. (Colombia, Dec. 3570, 2011). Otras normas que influyen el proyecto son:

Normativa de Colombia "Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismorresistentes" (Territorio M. d., 2010)

Por su parte la Ley 142 educa e inicia el camino para el establecimiento e implementación de la política pública de regulación definiendo qué espacio concierne a cada SPD (acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, TPBC, telefonía local móvil en el sector rural) y los diferentes modelos tarifarios para cada uno de estos servicios. (Colombia, Ley 142 de (SPD), 1994)

Este Consejo se reúne para plantear proyectos y programas que den solución a las necesidades económicas y sociales del país. (CONPES, 1958)

El proyecto se llevara a cabo según la Normativa Plan de Ordenamiento Territorial, (POT) Duitama, el cual se estudiará más adelante, en el análisis del contexto local.



# Capítulo II

**ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA  
DESTACANDO LAS  
GENERALIDADES DEL ENTORNO**

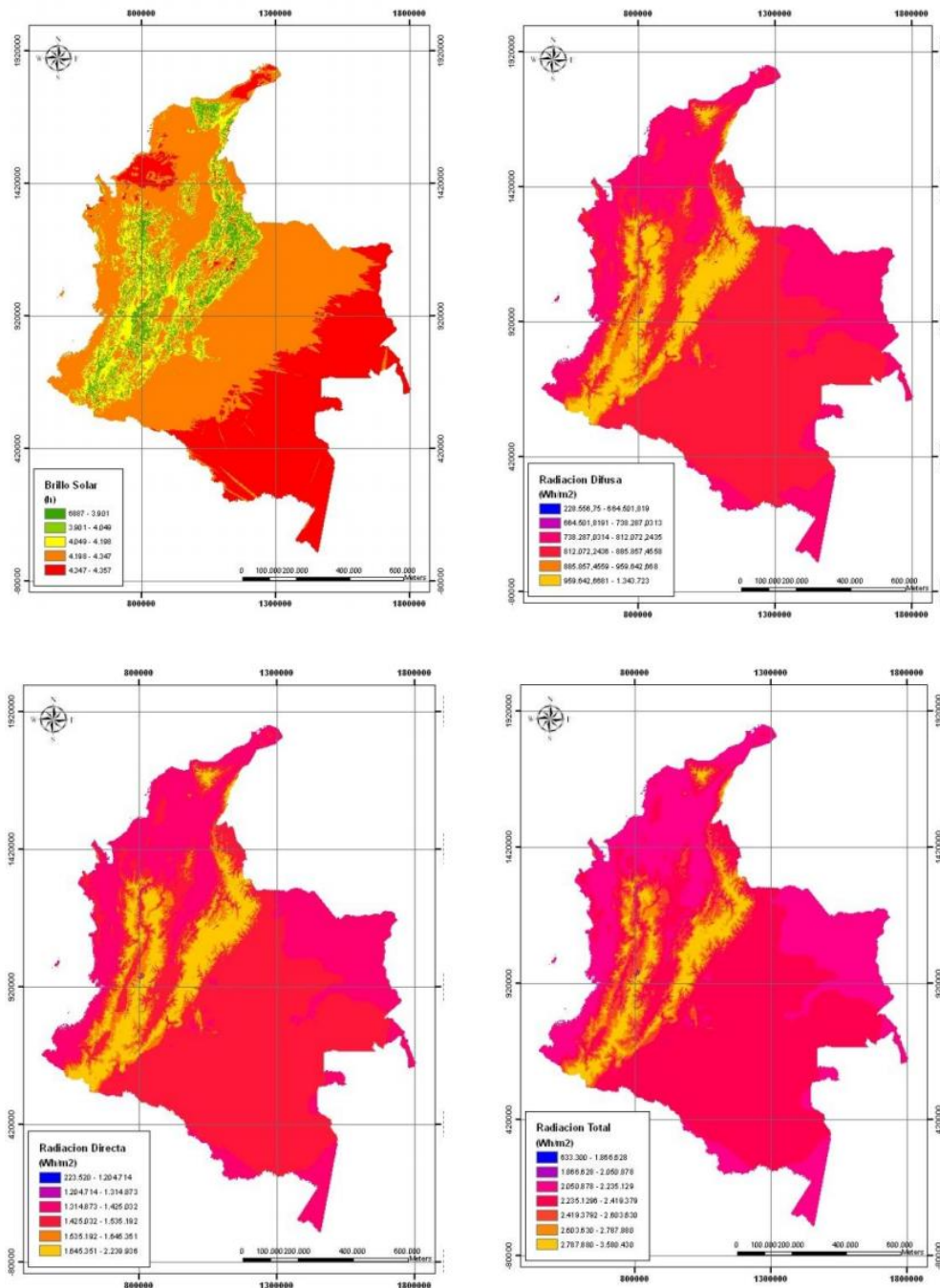
## **2. ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA DESTACANDO LAS GENERALIDADES DEL ENTORNO**

Una de las particularidades generales de Colombia es que su ubicación geográfica es una zona estratégica para la implementación de energías renovables no convencionales en el sistema nacional de energía.

### **2.1 GENERALIDADES DE LA ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA**

Según El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales la región de mayor radiación solar en el país es la península de la Guajira y sus valores máximos se representan en el mes de julio, con promedios superiores a  $650 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$ . Este valor desciende gradualmente hasta diciembre, mes en que se presenta el valor mínimo de  $530 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$ . (IDEAM, 2012)

En la región Andina sobresale el altiplano Cundiboyacense, con valores máximos en febrero en los niveles de  $480 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$ , que luego descienden gradualmente hasta junio, mes de mínimos con  $420 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$ ; nuevamente se incrementan poco a poco hasta septiembre, para descender hasta noviembre. El resto de la región Andina presenta el mismo comportamiento durante el año con menores valores, con extremos de 400 y  $320 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$  para febrero y junio. (UPME, 2012)



**Mapa 1: Radiación solar totales anuales.**

Fuente: Tomado de, <http://www.todacolombia.com/geografia/mapas/maparadiacionsolarcolombia.gif>

Implementación de bases de datos y metodologías para la evaluación periódica del recurso solar y la difusión de mapas con su distribución espacial en el territorio nacional.

En general, Colombia tiene un buen potencial energético solar en todo el territorio, con un promedio diario multianual cercano a 4,5 kWh/m<sup>2</sup> (destacándose la península de La Guajira, con un valor promedio de 6,0 kWh/m<sup>2</sup> y la Orinoquia, con un valor un poco menor), propicio para un adecuado aprovechamiento.

En la región Andina sobresale el altiplano Cundiboyacense, con valores máximos en febrero en los niveles de 480 cal/cm<sup>2</sup>/día, que luego descienden gradualmente hasta junio, mes de mínimos con 420 cal/cm<sup>2</sup>/día; nuevamente se incrementan poco a poco hasta septiembre, para descender hasta noviembre. El resto de la región Andina presenta el mismo comportamiento durante el año con menores valores, con extremos de 400 y 320 cal/cm<sup>2</sup>/día para febrero y junio. (IDEAM, 2012)

Una aproximación a la disponibilidad promedio multianual de energía solar por regiones es:

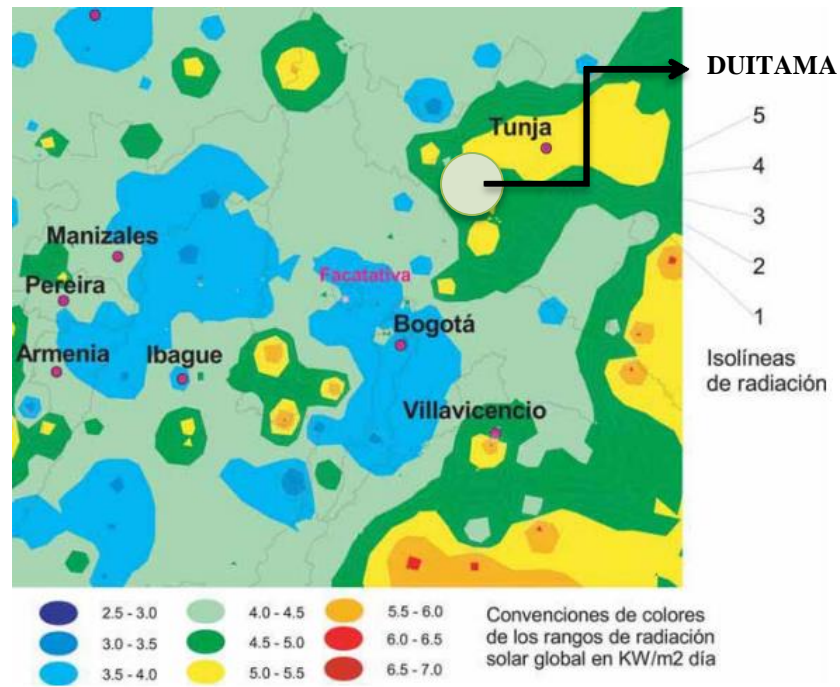
**Tabla 5: Radiación solar en las regiones nacionales.**

REGIÓN	kWh/m <sup>2</sup> /año
GUAJIRA	2.190
COSTA ATLÁNTICA	1.825
ORINOQUIA	1.643
AMAZONIA	1.551
ANDINA	1.643
COSTA PACÍFICA	1.278

Fuente: [http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/1-Atlas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/1-Atlas_Radiacion_Solar.pdf)

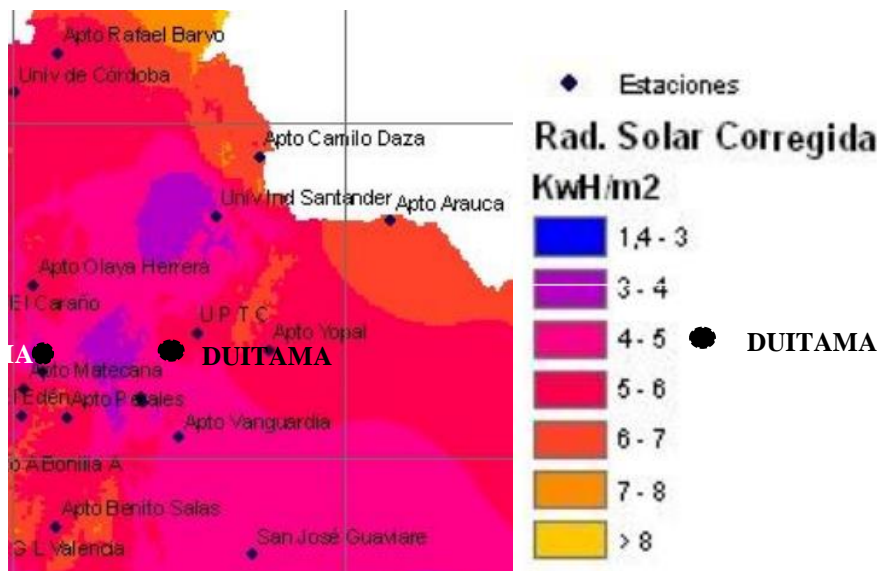
Colombia, como país oferente en energía, cuenta con importantes reservas de carbón, reservas limitadas de petróleo y gas natural, pero se encuentra en una franja donde la dotación de recursos energéticos renovables es prometedora, Optimizar las opciones energéticas de la nación, es un ejercicio fundamental para ampliar gama de alternativas y recursos naturales que conforman el país. Además, mientras que el país es una fuente modesta de las emisiones de gases de efecto invernadero, el país es muy consciente de la necesidad de plantear un desarrollo energético bajo en emisiones de carbono, esto debido a su vulnerabilidad a los impactos causados por el calentamiento global según los informes del Proyecto de Adaptación Nacional Integrado. (Banco Mundial, 2006).

La República de Colombia, está ubicada desde los 4° 13' 30" de latitud sur, hasta los 12° 27' 46" de latitud norte; y desde los 66° 50' 54" al occidente del meridiano de Greenwich por el oriente, hasta los 79° 0' 23" del mismo meridiano por el occidente (Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, 2007)



Mapa 2: Rangos de radiación solar global en kW/ m<sup>2</sup>día.

Fuente: Tomado de, <http://www.todacolombia.com/geografia/mapas/maparadiacionsolarcolombia.gif>



Mapa 3: Radiación solar en Duitama.

Fuente: Tomado de, <http://www.todacolombia.com/geografia/mapas/maparadiacionsolarcolombia.gif>

El municipio de Duitama por su ubicación geográfica cuenta con una radiación de 4,5 horas Sol, es decir que 1 hora Sol sería igual a 1kWh/m<sup>2</sup>.

En la actualidad a pesar de que el gremio energético en Colombia ya cuenta con más de 60 años de experiencia y de funcionamiento, aún se estima que más de un millón de familias no cuentan con acceso a los servicios modernos de electricidad.

En Colombia la idea de electrificación rural por medio de sistemas alternativos ha tomado fuerza en los últimos años, generando estudios de viabilidad y de las características de radicación solar en el país, según (Energreencol, 2012).

En la tabla 5 se muestra una de las causas por las cuales es necesario mitigar la contaminación.

**Tabla 6: Emisiones de gases de efecto invernadero.**

LEAP Año Base 2005	Emisiones Sectores de Consumo LEAP [Billones de gramos]			
	Dióxido Carbono	Metano	Oxido nitroso	Total
Residencial	5873	69	18	5960
Industria	12787	51	157	12996
Transporte	23237	108	71	23415
Agrícola y Minero	1295	254	60	1609
Comercial	713	51	31	795
<b>Total</b>	<b>43904</b>	<b>533</b>	<b>337</b>	<b>44774</b>

Fuente: INERDEM

Los resultados de las emisiones de gases de efectos invernadero emitidos por el sector residencial corresponde a un 20% de las emisiones totales emitidas por la población Colombiana, los anteriores son subsectores, basados en los factores de emisión por combustión de energéticos y demás metodologías de la comunicación que el IDEAM desarrolló para calcular la emisión de gases. (IDEAM, 2012).

## 2.2 CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

Para la desarrollar el “Modelo de optimización energética con energía solar en viviendas unifamiliares”. Aplicado en la vereda la Pradera del municipio de Duitama, es fundamental conocer su localización; asimismo, las condiciones topográficas y variables ambientales, y solares del lugar citado.

## 2.3 LOCALIZACIÓN

La vereda la Pradera seleccionada para el análisis de viabilidad del modelo arquitectónico que revelara las pautas necesarias para la optimización energética con



energía solar en viviendas unifamiliares, se ubica geográficamente en el municipio de Duitama, en el departamento de Boyacá, Colombia. Se escogió este municipio porque es uno de los que ha impulsado el uso de la energía solar en las viviendas.

#### **2.4 UBICACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE BOYACA**

Boyacá limita al norte con los departamentos de Santander, y Norte de Santander, al este con Venezuela, al sur con el departamento de Cundinamarca, y Casanare y al oeste con Antioquia y Santander.



**Ilustración 38. Ubicación del departamento de Boyacá.**

Fuente: POT, Duitama.

#### **2.5 UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE DUITAMA**

Duitama es un municipio de Colombia, que se encuentra ubicada en el departamento de Boyacá, situada en el centro –oriente de Colombia, en la región de Alto Chicamocha. Cuenta según el estimado del DANE para el 2012 con una población de 112.243 habitantes. Además se encuentra a una altura de 2.590 m.s.n.m.



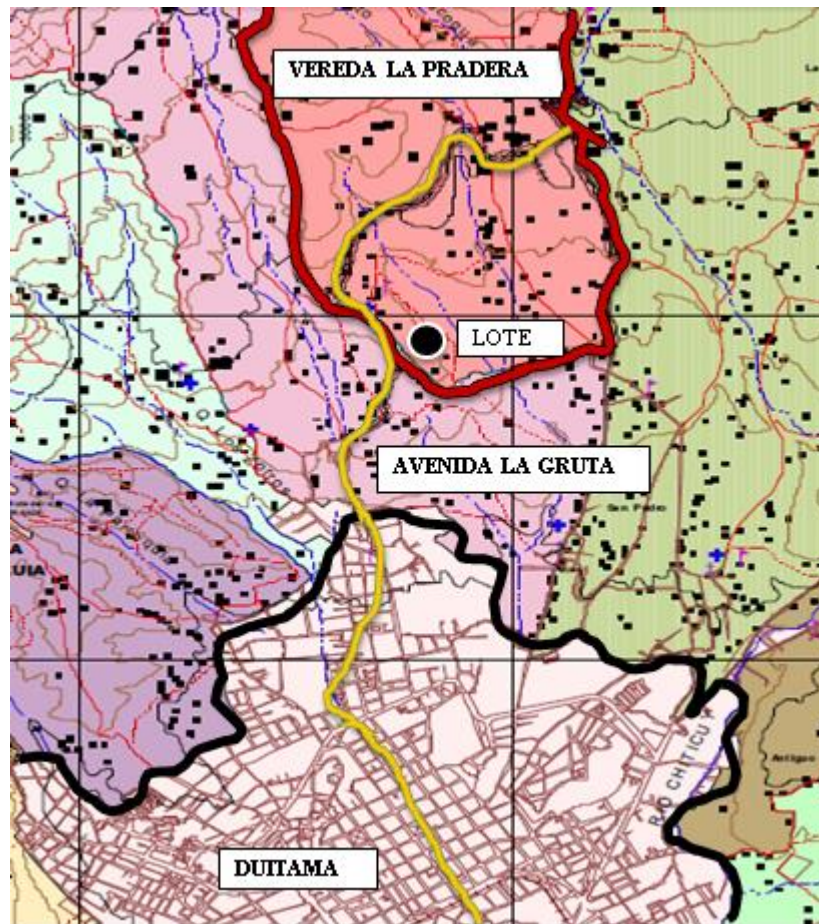
**Ilustración 39: Ubicación del Municipio de Duitama**

Tomado de: <https://www.google.com.co/search?q=mapa+de+boyacaboyaca.gov.co>

Duitama limita por el norte con el departamento de Santander, Municipios de Charalá y Encino; por el sur con los Municipios de Tibasosa y Paipa; por el oriente con los Municipios de Santa Rosa de Viterbo y Belén; y por el occidente con el Municipio de Paipa.

## 2.6 UBICACIÓN DE LA VEREDA LA PRADERA

La vereda la Pradera se localiza en el municipio de Duitama al noreste de la cabecera municipal y a 5 Km de ella. Consta de una superficie de 896.2972 Km<sup>2</sup>, Población de 1000 habitantes, y una temperatura de 12°, y sistema de Red vial veredal.



**Ilustración 40.**Localización Vereda la Pradera, municipio de Duitama.

Fuente: elaboración propia a partir del (POT, Duitama).

## 2.7 CARACTERIZACIÓN GEOGRAFICA

El Municipio de Duitama, se localiza un área de ecosistema de páramos conformados por el de Pan de Azúcar y la Rusia. Este ecosistema de páramo del Sistema montañoso de Los Andes, da origen a una excepcional estrella hidrográfica, alimentando los Ríos que bañan regiones correspondientes a los departamentos de Boyacá y Santander.

Las características geográficas presentes en la vereda la Pradera son: terreno de tipo montañoso, con zonas boscosas y de uso para la agricultura, y ganadería, posee una latitud de  $5^{\circ}50'31.99''N$ , longitud  $73^{\circ} 3'27.74''O$ , y la inclinación del terreno corresponde  $40.000000^{\circ}$  de pendiente



**Ilustración 41: Geografía Vereda la Pradera.**

Fuente: imagen tomada de GoogleMap, y modificada por la autora.



**Ilustración 42: Ubicación del lote.**

Fuente: imagen tomada de GoogleMap, y modificada por la autora.



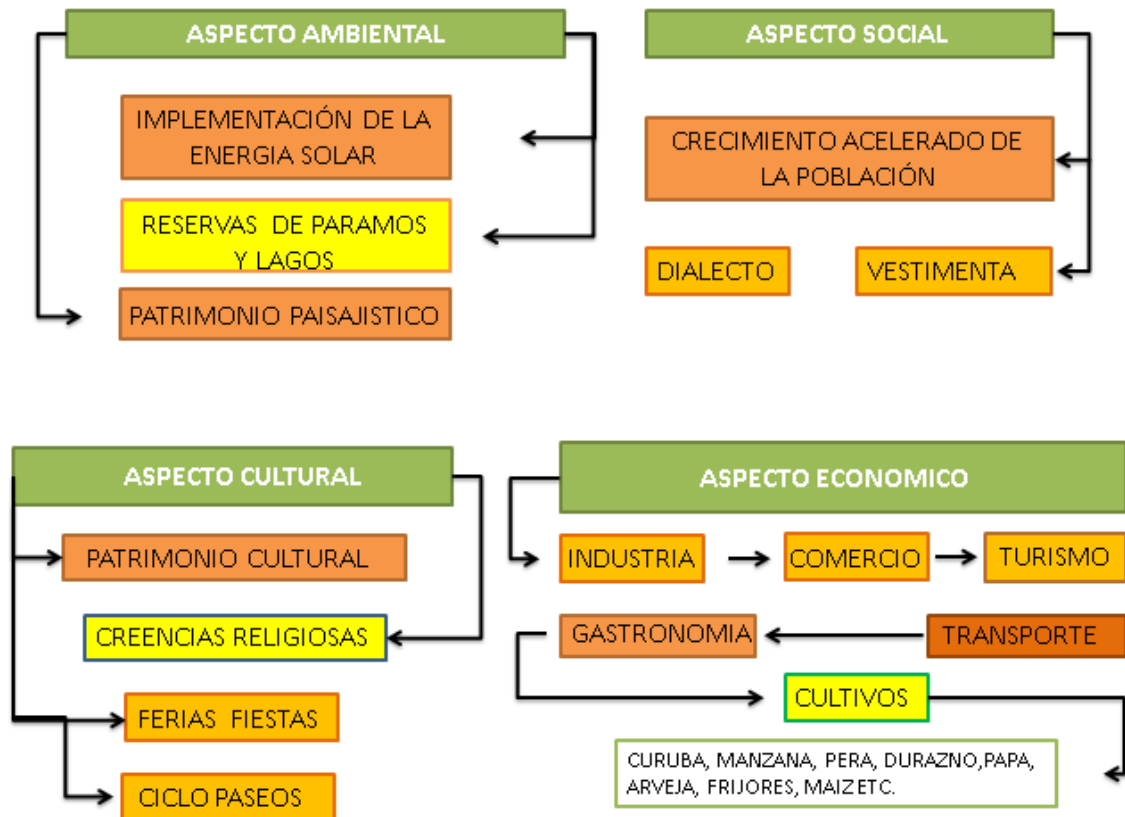
**Ilustración 43: Localización de viviendas vecinas al lote.**

Fuente: imagen tomada de GoogleMap, y modificada por la autora.

La relación de la entidad territorial con respecto a las demás áreas, es que todas poseen espacios para el desarrollo de actividades complementarias al habitacional, es decir prácticas de la actividad agropecuaria y la ganadería.

## 2.8 ASPECTOS GENERALES DE DUITAMA

Dentro de los aspectos ambiental, cultural, social y económico se pueden destacar las principales prácticas y actividades de la población de Duitama:



**Gráfico 4: Aspectos generales de Duitama.**

Fuente: Elaboración propia a partir de POT, Duitama.

La mayoría de estas actividades son las que fomentan el empleo, la recreación y muestran además la imagen general de lo que conforma al municipio.

Estos aspectos arrojan ciertas características de cómo está conformado el municipio en la actualidad

- Hacinamiento por el sobre poblamiento
- Caos en las vías por la cantidad de vehículos particulares y de tráfico pesado.
- Conurbación de usos residenciales hacia las industrias por la escasez de espacio en el municipio
- Contaminación visual, auditiva y ambiental emitida por los vehículos pesados que obligatoriamente deben atravesar el municipio.
- El municipio no tiene una planificación adecuada en sus servicios domiciliarios

En vista de que el municipio de Duitama posee ciertas características particulares por contener dentro de ella una infraestructura que combina la mayoría de los usos en el casco urbano, que además está generando un caos para el desarrollo adecuado de viviendas, vale la pena empezar a descentralizar el uso habitacional pero esta de forma exenta, en el suelo rural, con el fin de mejorar la calidad de vida y las condiciones de habitabilidad se fortalezcan de manera sostenible, es decir, diseñando a partir de las condiciones climáticas y topográficas del municipio en general, partiendo de nuevas técnicas como la integración del diseño arquitectónico con las pautas de la energía solar pasiva y activa.

## 2.9 ESCALAS DE APROXIMACIÓN AL TERRITORIO

**Tabla 7: Matriz DOFA municipio de Duitama.**

DEBILIDADES	FORTALEZAS
<p>Carencias de espacio público, zonas verdes, senderos peatonales y ciclorutas.</p> <p>Infraestructura vial en mal estado. El transporte de vehículos pesados por las avenidas principales. Exceso de automóviles.</p> <p>Las aguas residuales y pluviales son recolectadas y transportadas por el mismo sistema (alcantarillado combinado), además está construido en tubería de Grees.</p> <p>Los usos del suelo están siendo cambiados de forma espontánea por el crecimiento acelerado de la población.</p> <p>No hay una adecuada distribución en el sector residencial.</p> <p>La población no posee escenarios deportivos incluyentes, en donde personas con movilidad reducida puedan interactuar de igual modo que una persona normal, además no hay nodos complementarios al centro que ayuden a descentralizar las prácticas comerciales.</p>	<p>Existe espacio suficiente para la inclusión de obras de urbanismo en Duitama.</p> <p>Duitama cuenta con alto potencial de turismo principalmente por su área metropolitana comprendida por Nobsa, Tibasosa, y Paipa las cuales demandan el 50% de los recursos económicos del municipio.</p> <p>En la actualidad la red pública se está cambiando a tubería de PVC y algunos tramos del municipio están reemplazándose por alcantarillado separado, es decir independiente.</p> <p>La cercanía a ciudades como Sogamoso, Tunja y Bogotá, permite que Duitama sea un paso obligado para las personas que a diario circundan por este lugar, lo cual va a generar un impacto a nivel social, económico, ambiental y territorial lo que trae consigo beneficios a nivel de la región.</p> <p>En la actualidad, cierta población de Duitama está construyendo sus viviendas en el área suburbana y rural.</p> <p>Existen suficientes espacios intersticios dentro de Duitama, en donde pueden llevarse a cabo parques recreativos inclusivos y de origen ambiental.</p> <p>Además se pueden proyectar en estos espacios actividades comerciales que atraigan a la población y ayuden a descongestionar el centro.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir del POT Duitama.

De acuerdo con la matriz anterior se puede inferir que Duitama posee el potencial necesario para contrarrestar las debilidades que hacen de esta ciudad en transición, un lugar cortó en infraestructura pero amplio en territorio para llevar a cabo el desarrollo de las actividades que la identifican, y que de una u otra manera son el sustento económico del municipio.

A continuación se mostraran las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas (DOFA) de la Vereda.

**Tabla 8: Matriz DOFA, Vereda la Pradera.**

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	FORTALEZAS	AMENAZAS
La vía de acceso a la vereda es muy angosta.	Según el POT, para el 2020 las ampliaciones de las vías en zona rural deben estar terminadas.	Existe gran extensión de terreno para llevar a cabo ampliaciones viales.	En algunos tramos los propietarios del lindero con la vía no permiten que se realice la ampliación.
No existen obras de urbanismo como senderos peatonales y ciclorutas.	Diseñar espacio público en el área rural es atractivo y fomenta el crecimiento de la población campesina.	El territorio es el más adecuado para realizar obras que se integre con el entorno.	Inseguridad por la ausencia de alumbrado público en la vía.
No hay una red de alcantarillado público veredal. Cada vivienda posee su posa setica.	El POT, reglamenta la construcción de la conexión domiciliaria veredal.	El trazado del alcantarillado veredal ya se encuentra delimitado por la secretaria de planeación municipal.	Los procesos deben ser minuciosamente aplicados para no generar problemas en el suelo rural.
Construir en esta zona incrementa los costos, por las características topográficas.	El suelo rural posee mejores condiciones por la mejorar la calidad vida y el desarrollo.	En este sector se destacan actividades agrícolas, pecuarias y el desarrollo de vivienda unifamiliar campestre.	Riesgo porque las zonas de reservas o humedales se exponen a la contaminación.
No hay conexión a la energía eléctrica.	Existe la iniciativa de abastecer el consumo energético con energía solar.	Hay suficiente espacio para implementar estas energías.	Bajo nivel de vida por la ausencia de la energía eléctrica



La zona rural no posee los recursos para tecnificar la producción agrícola.	El sector agropecuario está incentivado en el plan de desarrollo de Duitama.	Posee grandes extensiones para el desarrollo de estas actividades.	El aumento de maquinaria para la producción de cultivos genera emisiones de gases.
El valor de los lotes en zona rural ha incrementado	El desarrollo habitacional de esta zona se presta para libertad en el diseño de viviendas.	Los lotes poseen características únicas como topografía, arborización, panorámicas etc.	Los costos de construcción pueden aumentar debido a la complejidad topográfica.

Fuente: Elaboración propia a partir del POT Duitama.

La matriz DOFA refleja los múltiples problemas y potencialidades de la vereda, la cercanía con el municipio de Duitama es determinante ya que serviría de apoyo en los servicios educativos, salud y mercaderes para los habitantes de las veredas.

Otra característica importante es que al no contar con el acceso a la red eléctrica, es más conveniente desarrollar viviendas autosuficientes, es decir, que a través de su diseño satisfaga las necesidades energéticas.

La planificación del suelo rural, según el POT, se plantea:

- Tres hectáreas de tierra por vivienda.
- Cerramiento y aislamiento para cada vivienda.
- Cuatro fachadas.
- Dos pisos.
- Altillo.
- Desarrollo de actividad agrícola.

Por todo lo anterior, se puede concluir que diseñar viviendas en el área rural facilita la implementación de energías renovables en el sistema constructivo y además crea la necesidad de integrar nuevos conceptos de diseño bioclimático en conjunto con el entorno y paisaje.



# Capítulo III

## DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE VIVIENDA CON ENERGÍA SOLAR

### **3. DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE VIVIENDA CON ENERGÍA SOLAR**

Durante el proceso que se llevó a cabo para el desarrollo de la investigación en pro de obtener el modelo arquitectónico de vivienda que integre la energía solar pasiva y activa en su diseño, se tendrán en cuenta cada uno de los conceptos y aplicaciones estudiados durante todo el proceso teórico, entre los cuales el comportamiento térmico de los materiales, los conceptos como asolación, ventilación e iluminación natural, la implementación de colectores solares térmicos y paneles solares fotovoltaicos. Lo anterior, con el fin de divulgar el potencial energético y de radiación que por ubicación geográfica recibe la zona de Boyacá, además se proyectaran la aplicación de la arquitectura basada en el aprovechamiento energético desde la composición formal del diseño arquitectónico y las condiciones climáticas y topográfica la cual son el principal requisito para establecer la sostenibilidad ambiental.

#### **3.1 PRINCIPIOS DE DISEÑO**

**UNIDAD:** Es el principio básico de composición formal en la comunicación visual, es en definitiva lo que más ayuda a la transmisión del mensaje de cualquier diseño. La unidad es lo que da coherencia a todo lo anterior y nos indica que el diseño está bien construido.

**RITMO:** Colocar elementos dentro de la composición en direcciones contrarias permite aumentar la sensación de movimiento. Por ejemplo, en un plano horizontal emplear giros en diferentes radios genera movimiento.

**ASIMETRÍA O INFORMALIDAD:** Permite incrementar las posibilidades en la colocación de los elementos dentro de una composición, pues dichos elementos no tienen que estar estrictamente centrados. Se pueden emplear distintos tamaños, formas y contrastes, además de modificar su posición dentro de la maquetación.

**JERARQUÍA O DOMINANCIA:** ¿Qué elementos dominaran el diseño, y sobre que se quiere llamar la atención? todo buen diseño tiene algo que atrae las mirada, este elemento dominante debe tener impacto, capturar rápidamente la atención e interés del espectador.

**EQUILIBRIO:** Posición de los elementos dentro y fuera de la composición formal del objeto de forma balanceada de tal manera que el impacto visual sea proporcional.

**METÁFORA DE IDEAS:** El diseño expresa ideas intangibles como la tranquilidad, silencio, innovación, confort entre otros.

**RELEVANCIA Y APORTACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO:** La técnica constructiva cobra relevancia en el uso, explotación combinación y creación de instalaciones alternativas.

**ADAPTACIÓN CONTEXTUAL:** Tiene como base el entorno físico, natural y artificial que lo rodea.

### 3.2 ESTRATEGIAS EXTERNAS

**Tabla 9: Matriz DOFA de estrategias externas.**

MATRIZ DE RELACIONES INTERNAS DE DUITAMA		
DEBILIDADES	FORTALEZAS	ESTRATEGIAS
Carencias de espacio público, zonas verdes, senderos peatonales y ciclorutas.	Existe espacio suficiente para la inclusión de obras de urbanismo en Duitama.	Generar espacios participativos donde la población divulgue las necesidades de su ciudad.
Infraestructura vial en mal estado.	Duitama cuenta con alto potencial de turismo principalmente por su área metropolitana comprendida por Nobsa, Tibasosa, y Paipa las cuales demandan el 50% de los recursos económicos del municipio.	Estudiar las opiniones de la población y fortalecerlas en el plan de desarrollo municipal.
El transporte de vehículos pesados por las avenidas principales del municipio de Duitama.		Generar conciencia acerca de los problemas viales que tienen las vías, y crear un anillo vial que reestructure la ciudad.
Contaminación ambiental por el exceso de automóviles.	En la actualidad la red pública se está cambiando a tubería de PVC y algunos tramos del municipio están reemplazándose por alcantarillado separado, es decir independiente.	Incentivar el transporte no contaminante como la bicicleta, generando nuevos espacios urbanos.
Las aguas residuales y pluviales son recolectadas y transportadas por el mismo sistema (alcantarillado combinado), además está construido en tubería de Grees.	La cercanía a ciudades como Sogamoso, Tunja y Bogotá, permite que Duitama sea un paso obligado para las personas que a diario circundan por este lugar, lo cual va a generar un impacto a nivel social, económico, ambiental y territorial lo que trae consigo beneficios a nivel de la región.	Reestructurar la norma del POT Duitama, en beneficio de la comunidad.
Los usos del suelo están siendo cambiados de forma espontánea por el crecimiento acelerado de la población.		Fomentar la aplicación de energías renovables no convencionales en el sector residencial.
No hay una adecuada distribución en el sector residencial.	En la actualidad, cierta población de Duitama está construyendo sus viviendas en el área suburbana y	Crear espacios en los que personal especializado, muestre a la comunidad nuevas alternativas de construcción con materiales de la región.

<p>La población no posee escenarios deportivos incluyentes, en donde personas con movilidad reducida puedan interactuar de igual modo que una persona normal, además no hay nodos complementarios al centro que ayuden a descentralizar las prácticas comerciales y de servicios públicos que se dan en el municipio, las cuales están ocasionando un descontrol en la movilidad.</p>	<p>rural.</p> <p>Existen suficientes espacios intersticios dentro de Duitama, en donde pueden llevarse a cabo parques recreativos inclusivos y de origen ambiental.</p> <p>Además se pueden proyectar en estos espacios actividades comerciales que atraigan a la población y ayuden a descongestionar el centro.</p>	<p>Dar a conocer a la comunidad las desventajas de mezclar los usos residenciales con usos industrial, comercial, institucional etc.</p> <p>Desarrollar nuevos métodos de realizar arquitectura, especialmente en el área rural, con el fin de incentivar el sector agropecuario.</p> <p>Estudiar las posibilidades de generar espacios incluyentes y operativos, que generen empleo en el sector y sirvan de atractivo turístico para toda la población.</p>
---	---	---

Fuente: Elaboración propia a partir del POT Duitama.

Las estrategias externas mencionadas anteriormente en la matriz DOFA, reflejan las alternativas de como potencializar la infraestructura del municipio, con el fin de generar mayor impacto a nivel regional y local.

### 3.3 ESTRATEGIAS INTERNAS

**Tabla 10: Matriz DOFA de estrategias internas de la vereda la Pradera.**

OPORTUNIDADES	AMENAZAS	ESTRATEGIAS
<p>Según el POT, para el 2020 las ampliaciones de las vías en zona rural deben estar terminadas.</p>	<p>El índice de accidentalidad de la población rural en la vía es notable. Pero este proceso de ampliación no se ha podido llevar por que los propietarios del lindero con la vía no permiten que se realice la ampliación.</p>	<p>Concienciar a la población a través de capacitaciones locales acerca de las ventajas que trae la ampliación de la vía y los accidentes que se van a prevenir una vez realizada la ampliación.</p>
<p>Diseñar espacio público en el área rural es atractivo y fomenta el desarrollo del campo.</p>	<p>Inseguridad por la ausencia de alumbrado público en la vía.</p>	<p>Incentivar a la población a la utilización de energías renovables no convencionales, para adquirir el descuento en los impuestos.</p>
<p>El POT, reglamenta la construcción de la conexión domiciliaria veredal.</p>	<p>Los procesos deben ser minuciosamente aplicados para no generar problemas</p>	<p>Se debe tener en cuenta la participación de los habitantes de la zona, con</p>

<p>El suelo rural posee mejores condiciones para mejorar la calidad vida y el desarrollo.</p>	<p>en el suelo rural.</p> <p>Riesgo porque las zonas de reservas o humedales se exponen a la contaminación.</p>	<p>el fin de generar empleo y mejorar la calidad de vida.</p> <p>Capacitar a los habitantes del campo para construir con los criterios de la arquitectura bioclimática y la energía solar pasiva y activa como sostenimiento energético.</p>
<p>Existe la iniciativa de abastecer el consumo energético con energía solar.</p>	<p>Bajo nivel de vida por la ausencia de la energía eléctrica en las viviendas.</p>	<p>Debido a la inaccesibilidad de la electricidad a la zona rural es necesario generar nuevos tipos de fuentes de energía para las viviendas.</p>
<p>El sector agropecuario esta incentivado en el plan de desarrollo de Duitama.</p>	<p>El aumento de maquinaria para la producción de cultivos genera emisiones de gases.</p>	<p>Fomentar la producción de cultivos que no dependan de maquinarias que generen contaminación.</p>
<p>El desarrollo habitacional de esta zona se presta para libertad en el diseño de viviendas.</p>	<p>Los costos de construcción pueden aumentar debido a la complejidad topográfica.</p>	<p>Generar nuevas alternativas de construcción a partir de capacitaciones que impulsen y revelen las técnicas básicas para diseñar de acuerdo a las condiciones climáticas y topográficas.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir del POT Duitama.

A partir de la matriz de estrategias internas de la vereda, se puede inferir que el desarrollo puede partir de un proceso progresivo que impulse a las mejoras en las condiciones de habitabilidad y a su vez contribuyan a l medio ambiente.

### 3.4 ESTRATEGIAS DE DISEÑO

Aspectos a tener en cuenta en el diseño arquitectónico de vivienda unifamiliar con energía solar pasiva y activa.

General:

1. Identificación del lote en la vereda

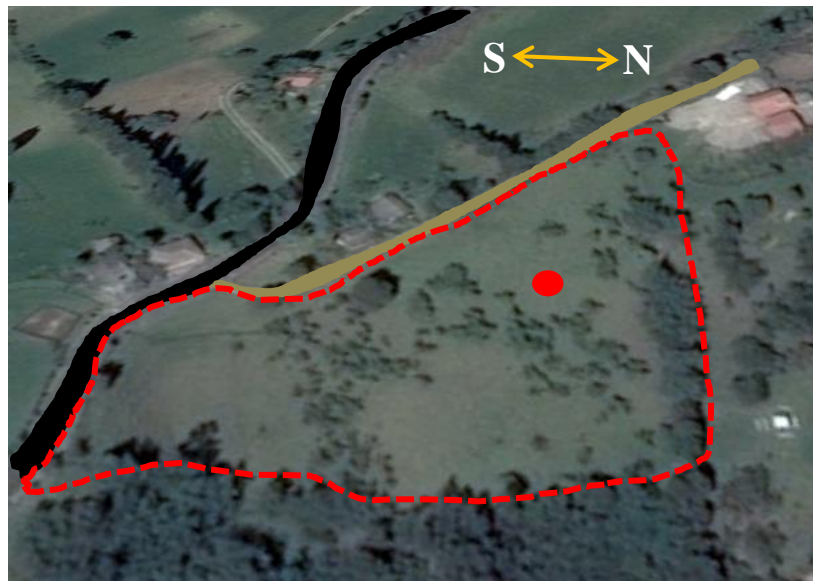


**Ilustración 44: Identificación del lote, asolación y vientos.**

Fuente: Tomado de Google Earth, modificado por la autora.

La imagen anterior muestra la ubicación del lote con respecto a la orientación del sol y los vientos, con el fin de aplicar las pautas del diseño pasivo en el diseño y funcionamiento de la vivienda.

2. Localización de la vivienda en el lote, según la orientación sur.



**Ilustración 45: Ubicación de la vivienda en el lote.**

Fuente: Tomado de Google Earth, modificado por la autora.

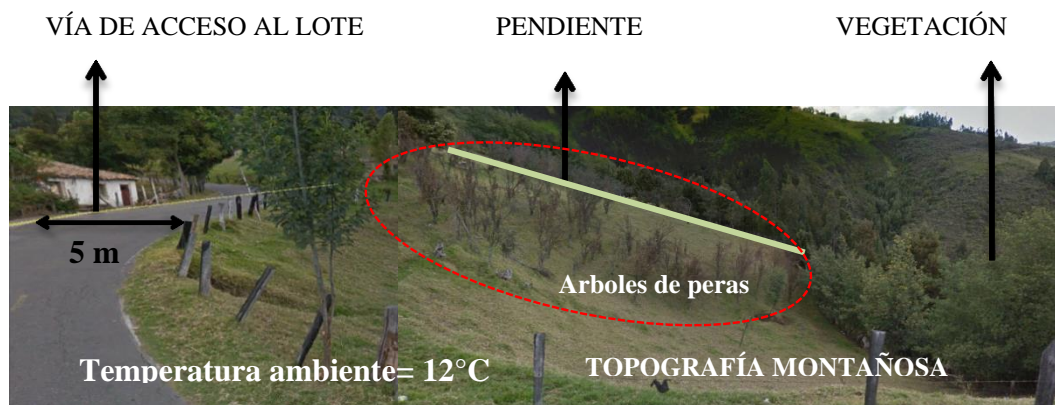
Particularidades de la vivienda:

1. Definir frentes y vanos de acuerdo a la orientación del Sol.

2. Definir sistema constructivo, de la vivienda teniendo en cuenta materiales que aporten inercia térmica.
3. Diseñar el muro colector que tendrá el agua para el funcionamiento de toda la vivienda a partir de la energía solar pasiva.
4. Distribuir en planta la red de piso y muros radiantes
5. Definir el lugar donde reposaran baterías y todo el sistema de control de la energía solar activa, como colectores y paneles solares.
6. Distribuir la vivienda de acuerdo a los criterios del diseño pasivo
7. Realizar el diseño arquitectónico con la tubería respectiva de los sistemas para la optimización energética de la vivienda.

### 3.5 DISEÑO FORMAL Y ESPACIAL

En este proceso se tendrá en cuenta la integración de las características ambientales del entorno (condiciones climáticas y topográficas), que inciden para diseñar a partir de las pautas de la energía solar pasiva. Tener en cuenta estas condiciones, es determinante para lograr el equilibrio entre el diseño y el entorno.



**Ilustración 46: características topográficas del lote.**

Fuente: fotografía tomada y modificada por la autora.

Arboles del lote:

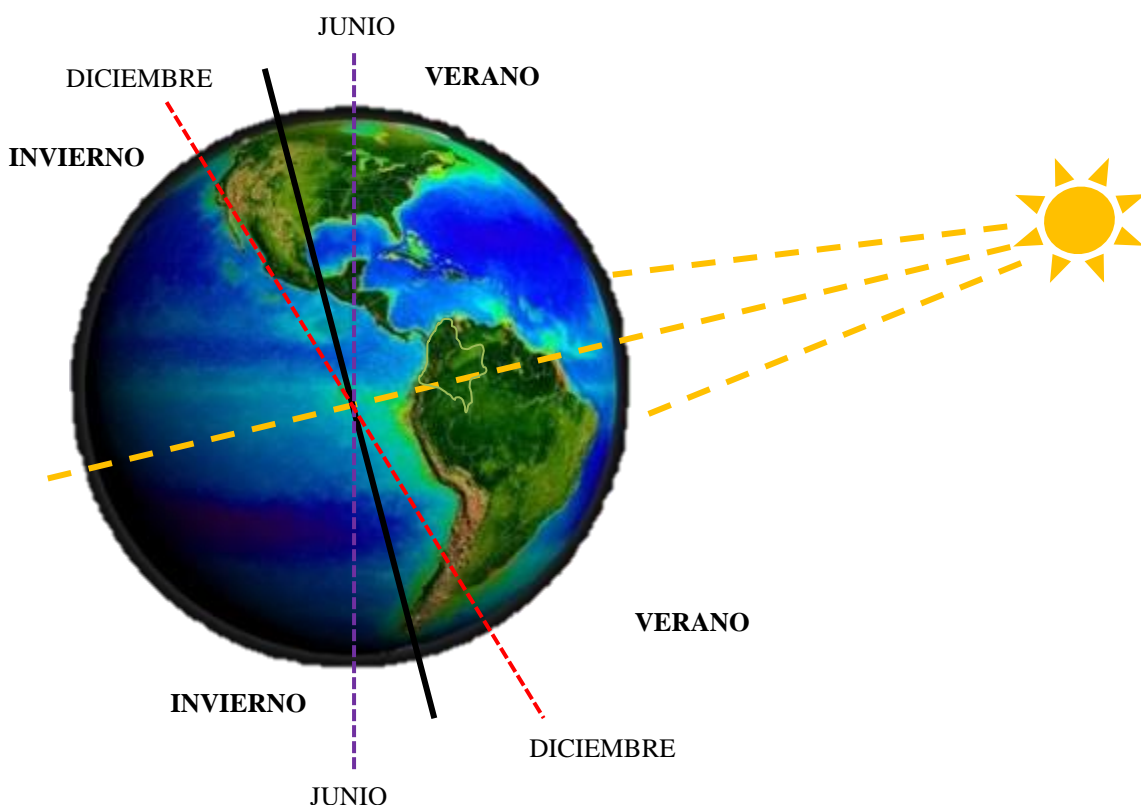
- Árbol de pera
- Ciruelos
- Pino
- Eucalipto
- Acacias



Este lote conocido como finca San Isidro, se caracteriza por que sus tierras son fértiles para la producción de peras y ciruelas.

Una de las ventajas del lote también es su ubicación, pues se encuentra justo al lado de la vía de Duitama que comunica con el municipio de Charalá, se caracteriza por ser una vía activa principalmente los fines de semana por que esta comunica con el páramo de Pan de Azúcar y la Rusia.

### 3.5.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ASOLACIÓN EN LA TIERRA.



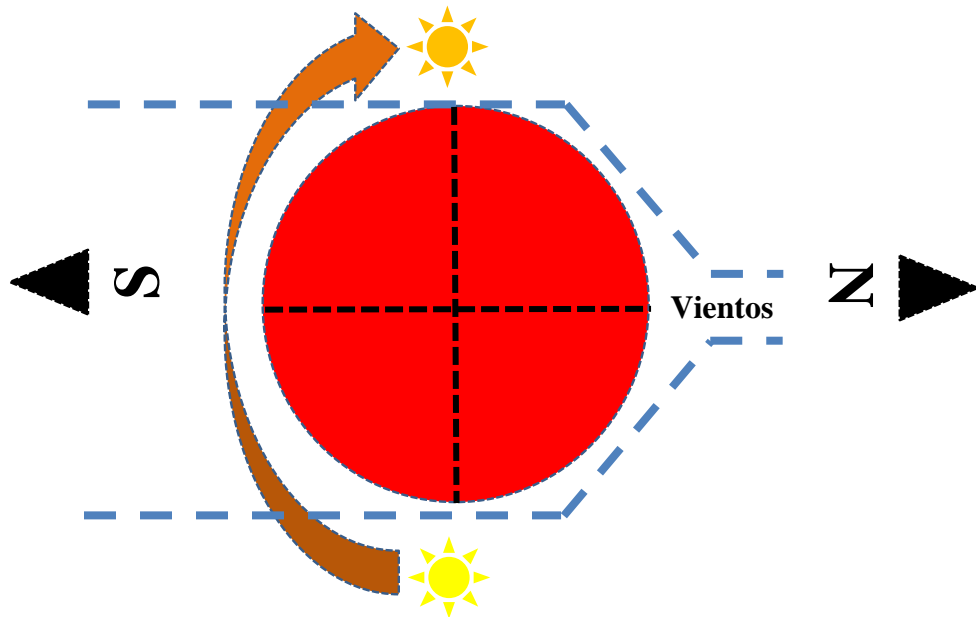
**Ilustración 47: Asolación General de la Tierra.**

Fuente: elaborado por la autora

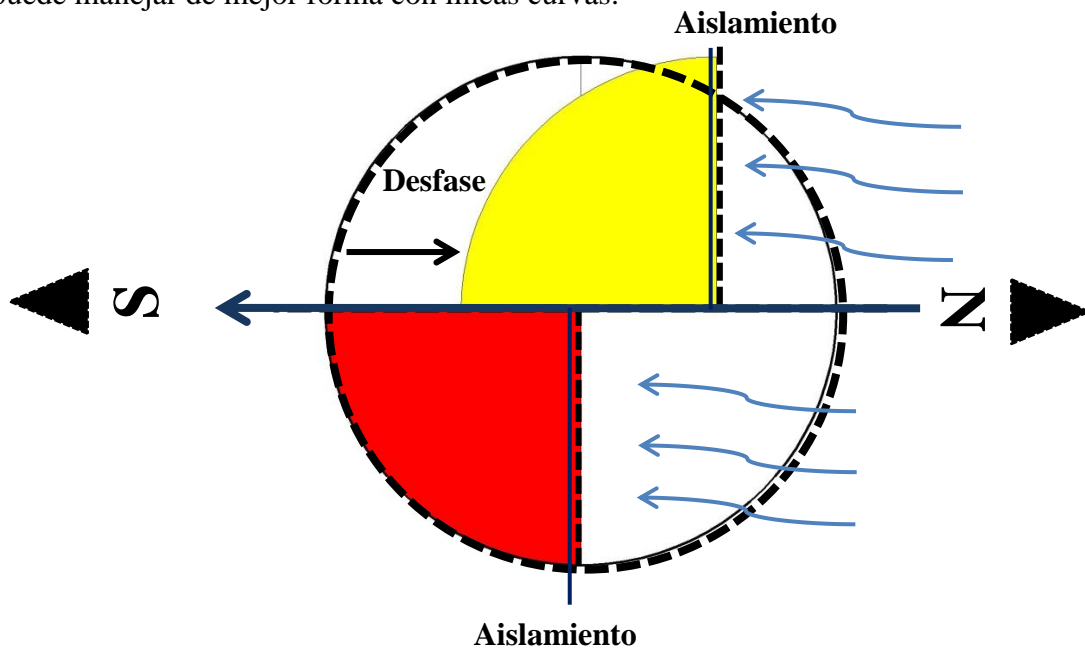
En esta imagen se observa que Colombia se encuentra en la línea Ecuatorial, por lo tanto la radiación del Sol es casi directa, y predomina el verano.

### 3.5.2 PROCESO DE DISEÑO

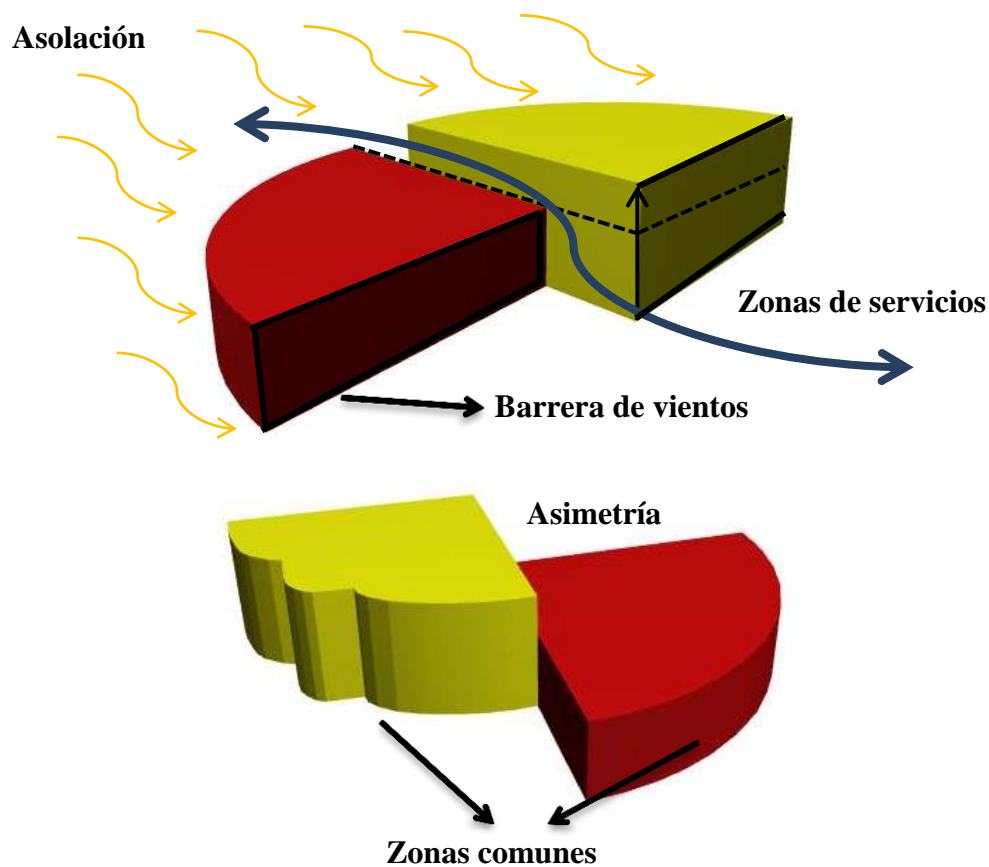
Para llevar a cabo la génesis proyectual del diseño de la vivienda se tendrá en cuenta la ilustración anterior, donde se evidencia la asolación general.



Como se puede observar el proceso parte de un círculo, que basado en el principio de diseño Metáfora de ideas, el silencio, la tranquilidad y la interacción con el entorno se puede manejar de mejor forma con líneas curvas.



El grafico anterior muestra el desfase de una de las formas internas del círculo para dar movimiento al objeto. La ubicación de las zonas hacia el norte, según el principio de diseño Relevancia y aportación del sistema constructivo, se aislara térmicamente y se diseñaran espacios como cocina y baños para que su ventilación sea natural.



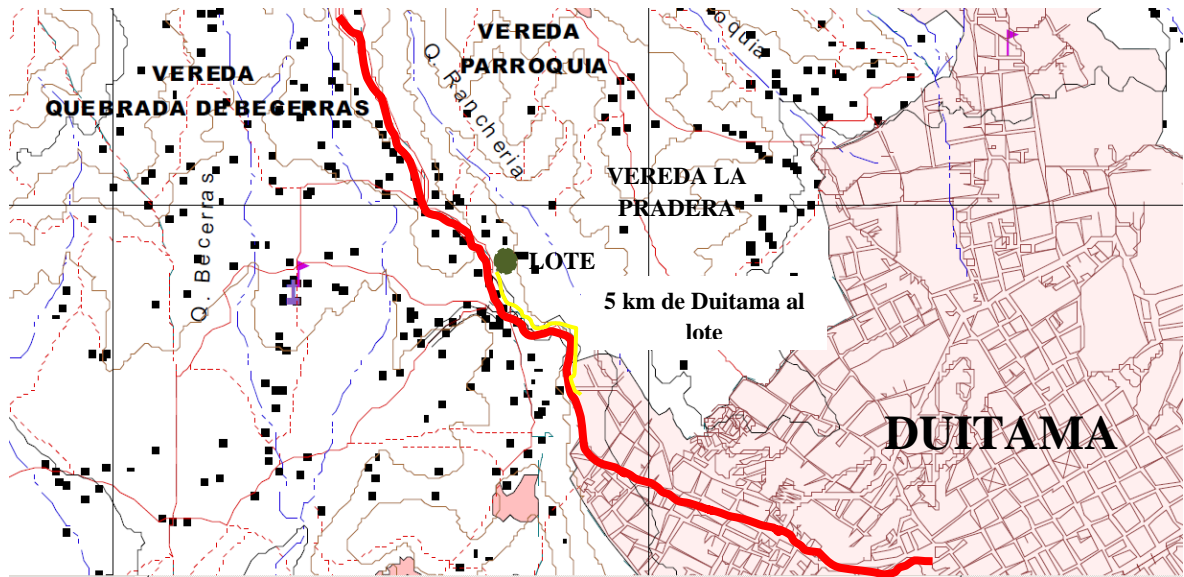
**Gráfico 5: Proceso geométrico:**

Fuente: Génesis proyectual elaborado por la autora.

En las dos graficas anteriores se muestra la predominancia que ejerce un objeto sobre el otro, destacando además la asimetría o informalidad del diseño, con el fin de jerarquizar elementos que hacen parte esencial de la unidad de diseño. Además se tiene en cuenta que las áreas comunes, o más concurridas en la vivienda se localizaran al sur, con el fin de aprovechar al máximo la radiación solar para climatizar ambientes.

### 3.6 OPERATIVIDAD Y FUNCIONALIDAD

La cercanía del lote al municipio de Duitama es determinante porque muchos de los servicios pueden ser apoyados por la misma. En este caso la operatividad se mide por la misma accesibilidad que hay a la vereda y al lote.



**Plano 1: Conexión vial de Duitama con el lote.**

Fuente: elaborado por la autora a partir del POT Duitama.

### 3.7 ESTÉTICO

El diseño arquitectónico debe satisfacer las necesidades de espacios habitables para las personas, en lo estético y lo tecnológico. El diseño presenta soluciones técnicas y constructivas. Uno de los aspectos que se tienen en cuenta son la creatividad, organización, el entorno físico, funcionalidad y construcción teniendo en cuenta la viabilidad financiera.

- En el diseño se utilizara materiales que aportan inercia térmica a la vivienda.
- Se analizara el comportamiento térmico destacando las pérdidas de calor por las noches y las ganancias que se generan durante el día.
- La energía pasiva como concepto básico del diseño para determinar localización de los espacios que conforman una vivienda unifamiliar campestre.
- Utilizar aislamiento térmico en las paredes que se localizan al norte de la vivienda, con el fin de climatizar las áreas expuestas a los vientos.
- Crear un muro colector que contenga el agua para uso doméstico, con el fin de crear una idea innovadora de tanque de almacenamiento de agua caliente adaptado al diseño de la vivienda.
- Diseñar la tubería de climatización de ambiente a través de paredes y pisos radiantes.

Diseñar la vivienda con conceptos de la energía solar pasiva para fomentar nuevas técnicas de construcción.

### 3.8 ESTRATEGIAS TECNICAS Y CONSTRUCTIVAS

La técnica de construcción será la convencional con ladrillo hueco de 10 cm, pero esta se reforzara con otro muro del mismo material y una capa de 5 cm de poliuretano con el fin de contrarrestar pérdidas de calor.

#### 3.8.1 COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE MATERIALES.

Tabla 11: Comportamiento térmico de los materiales.

MATERIAL	COMPORTAMIENTO TÉRMICO W/m.k
Ladrillo hueco de 10 cm	0,49
Poliuretano	0,024
Vidrio	0,8
Aire	0,02

Fuente: Elaboración propia a partir de <http://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc22/inti4.php>.

Cálculo de la conductividad térmica de muros convencionales con ladrillo hueco.

- Área de la vivienda = 400 m<sup>2</sup>
- Perímetro = 750
- Grosor del muro = 10 cm.
- Altura = 2.50 m
- Altura total = 5 m

a) ¿Calcular el aire total que se va a climatizar?

Aire = 1kg / m<sup>3</sup>

$$V = 400 \text{ m}^2 * 5 \text{ m} = 2000 \text{ m}^3 = 2000 \text{ kg}$$

Área = 400 m<sup>2</sup>,

Altura promedio de la vivienda = 5 m.

Temperatura ambiente = 12 °C

Temperatura deseada = 20 °C

$$T_2 - T_1 = T$$

$$20\text{ }^\circ\text{C} - 12\text{ }^\circ\text{C} = 8^\circ$$

La necesidad es climatizar 2000 kg, 8 °C.

b) ¿Calcular la cantidad de calor que se necesita?

$$M = 2000\text{ kg}$$

$$\Delta T = 8\text{ }^\circ\text{C}$$

Calor específico del aire = 1 *Joule /kg.°C*

$$1\text{kWh} = 3600000\text{ Joule}$$

Fórmula para hallar la cantidad de calor que se necesita.

$$Q = m * C_{\text{especifico del aire}} * \Delta T$$

$$Q = 2000\text{ kg} * 1\text{ Joule /kg}^\circ\text{C} * 8^\circ\text{C}$$

$$Q = 16000000\text{ Joule}$$

Como las unidades de energía en la industria se dan en kWh, convertimos las unidades de Joule en kWh.

$$\text{Teniendo en cuenta que: } 1\text{kWh} = 3600000\text{ Joule}$$

$$X = 16000000\text{ Joule}$$

$$X = \frac{16000000\text{ Joule} * 1\text{kWh}}{3600000\text{ Joule}} = 4.44\text{ kWh}$$

Boyacá cuenta con una radiación de 4.5 horas Sol por día, es decir que 1 hora Sol es igual a 1kW /m<sup>2</sup>.

¿Determinar el área de captación?

$$1\text{m}^2 = 4.5\text{ kWh}$$

$$X = 4.44\text{ kWh}$$

$$X = \frac{4.44\text{ kWh} * 1\text{m}^2}{4.5\text{ kWh}} = 0.98\text{ m}^2$$

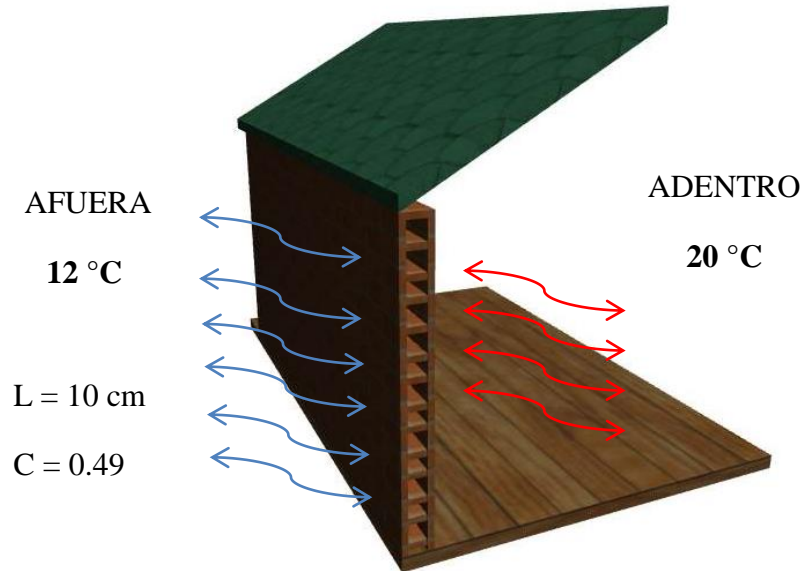
0.98 m<sup>2</sup>, es el área de captación que se necesita para calentar 2000m<sup>3</sup>.

## CASO I

Para determinar la conductividad térmica de un muro convencional construido con ladrillo hueco N° 4 = 10 cm, se llevara a cabo la siguiente operación.

L = Grosor del muro

C = Conductividad térmica



**Ilustración 48: Muro convencional con ladrillo hueco.**

Fuente: elaborado por la autora.

Teniendo en cuenta el grafico anterior, calcular las pérdidas de energía que se generan con muro convencional construido en ladrillo hueco, sabiendo que el área total de las paredes de la casa es 750 m.

$$q'' = \frac{(T_2 - T_1)}{L/K} = \frac{(20 - 12)}{(0.1/0.49)} = \frac{8}{0.20} = 40 \text{ W /m}^2$$

$$q'' = 750 \text{ m}^2 * 40 \text{ W /m}^2 = 30000 \text{ W}$$

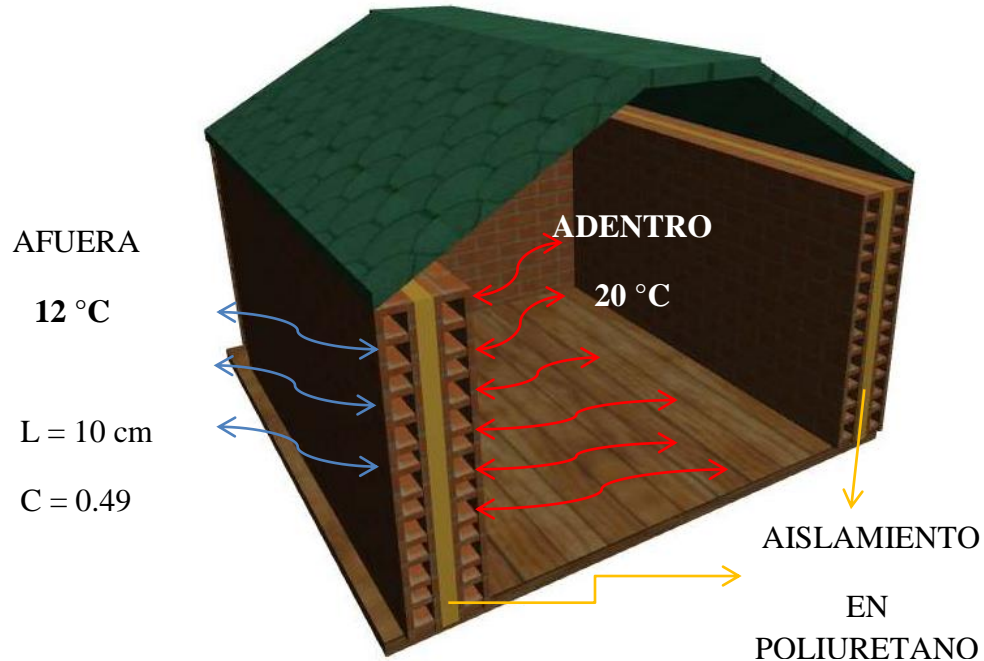
$$q'' = 30000 \text{ W} * 12 \text{ horas noche}$$

$$q'' = 360 \text{ kWh}$$

360 kWh, son las pérdidas de los muros de la vivienda, esto sin contar los vanos que contendrán las paredes.

## CASO II

Para determinar la conductividad térmica de un muro aislado construido con ladrillo hueco de 10 cm y un aislamiento en poliuretano de 0.5 cm, se llevara a cabo la siguiente operación.



**Ilustración 49: Muro con aislamiento térmico.**

Fuente: elaborado por la autora.

Teniendo en cuenta el grafico anterior, calcular las pérdidas de energía que se generan con muro aislado, sabiendo que el área total de las paredes de la casa es 750 m.

$$q'' = \frac{(T_1 - T_2)}{L_P/K_P + L_a/K_a}$$

$$q'' = \frac{(20 - 12)}{2 \left( \frac{0.1}{0.49} \right) + \left( \frac{0.05}{0.024} \right)} = \frac{8}{0.4 + 2.08} = \frac{8}{2.48} = 3.22 \text{ W /m}^2$$

$$q'' = 750 \text{ m}^2 * 3.22 \text{ W /m}^2 = 2415 \text{ W}$$



$$q'' = 2415 \text{ W} * 12 \text{ horas noche}$$

$$q'' = 29 \text{ kWh}$$

Los cálculos anteriores se hicieron sin tener en cuenta el área total de los vanos el cual corresponde a  $97 \text{ m}^2$ , es decir que a  $750 \text{ m}$  se le resta el área de los vanos lo que es igual a  $653 \text{ m}^2$ . Entonces se procede a calcular el área total de pérdidas en los dos casos.

#### CASO I

$$q'' = 653 \text{ m}^2 * 40 \text{ W /m}^2 = 26120 \text{ W}$$

$$q'' = 26120 \text{ W} * 12 \text{ horas noche}$$

$$q'' = 313 \text{ kWh}$$

#### CASO II

$$q'' = 653 \text{ m}^2 * 3.22 \text{ W /m}^2 = 2102 \text{ W}$$

$$q'' = 2102 \text{ W} * 12 \text{ horas noche}$$

$$q'' = 25.22 \text{ kWh}$$

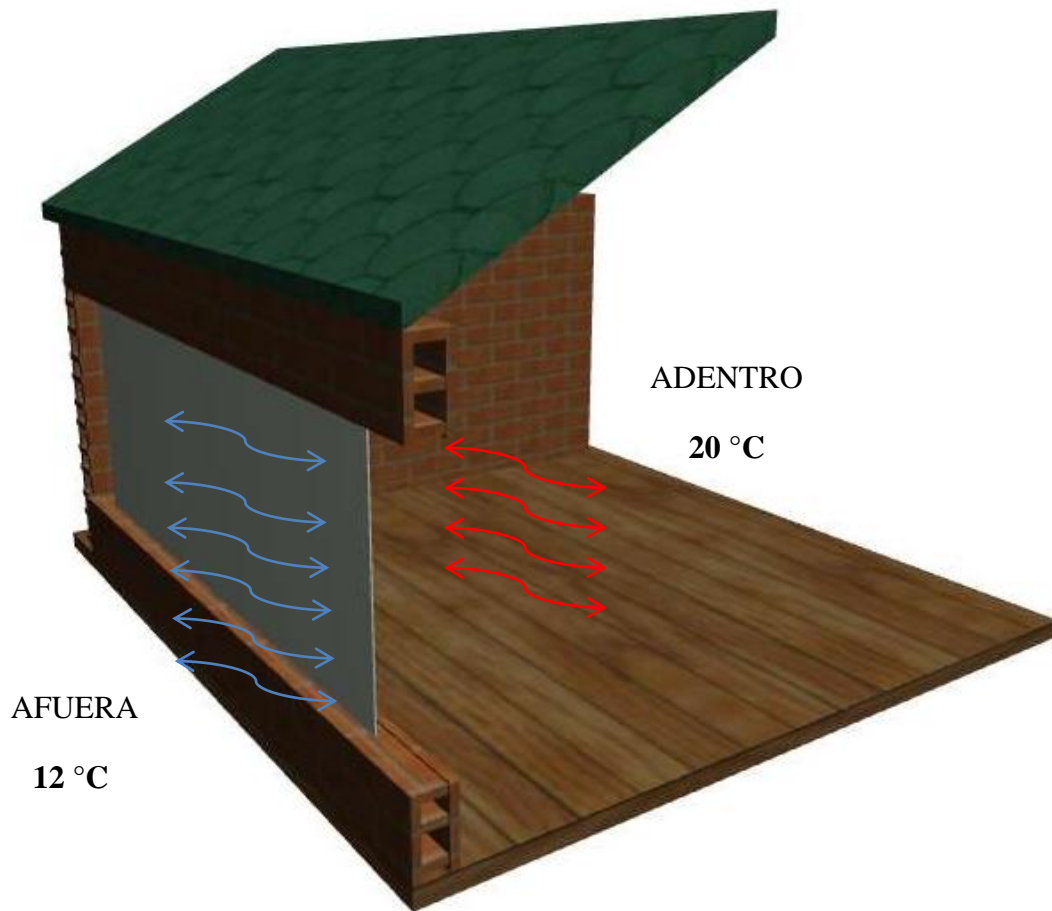
Una vez conocido las cantidades de pérdidas totales de los muros, se procede a calcular las cantidades de pérdidas por los vanos (puertas y ventanas) de la vivienda.

#### CASO I

Para determinar las pérdidas de calor de las ventanas con un solo vidrio, se llevara a cabo la siguiente operación.

$$L = 0.004$$

$$C = 0.8$$



**Ilustración 50: Muro convencional con un solo vidrio.**

Fuente: elaborado por la autora.

Teniendo en cuenta el grafico anterior, calcular las pérdidas de energía que se generan con muro convencional, y ventanas con un solo vidrio.

$$q'' = \frac{(T_2 - T_1)}{L/K} = \frac{(20 - 12)}{(0.004/0.8)} = \frac{8}{0.005} = 1600 \text{ W /m}^2$$

$$q'' = 91\text{m}^2 * 40 \text{ W /m}^2 = 145600 \text{ kW}$$

$$q'' = 145600 \text{ W} * 12 \text{ horas noche}$$

$$q'' = 17.47 \text{ kWh}$$

Se suman las pérdidas totales de los muros, con las pérdidas totales de las ventanas.

$$313 \text{ kWh} + 17.47 \text{ kWh} = 330.4 \text{ kWh}$$

330.4 kWh son las pérdidas totales del Caso I.

## CASO II

Para determinar las pérdidas de calor de las ventanas con doble acristalamiento y aire entre ellos, además de los muros con aislamiento térmico, se llevara a cabo la siguiente operación.



**Ilustración 51: Muro aislado con doble vidrio.**

Fuente: elaborado por la autora.

Teniendo en cuenta el grafico anterior, calcular las pérdidas de energía que se generan con muro aislado, y ventanas con doble vidrio. En este caso se debe tener en cuenta la conductividad térmica del aire es igual a 0.02.

$$q'' = \frac{(T_1 - T_2)}{L_p/K_p + L_a/K_a}$$

$$q'' = \frac{(20 - 12)}{2\left(\frac{0.004}{0.8}\right) + \left(\frac{0.002}{0.02}\right)} = \frac{8}{0.01 + 0.1} = \frac{8}{0.11} = 72 \text{ kW /m}^2$$

$$q'' = 91 \text{ m}^2 * 72 \text{ kW /m}^2 = 6552 \text{ kW}$$

$$q'' = 6552 \text{ kW} * 12 \text{ horas noche}$$

$$q'' = 78.6 \text{ kWh}$$

Se suman las pérdidas totales de los muros aislados, con las pérdidas totales de las ventanas con doble vidrio.

$$25.22 \text{ kWh} + 78.6 \text{ kWh} = 103 \text{ kWh}$$

103 kWh, son las pérdidas totales del Caso II.

De esta manera se puede concluir que las ganancias de energía del Caso II son más óptimas para conservar la energía dentro de la casa, por los materiales y por el aislamiento que se aplicó.

### 3.8.2 CÁLCULO DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LA VIVIENDA

En vista de que el enfoque del proyecto es dotar completamente una vivienda unifamiliar con energía solar, es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros:

1. Mirar el consumo mensual de KWh que aparece en el recibo de luz.
2. El consumo mensual (KWh) se divide con el número de días que tiene el mes.
3. Luego ese resultado se divide con (4 horas sol), esta es la cantidad de radiación solar promedio que llega a Colombia.
4. Como los Kilovatios corresponden a 1000 vatios, el resultado anterior se multiplica por 1000 y entonces se obtendrá la potencia que se necesita reemplazar en paneles solares fotovoltaicos.
5. Existen paneles solares fotovoltaicos de 80W, 120W, y de 250W en el mercado de Colombia.

6. Una vez escogida la potencia del panel que se quiere implementar en la vivienda, y teniendo el resultado del quinto paso, este se divide con los vatios del panel escogido.
7. Cuando se ha realizado el último paso se obtiene el número de paneles necesarios para suplir la energía de la vivienda.

Ejemplo de cómo sacar el número de paneles de una vivienda.

**Tabla 12: Panel solar fotovoltaico.**

CONSUMO MENSUAL	HORAS SOL DUITAMA	PANEL 1	PANEL 2	PANEL 3
100 KWh	4,5 h sol	80W	120W	250W

Fuente: [www.heliotermica.com](http://www.heliotermica.com)

$$120 \text{ KWh} / 30 \text{ días} = 4 \text{ KWh diarios}$$

$$4 \text{ KW} / 4,5 \text{ h sol} = 0,88 \text{ KW}$$

$$0,88 \text{ KW} * 1000 = 880 \text{ W}$$

$$880 \text{ W} / 250\text{W} = 3,52 \text{ Paneles}$$

$$= 4 \text{ Paneles solares de } 250 \text{ W}$$

Si la cifra está en decimales se aproxima, en este ejemplo se necesitarían 4 paneles de 250W para suplir la energía de una vivienda cuyo consumo mensual es de 100 KWh. En otro caso si se escogen paneles de 120W el número total de paneles sería:

$$880 \text{ W} / 120 \text{ W} = 7,33 \text{ paneles, es decir } 8 \text{ Paneles solares fotovoltaicos.}$$

$$880 \text{ W} / 80 \text{ W} = 11 \text{ paneles solares fotovoltaicos.}$$

### **3.8.3 CÁLCULO DE COLECTORES TÉRMICOS PARA CALENTAR EL AGUA DE LA VIVIENDA**

Para saber cuántos colectores térmicos solares se necesitan para calentar el agua se debe tener en cuenta el consumo normal de agua caliente por persona, el cual equivale a 50 litros diarios. Simplemente se multiplica el número total de personas que habitan en la

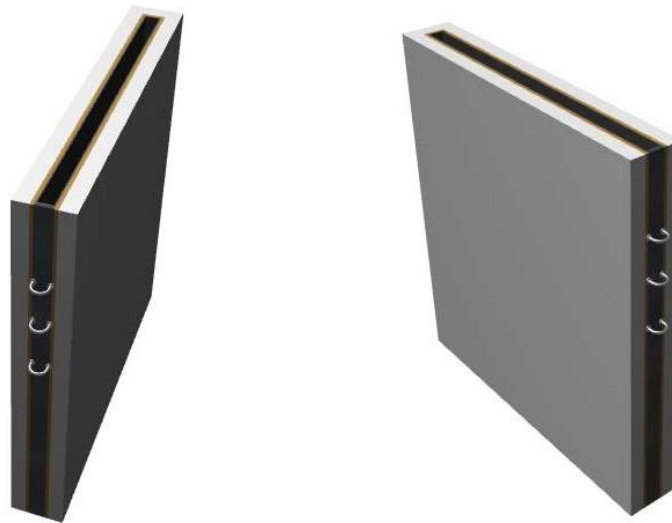
vivienda por los 50 litros y de esta manera se obtiene la capacidad del colector del agua que dotara la vivienda.

Para el caso de investigación se llevara a cabo el diseño de un muro colector que abastecerá las necesidades básicas de agua caliente para los usuarios de la vivienda.

En este caso el diseño está contemplado para 6 personas lo que significa 300 litros de agua caliente diarios. Debido a que esta vivienda es de origen campestre se diseñara un tanque dispuesto a contener 555 litros de agua, de manera que se mantenga una reserva para ciertas ocasiones y a la vez sirva como medio de climatización de ambiente a través del agua caliente.

#### **3.8.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MURO COLECTOR DE AGUA**

- Este muro estará incrustado en medio de dos muros de ladrillo hueco de 10 cm.
- Además estará cubierto en su interior con una capa de poliuretano de 2 cm alrededor del tanque.
- El tanque que contendrá el agua será en acero inoxidable por su durabilidad y resistencia al peso del agua.
- El tanque tendrá un grosor de 0.10 m, una altura de 2 m es decir la altura del muro y un largo de 2.22 metros, lo que arroja un volumen de  $0.444 \text{ m}^3$  de agua, esto es igual a 444 litros de agua.
- El muro colector se diseñara de manera que contenga el agua y caliente el ambiente, además se debe tener en cuenta que el tanque debe contar con espacio suficiente para deslizarlo en caso de que requiera mantenimiento.



**Ilustración 52: Muro colector.**

Fuente: Elaborado por la autora.

### 3.8.5 CESIONES DE LA VIVIENDA

Área bruta = 30000 m<sup>2</sup>

CESIONES TIPO 1 = 70 % = 21000 m<sup>2</sup>

Zonas verdes = 50% = 21000 \* 0.50 = 10500 m<sup>2</sup>

Espacio público = 13% = 21000 \* 0.13 = 2730 m<sup>2</sup>

Vías = 7% = 21000 \* 0.07 = 1470 m<sup>2</sup>

INDICE DE OCUPACIÓN EN EL ÁREA RURAL.

- 1 vivienda por 3 hectáreas

INDICE DE CONSTRUCCIÓN 30% POR HECTÁREA.

10000 \* 0.30 = 3000 m<sup>2</sup>

VIVINEDA UNIFAMILIAR AISLADA = 420 m<sup>2</sup>

### 3.8.6 PROGRAMA DE NECESIDADES DE LA VIVIENDA

Tabla 13: Áreas de la vivienda

ZONA DE SERVICIO	ÁREA m2
COCINA	23
BAÑO SOCIAL	2
CENTRO DE LAVADO	6
PATIO	12
CUARTO DE MAQUINAS	20
CUARTO DE HERRAMINETAS	6
TANQUE AEREO	2
ZONA DE PANELES SOLARES	
PARQUEADERO	66
<b>ZONA SOCIAL</b>	
SALA	40
COMEDOR	20
SALA DE TV	10
TERRAZA MIRADOR	34
PISCINA	20
SAUNA	9
BAÑO SAUNA	3
<b>ZONA PRIVADA</b>	
HABITACIÓN PRINCIPAL	30
HABITACIÓN 2	16
HABITACIÓN 3	13
HABITACIÓN 4	17
BAÑO BAÑO PRINCIPAL	31
BAÑO VESTIER	13
BAÑO 3	3
ESTUDIO 1	12
ESTUDIO 2	12
<b>TOTAL AREA</b>	<b>420</b>

Fuente: elaborado por la autora.



### 3.8.7 MATRIZ DE RELACIONES

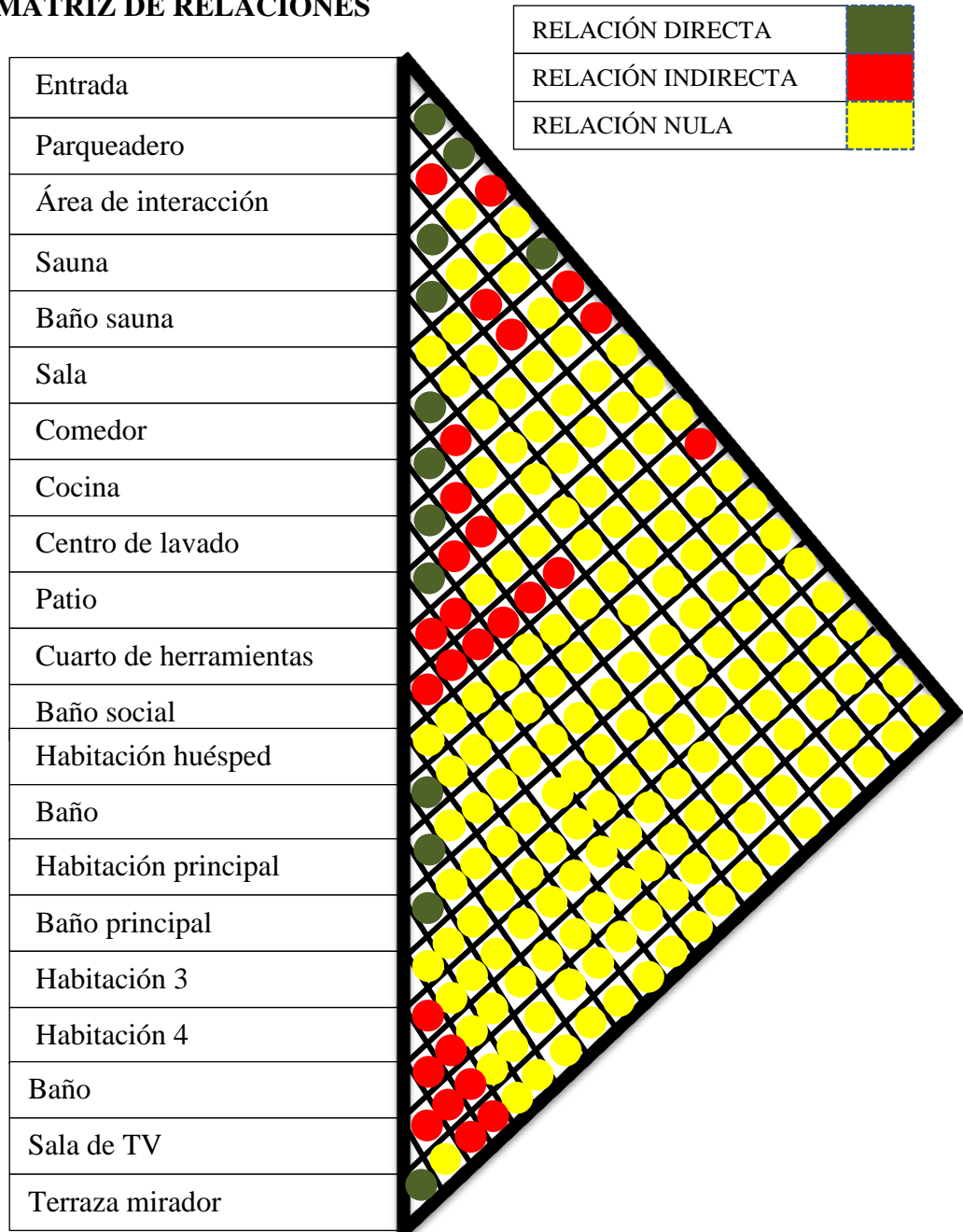
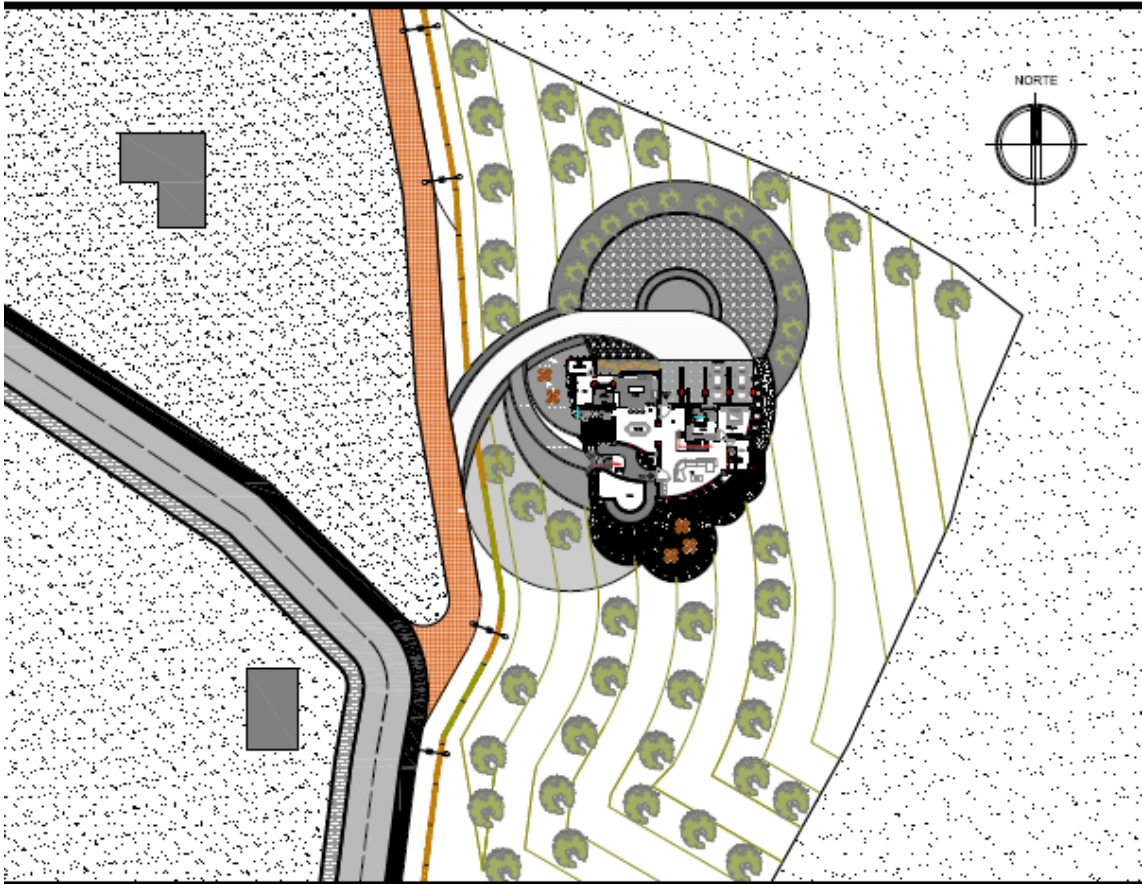


Gráfico 6: Matriz de relaciones de uso.

Fuente: elaborado por la autora.

### 3.8.8 PROYECTO ARQUITECTÓNICO

#### 3.8.8.1 IMPLANTACIÓN

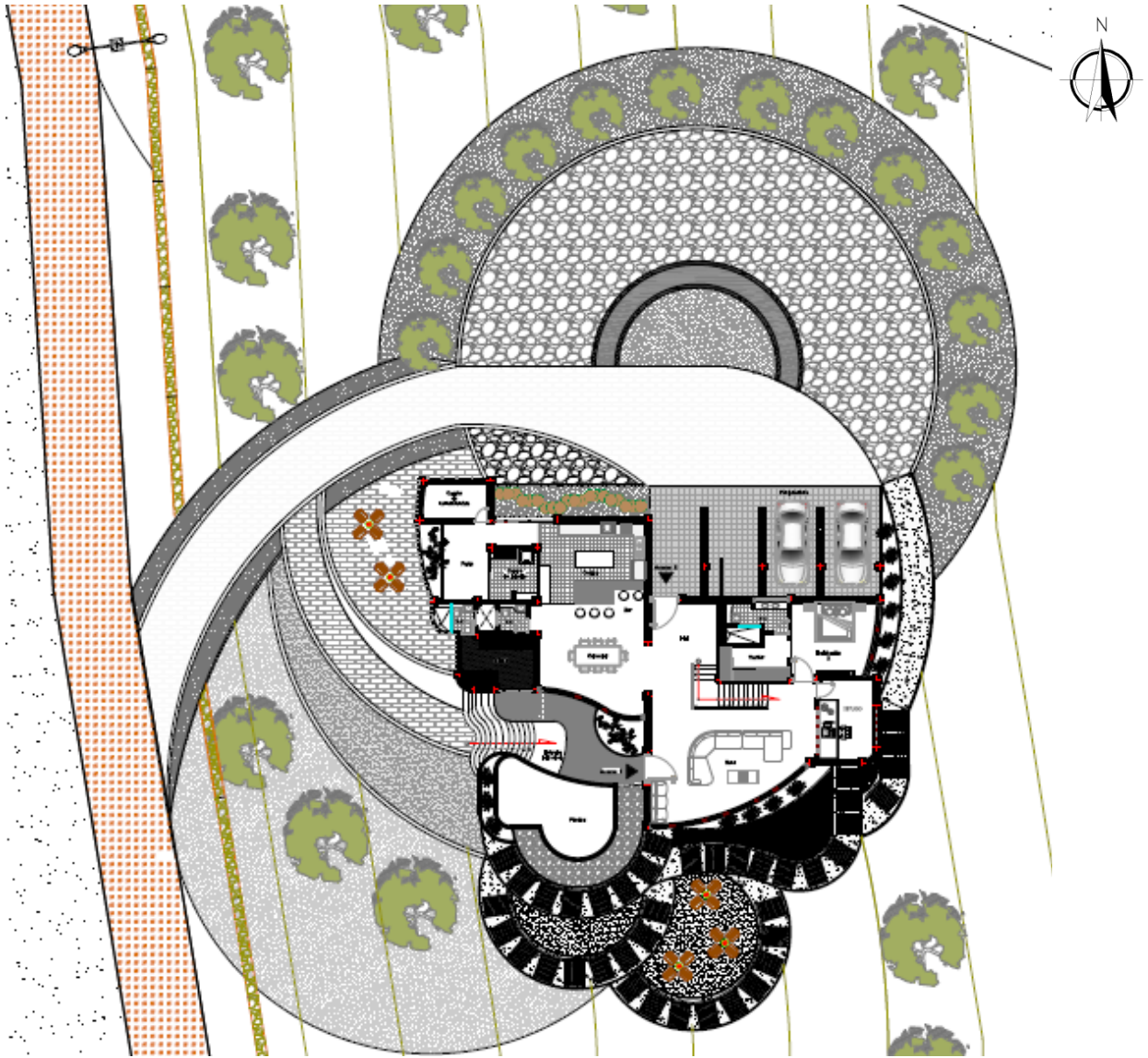


**Plano 2: localización de la vivienda en el lote.**

Fuente: elaborado por la autora.

El lote se encuentra ubicado en la Vereda la Pradera del municipio de Duitama Boyacá, a 5 km aproximadamente, cuenta con un clima de 12 °C y se caracteriza por su abundancia en arboles de pera.

### 3.8.8.2 ENTORNO INMEDIATO A LA VIVIENDA

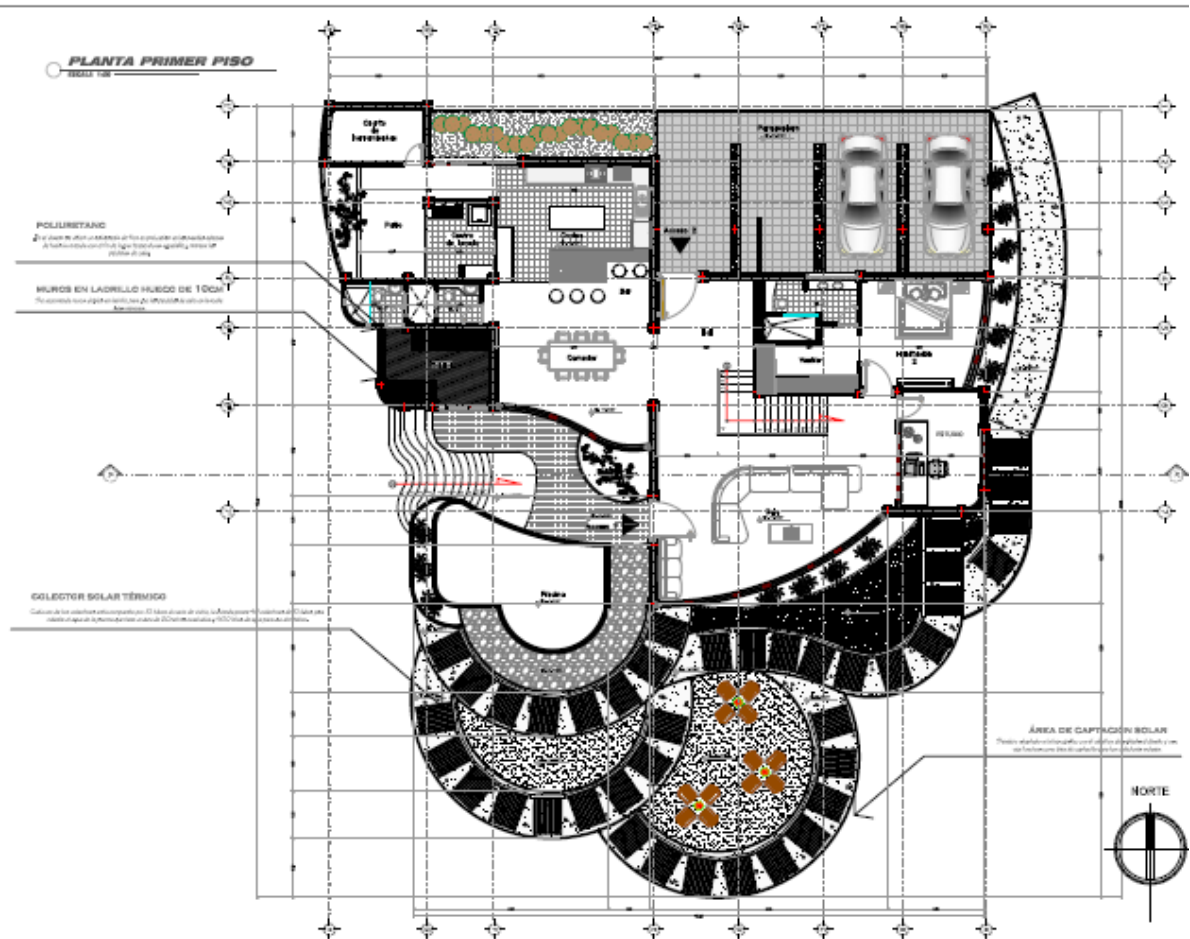


**Plano 3: Vivienda con entorno inmediato.**

Fuente: elaborado por la autora.

En este plano se observa claramente la ubicación de la vivienda teniendo en cuenta los criterios de la energía solar pasiva. Con el fin de que los colectores de tubo que van a calentar el agua y a climatizar el ambiente y la piscina estén expuestos durante todo el día a la radiación del sol.

### 3.8.8.3 PLANO PRIMER PISO

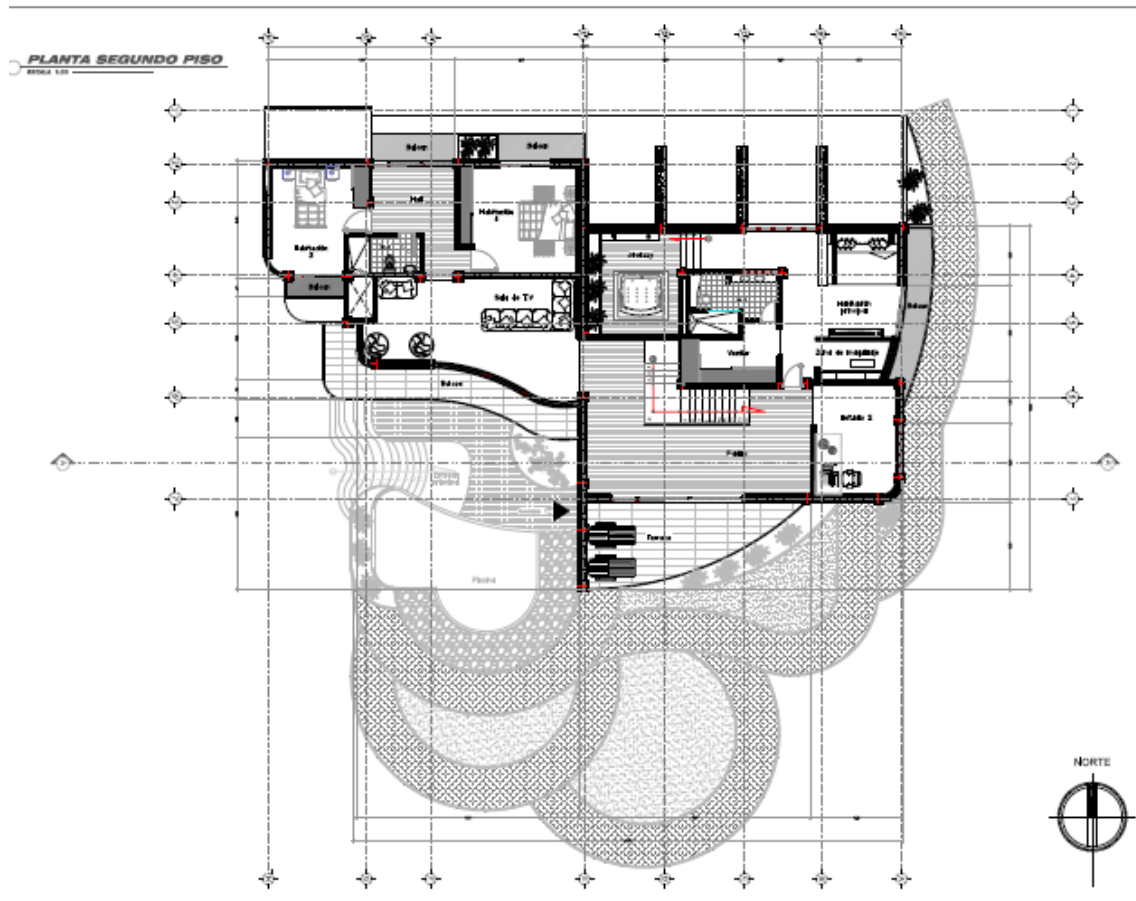


Plano 4: Planta del primer piso con cotas y ejes estructurales.

Fuente: elaborado por la autora.

El total del área de las plantas de primer y segundo es de 420 metros cuadrados de los cuales es necesario climatizar 400 m<sup>2</sup>. El proceso de climatización se llevara a cabo a partir de tubos al vacío en vidrio expuesto al sol y para captar la energía solar durante el día y de esta manera calentar el agua del tanque para uso doméstico y climatizar la piscina.

### 3.8.8.4 PLANO SEGUNDO PISO



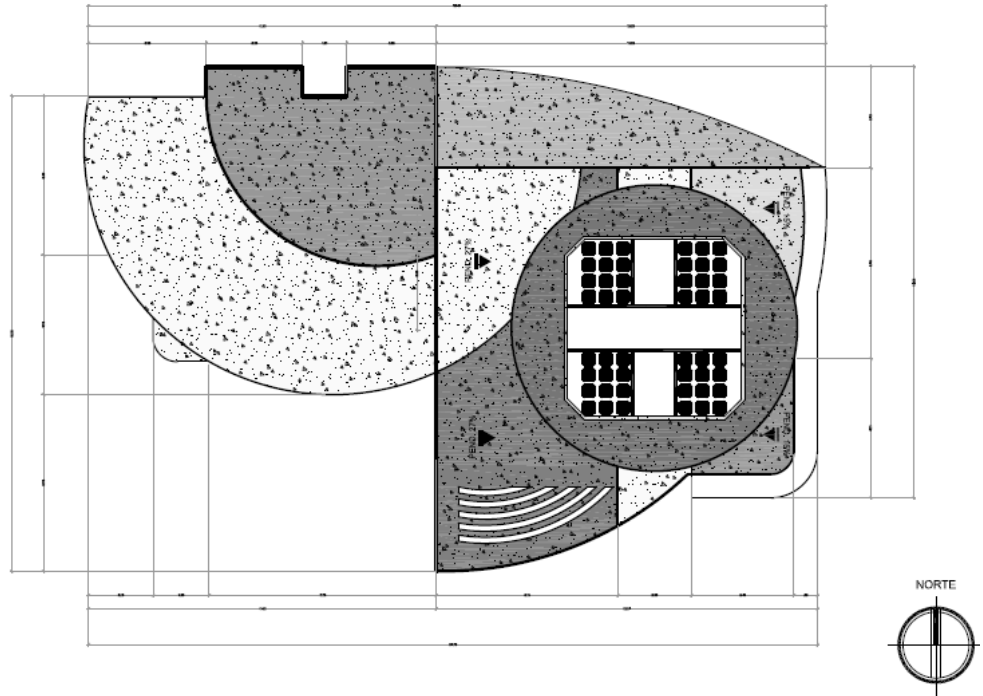
**Plano 5: Planta segundo piso y ejes estructurales.**

Fuente: elaborado por la autora.

Los franjas de círculos que se aprecian en el diseño, es el espacio donde se ubicaran los tubos al vacío, los cuales estarán cubiertos con una capa de vidrio antideslizante y reflectora de manera que estos se conviertan en senderos que recuperen espacios y generen armonía en el diseño.

### 3.8.8.5 PLANTA DE CUBIERTAS

**PLANTA DE CUBIERTAS**  
ESCALA 1/50

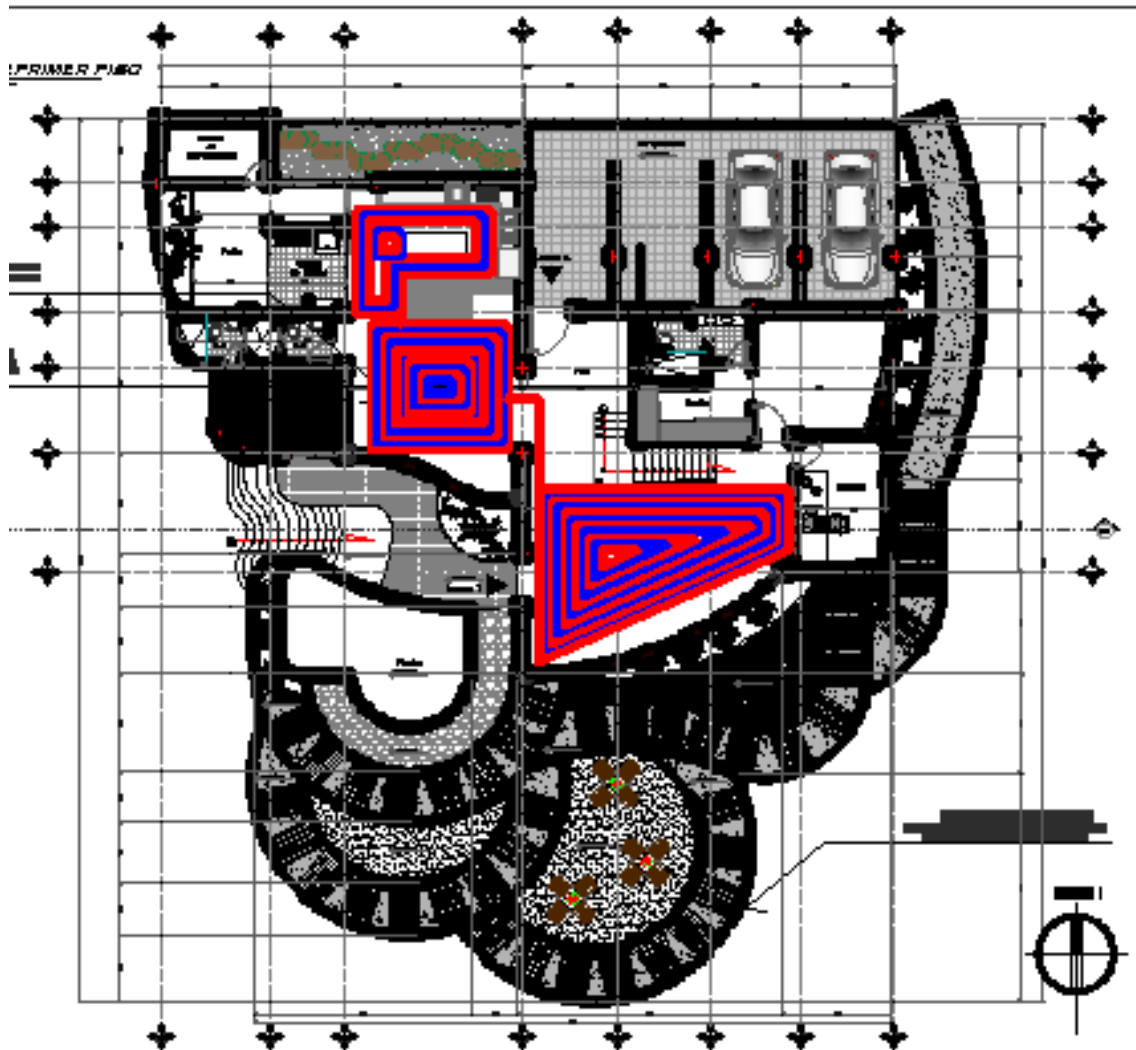


**Plano 6: planta de cubiertas.**

Fuente: elaborado por la autora.

En la cubierta se encuentran localizados los 4 paneles solares fotovoltaicos de 250 W que abastecerán el consumo energético de la vivienda. Los espacios en las cubiertas también fueron previstos para alojar zonas verdes. (Ver detalles en el anexo pág. 140).

### 3.8.8.6 PLANTA PRIMER PISO CON PISO RADIANTE



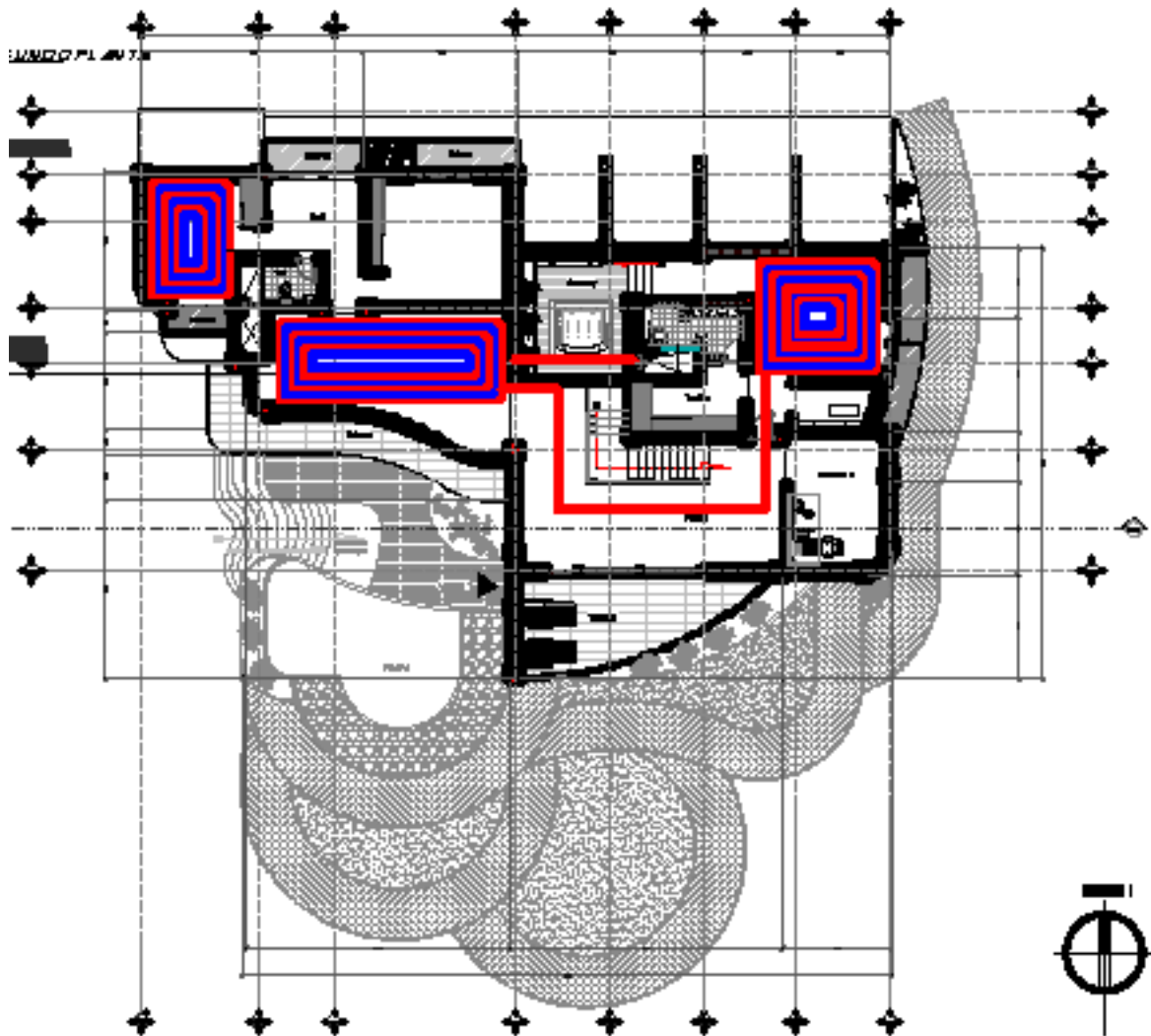
Plano 7: piso radiante, primer piso.

Fuente: elaborado por la autora.

Debido a que el tanque del agua de la vivienda tiene una capacidad para 500 litros de agua se hace necesario tener un área de captación de 4 colectores de 20 tubos, con el fin de suplir el calentamiento de agua para duchas y jacuzzi y a su vez aporte a la climatización interior deseada que corresponde a 20 °C, a través de piso radiante.

Por su parte la climatización de la piscina, la cual tiene un área de 20 m<sup>2</sup> necesita un área de captación igual a 25 colectores de 20 tubos, los cuales van a calentar a una temperatura promedio igual a 32 °C. El cuarto de máquinas estará ubicado debajo de la piscina, para evitar los ruidos.

### 3.8.8.7 PLANTA SEGUNDO PISO CON SUELO RADIANTE



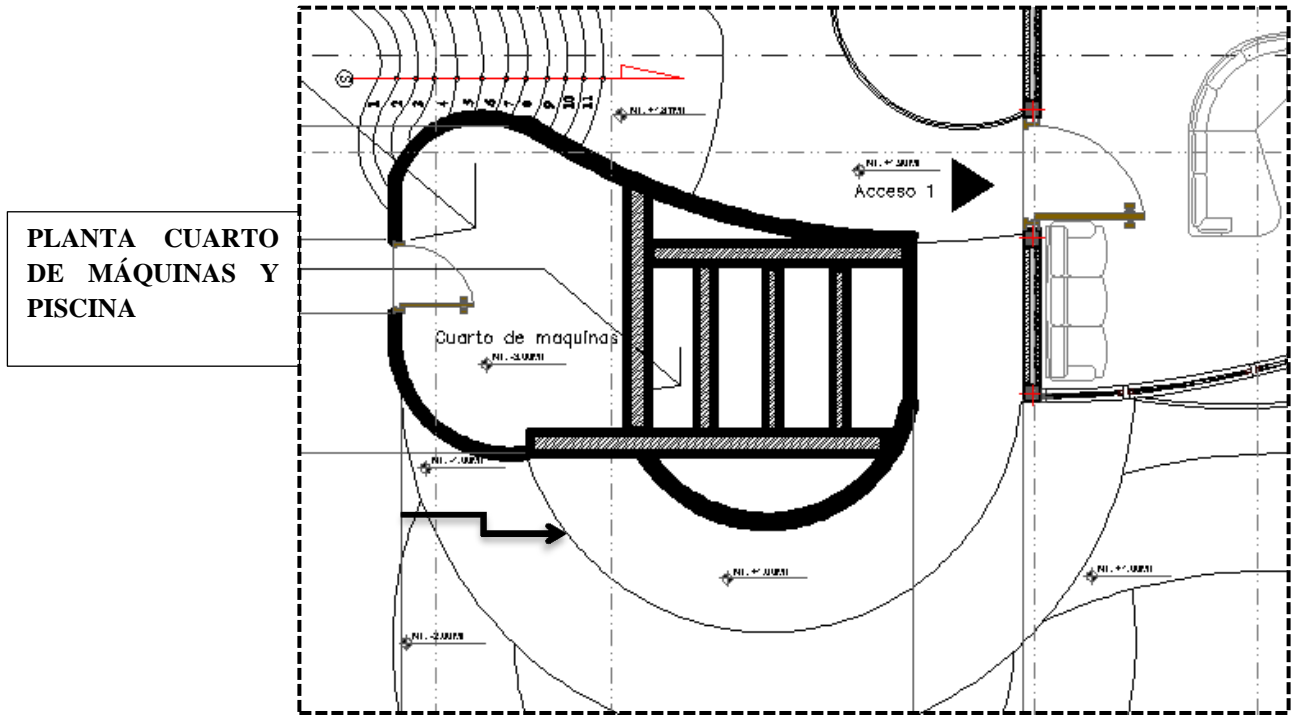
Plano 8: Planta segundo piso con suelo radiante.

Fuente: elaborado por la autora.

La climatización de los espacios interiores se diseñó a partir de piso radiante, es decir tubería de cobre o PXP (Plástico Aluminio Plástico) colocada de tal manera que abarque la mayoría del área para que la climatización sea más eficiente. El segundo piso en algunas áreas no es necesario colocar piso radiante ya que el calor del primer piso sube por un fenómeno físico natural.



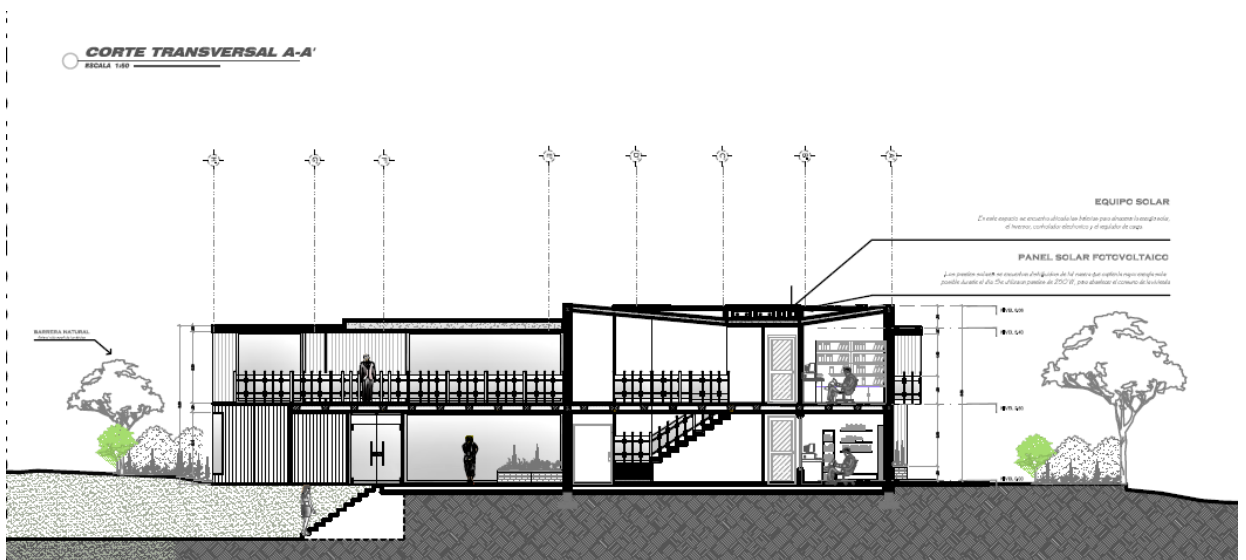
### 3.8.8.8 PLANTA SÓTANO CUARTO DE MÁQUINAS



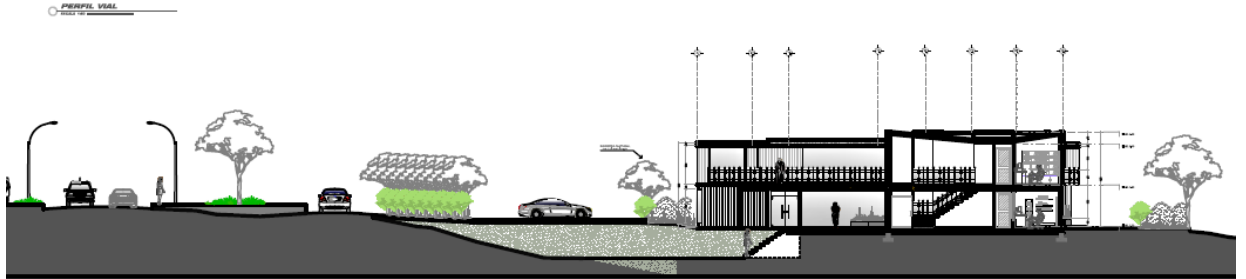
Plano 9: Planta sótano cuarto de máquinas.

Fuente: elaborado por la autora.

### 3.8.8.9 CORTE TRANSVERSAL A-A'



### 3.8.8.10 CORTE TRANSVERSAL A-A' Y PERFIL VIAL.



Plano 10: Cortes arquitectónicos.

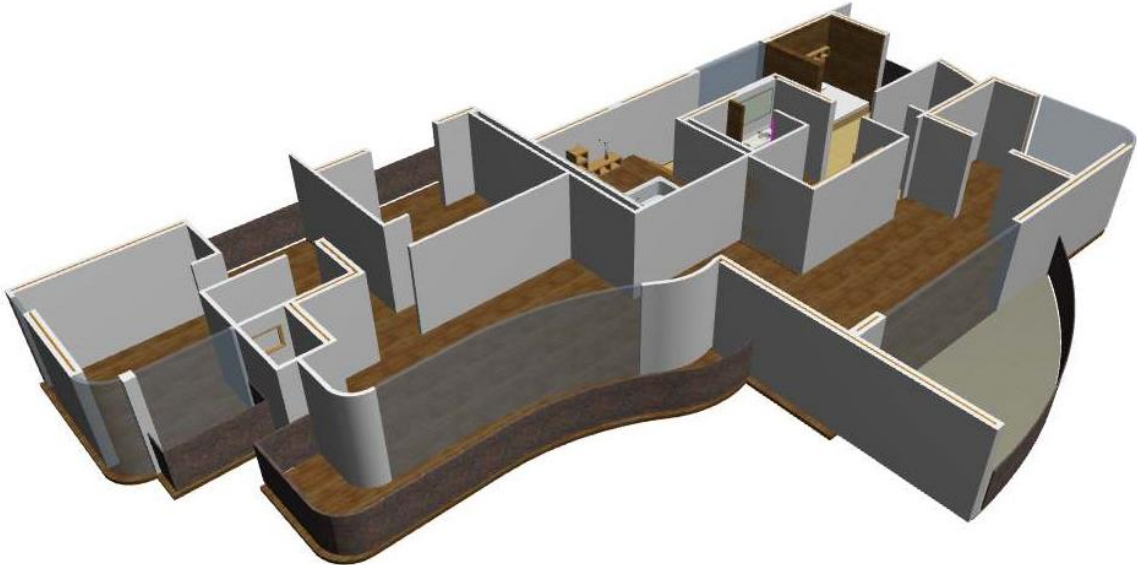
Fuente: elaborado por la autora.

### 3.8.8.11 RENDERS PROYECTO ARQUITECTÓNICO

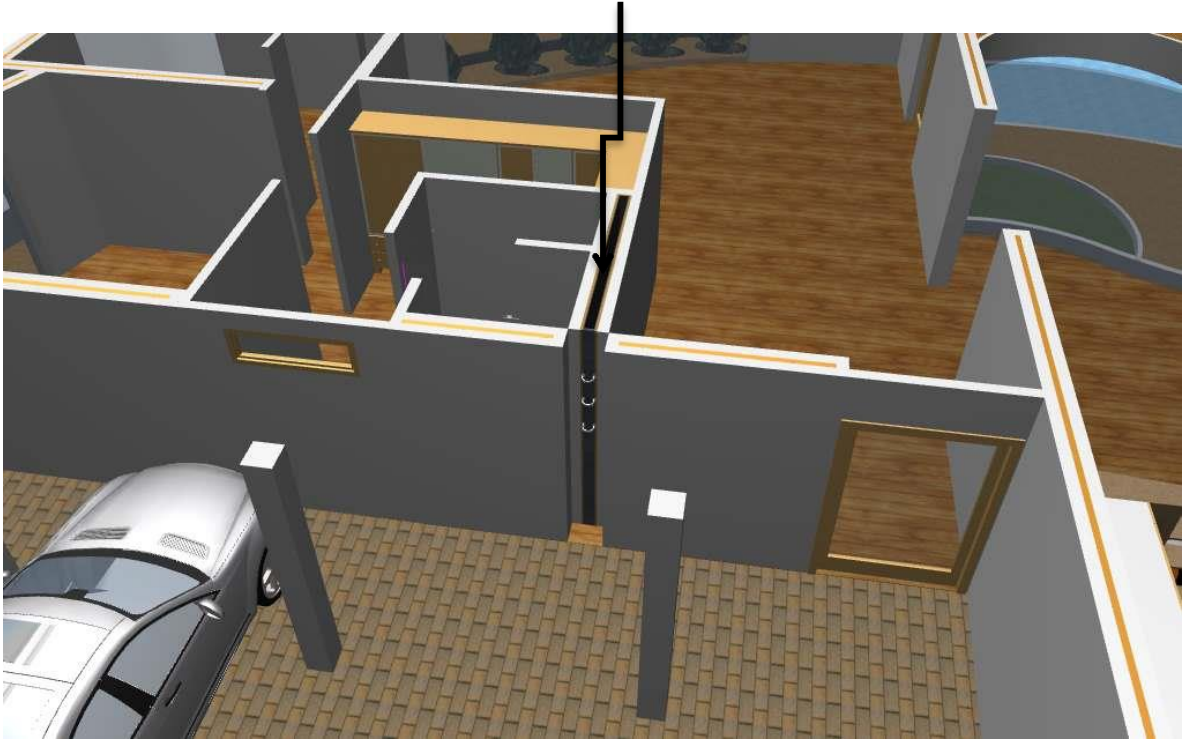
Primer piso (muros con aislamiento térmico)

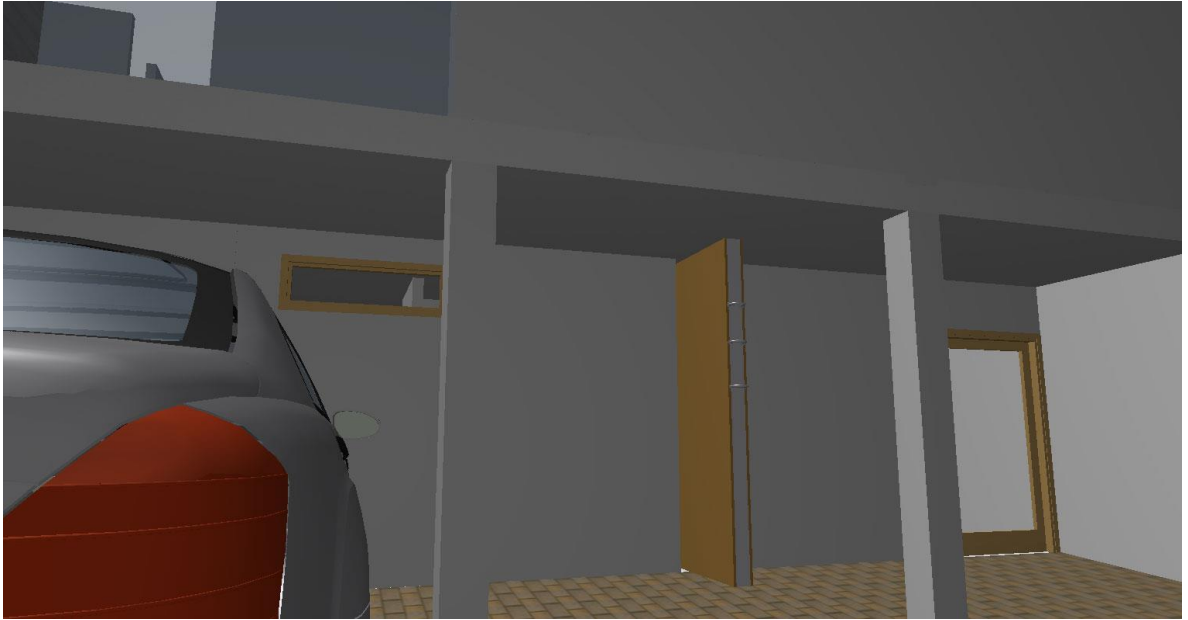


**Segundo piso (muros con aislamiento térmico)**



**Ubicación del muro colector.**





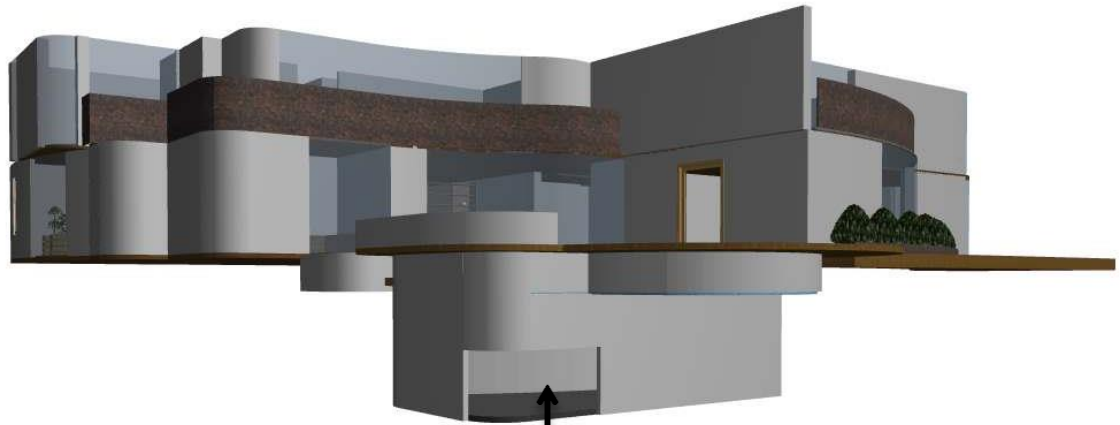
**Calefacción a través de piso radiante en tubería de cobre.**



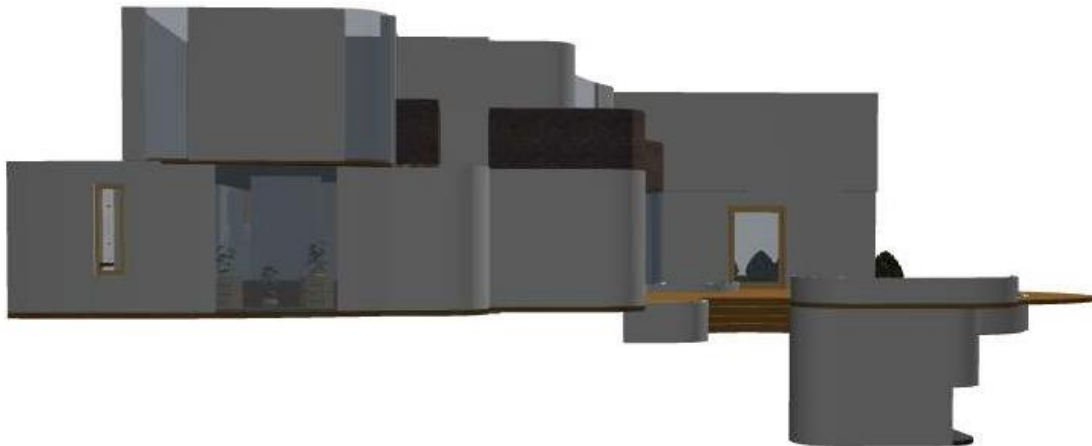


**Vista perspectiva de los dos pisos**





**Cuarto de maquinas**

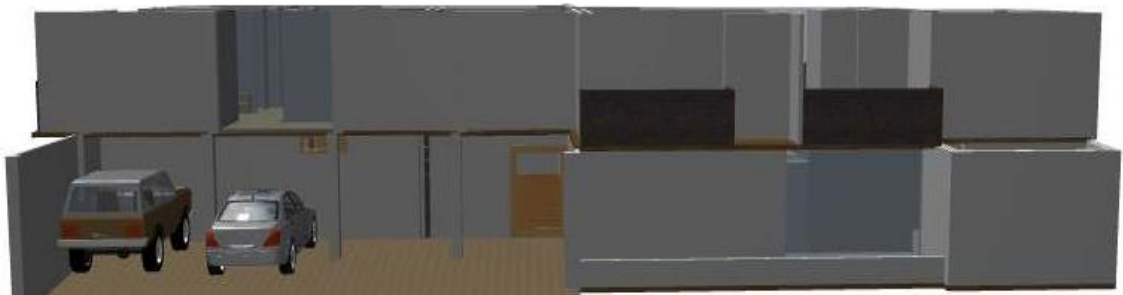


Vista de la vivienda desde varios ángulos.





**FACHADA NORTE**





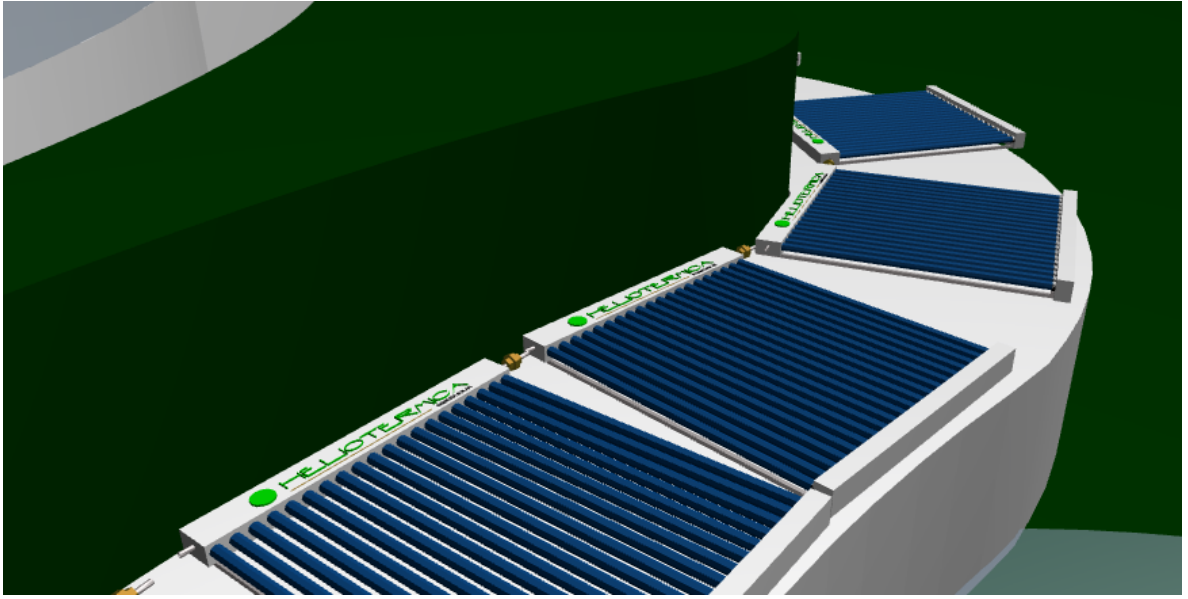


**FACHADA ORIENTAL**



**FACHADA SUR**





**Plano 11: Renders de la vivienda.**

Fuente: elaborado por la autora.

Esta vivienda fue diseñada con el objetivo de generar una nueva perspectiva de la construcción, en la cual se incentiva a la utilización de energías renovables no convencionales para suplir su propio consumo. Dentro de su dotación energética se encuentra el calentamiento de agua sanitaria, calefacción de ambiente por medio de piso radiante, calentamiento de piscina y energía solar fotovoltaica para suplir el consumo de electricidad. En la siguiente tabla se presenta el ahorro en pesos colombianos al implementar el sistema térmico solar, comparado con la misma producción de energía a partir de otros combustibles; se tuvieron en cuenta los precios promedio de los combustibles en el mercado: gas natural - \$ 1015 / m<sup>3</sup>, ACPM - \$ 8400/gal, gas propano en tanque - \$ 3700/gal, gas propano en cilindro - \$ 2556 / kg. No se hizo comparación con electricidad siendo esta la más costosa de todas y es poco utilizada para generación de calor.

**Tabla 14: Ahorro comparativo en costos de la energía solar térmica para el modelo presentado.**

COMPARACIÓN CON	AHORRO ANUAL	AHORRO EN 25 AÑOS
GAS NATURAL	8.152.941	142.191.138
PROPANO TANQUE	11.447.816	274.110.951
PROPANO CILINDRO	16.921.115	493.250.180
ACPM	18.291.727	548.126.583

Fuente: elaboración propia a partir de Heliotermica SAS. Costo del sistema de energía solar térmica \$ 139.540.153. (Ver detalles en el anexo pág. 133 a la 139).

**Tabla 15: Ahorro discriminado.**

	COSTO	E. solar / costo vivienda
PISCINA	\$ 90.701.099	9%
CALEFACCIÓN	\$ 38.373.542	4%
AGUA CALIENTE	\$ 10.465.511	1%
<b>TOTAL ENERGÍA SOLAR</b>	<b>\$ 139.540.153</b>	<b>14%</b>
<b>COSTO DE LA VIVIENDA</b>	<b>\$ 1.000.000.000</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia a partir de Heliotermica SAS. Costo del sistema de energía solar térmica \$ 139.540.153.

Se puede apreciar que el costo de ambientación con energía solar es solo el 14% del costo total de la construcción. Esta tendencia se puede generalizar aproximadamente para cualquier vivienda con cualquier valor.

### **3.9 RESULTADOS**

- Como resultado de este proyecto de investigación para generación de conocimiento, se ofrece una alternativa viable para el diseño arquitectónico de vivienda que integre en su funcionamiento la energía solar pasiva y la activa, con el fin de lograr que la vivienda responda a las necesidades del entorno.
- Así mismo, se espera ampliar las posibilidades de implementación de la energía solar térmica y fotovoltaica sobre todo en la zona rural, donde la forma convencional de electrificación, no es posible, por las condiciones geográficas que dificultan la construcción de redes y que por supuesto elevan los costos de la ejecución.
- Aportar conocimiento a la población a cerca de las ventajas de aplicar la energía solar como fuente energética, de manera que al desarrollo ambiental en la población del área urbana y rural contribuya al desarrollo sostenible y a preservar los recursos naturales que están a punto de desaparecer a causa del modo de supervivencia del ser humano.
- Creación de nuevos métodos alternativos para la construcción sostenible de manera que la vivienda actúe como una unidad colectora de energía.

#### **3.9.1 CONCLUSIONES GENERALES**

Las condiciones de cambio en las formas de habitabilidad intervienen de forma trascendental con el desarrollo de la mentalidad del individuo, es decir todo aquello que impulse el desarrollo de la calidad de vida va a ser tomado como referente para aplicarlo de la misma manera o mejorarlo, este es el caso de la energía solar, la cual pronto se convertirá en un estilo o tendencia arquitectónica que mejora la calidad de vida y saca provecho del sol para abastecer el consumo energético de todas las familias. Probablemente existan muchas otras fuentes energéticas no contaminantes que generen los mismos beneficios, el objetivo es disminuir el impacto ambiental sobre todo el emitido por el uso residencial.

Las variables y condicionantes de la energía solar hace de este un tema interesante de investigación y aplicación ya que requiere obligatoriamente de la interdisciplinariedad para llevar a cabo un buen uso de ella.

La energía solar a pesar de no ser un tema nuevo para la sociedad, lamentablemente no ha tenido una aceptación generosa por parte de la población sobre todo en Latinoamérica debido a los costos y a la ausencia de disponibilidad en el mercado, sin embargo, actualmente la aplicación de estas alternativas de energía se están viendo reflejadas en gran

parte de la población, lo que ha generado la iniciativa de promover una ley que impulse la utilización de energías alternativas no convencionales.

Muchos son los beneficios que aporta esta técnica innovadora de aprovechar la energía desde el sistema constructivo, pero esta debe ser diseñada previamente para que se comporte ante las condiciones que esté sometida, de tal forma que las ganancias dentro de la vivienda sean mayores a las pérdidas que por lo general ocurren en las horas donde no hay sol.

La implementación de alternativas de energía pueden requerir de una fuerte inversión al comienzo, pero teniendo en cuenta los costos elevados del consumo energético en la actualidad esas grandes sumas que se invierten durante todos los años pueden invertirse una sola vez durante la construcción de la vivienda y luego esta suma será retornada, de manera que después solo serán ganancias energéticas, lo que contribuirá al desarrollo de la habitabilidad y la disminución de los costos que requiere el sostenimiento de una casa.

Durante el desarrollo del proyecto se detectaron ciertos factores que aportan al comportamiento de la vivienda entre esos los materiales de la misma construcción, aparte de estudiar asolación, iluminación y ventilación se debe tener en cuenta la inercia térmica de los materiales, es decir cómo se comportan, si es conductor o aislante lo cual es determinante para conservar una temperatura confortable en el interior de la casa.

De ante mano, se evidencio que los colectores para calentamiento de agua y paneles solares fotovoltaicos pueden ambientar el diseño de forma creativa de manera que la vivienda integre en su composición formal la estética y funcionamiento a partir de la energía solar.

Diseñar viviendas en el área rural facilita la implementación de energías renovables en el sistema constructivo y además crea la necesidad de integrar nuevos conceptos de diseño bioclimático en conjunto con el entorno y paisaje.

Con todo lo anterior, se puede inferir que las oportunidades de mejorar las condiciones de habitabilidad del ser humano son a partir de nuevas alternativas de energía, las cuales traen consigo una serie de beneficios para que todo aquel impacto ambiental sea mitigado, de tal manera que el índice de consumo actual no acabe con los recursos naturales no renovables. Sin embargo, para aprovechar la energía solar es determinante diseñar de acuerdo a las condiciones del entorno para que la vivienda responda a sus necesidades básicas sin depender de fuentes de energía contaminantes.

Finalmente se presenta un diseño de vivienda unifamiliar energéticamente autosostenible que utiliza la energía solar pasiva para disminuir pérdidas térmicas y la energía solar activa como fuente complementaria de consumo energético tanto de necesidades térmicas como eléctricas.

### **3.9.2 RECOMENDACIONES**

Se sugiere que este proyecto de investigación sea de gran utilidad para generar conocimiento en la academia, sobre todo para el desarrollo y fundamentación de proyectos para los estudiantes del programa de arquitectura e ingenierías, también para docentes y población en general que se interese por la energía solar como medio de investigación para aplicaciones en el desarrollo de la habitabilidad sostenible y responsable.



### 3.9.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agency, I. E. (2011). *Solar Energy Perspectives*. Recuperado el 20 de Febrero de 2015, de Solar Energy Perspectives: [www.iea.org/about/copyright.asp](http://www.iea.org/about/copyright.asp)
- Arquigrafico. (2014). *Arquitectura, ingeniería y decoración*. Recuperado el 12 de Abril de 2015, de Arquitectura, ingeniería y decoración: <http://www.arkigrafico.com/como-aislar-bien-tu-casa-del-calor-y-el-frio/>
- Becquerel, A.-E. ( 1839). *Efecto fotoelectrico*. Recuperado el 22 de Abril de 2015, de Efecto fotoelectrico: [http://www./Efecto\\_fotoelctrico.org](http://www./Efecto_fotoelctrico.org)
- Blanc, A. (Octubre de 1982). Cultura material de los tiempos paleolíticos-mesolíticos. Vivienda. En UNESCO, *Historia de la Humanidad Tomo I* (pág. 127). Barcelona, España.: UNESCO.
- Blanc., A. (1982). *Historía de la Humanidad Tomo I*. UNESCO; Pag. 127.
- Buildings, N. Z. (2012). *Directivas Europeas de Eficiencia Energetica*. Recuperado el 8 de Abril de 2015, de Directivas Europeas de Eficiencia Energetica: <http://www.structuralia.com/mx/component/k2/item/1001817-arquitectura-sostenible-edificios-nzeb-com>
- CEPAL. (2011). *Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)* . Recuperado el 8 de Febrero de 2015, de Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) : <http://www.cepal.org/>
- Colombia, C. P. (1991). Derecho a gozar de un ambiente sano. En C. P. Colombia, *Constitución Política de Colombia* (pág. Art. 79). Bogota, D.C.
- Colombia, C. P. (1991). Manejo y aprovechamiento de los recursos naturales. En C. P. Colombia, *Constitución Política de Colombia* (pág. Art. 80). Bogota, D.C: Constitución Política de Colombia .
- Colombia, C. P. (1993). Ley de medio ambiente. En C. P. Colombia, *Constitución Política de Colombia* . Bogota, D.C.: Constitución Política de Colombia .
- Colombia, C. P. (1994). Ley 142 de (SPD). En C. P. Colombia, *Constitución Política de Colombia*. Bogotá, D.C.: Constitución Política de Colombia.
- Colombia, C. P. (1997). Ley 388, Ordenamiento Territorial. En M. d. Energía, *Constitución Política de Colombia* (pág. Art. 1; Paragrafo 3). Bogotá, D.C.: Constitución Política de Colombia.
- Colombia, C. P. (2011). Dec. 3570. En C. P. Colombia, *Reservas Protectoras Nacionales*. (pág. Dec. 3570). Bogotá, D.C.: Constitución Política de Colombia.
- CONPES. (1958). *Consejo Nacional de Política Social y Económica, Ley 19*. Recuperado el 12 de Abril de 2015, de Consejo Nacional de Política Social y Económica, Ley 19: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-592.html>
- Díaz, A. (2013). *Pautas para el diseño de vivienda pasiva*. Recuperado el 13 de Abril de 2015, de Pautas para el diseño de vivienda pasiva: [www.eudomus.com/como-diseñar-vivienda-solar-pasiva/](http://www.eudomus.com/como-diseñar-vivienda-solar-pasiva/).

- Energreencol. (2012). Recuperado el 5 de Abril de 2015, de [http://www.energreencol.com/ficheros\\_pdf/Energia%20para%20areas%20rurales%20en%20Colombia.pdf](http://www.energreencol.com/ficheros_pdf/Energia%20para%20areas%20rurales%20en%20Colombia.pdf)
- Energreencol. (2012). Recuperado el 5 de Abril de 2015, de [http://www.energreencol.com/ficheros\\_pdf/Energia%20para%20areas%20rurales%20en%20Colombia.pdf](http://www.energreencol.com/ficheros_pdf/Energia%20para%20areas%20rurales%20en%20Colombia.pdf)
- FENERCOM. (2011). *Passivhaus*. Recuperado el 13 de Abril de 2015, de Passivhaus: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-del-Estandar-Passivhaus-fenercom-2011.pdf>
- Fritts, C. (1883). *Célula solar moderna*. Recuperado el 22 de Abril de 2015, de Célula solar moderna: <http://www.econotecnia.com/historia-de-los-paneles-solares.html>
- ICF. (Febrero de 2012). *Normas de Desempeño sobre Sostenibilidad Ambiental y Social*. Recuperado el 20 de Febrero de 2015, de Normas de Desempeño sobre Sostenibilidad Ambiental y Social: <http://www.ifc.org/>
- IDEAM. (2012). *Generalidades de la energía solar en Colombia*. Recuperado el 12 de Abril de 2015, de Generalidades de la energía solar en Colombia: <http://www.ideam.org>
- IGAC. (2007). *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. Recuperado el 12 de Abril de 2015, de Instituto Geográfico Agustín Codazzi: <http://igac.com>
- ISO. (2011). *Normativa Internacional para el Desarrollo Sostenible, ISO 50001*. Recuperado el 8 de Febrero de 2015, de Normativa Internacional para el Desarrollo Sostenible, ISO 50001: <http://www.iso.org/>
- IV, D. (2014). *Blog Sobre Diseño Editorial*. Recuperado el 30 de Abril de 2015, de Blog Sobre Diseño Editorial: <http://disenoiv.com/5-principios-basicos-de-diseno-editorial/>
- Madrugá, R. P. (2005). *Tendencias energéticas mundiales: implicaciones sociales y ambientales*. Recuperado el 10 de Abril de 2015, de Tendencias energéticas mundiales: implicaciones sociales y ambientales: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar20/HTML/articulo01.htm>
- Manrique, J. A. (1817). *Energía Solar Fundamentos y Aplicaciones Fototérmicas*. México: Harla Harper y Row Latinoamericana.
- Mazria, E. (1979). *Passive Solar Energy book*. EE.UU: Rodale Press, Emmaus, Pa.
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2014). *Atlas Colombiano de radiación solar*. Recuperado el 15 de Abril de 2015, de <http://www.si3ea.gov.co/Home/EnergiaSolar/tabid/74/language/es-ES/Default.aspx>
- Mundial., S.-E. B. (2006). *Desarrollo energético*. Recuperado el 12 de Abril de 2015, de Desarrollo energético : <http://swera.unep.net/>
- mx., E. (2009). *Historia de la energía solar*. Recuperado el 2 de Febrero de 2015, de Historia de la energía solar: <http://www.energiasolar.mx/inventos/historia-energia-solar.html>
- RSE, C. y. (2002). *Vecindario con energía solar en la ciudad de Pal Town Ota, en Japón*. Recuperado el 8 de Febrero de 2015, de Fuente: Tomado de, <http://www.thenote.cl/category/pal-town-ota-el-barrio-japones-que-recibe-dinero-por-la-energia-extra-que-genera/>

- Territorio, M. d. (19 de Marzo de 2010). *Construcciones Sismo Resistentes NSR-10*. Recuperado el 12 de Abril de 2015, de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10:  
[http://camacol.co/sites/default/files/secciones\\_internas/Decreto-340-Feb%2013-2012.pdf](http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/Decreto-340-Feb%2013-2012.pdf)
- Territorio, M. d. (2015). Ley de energías renovables . En C. P. Colombia, *Constitución Política de Colombia* . Bogota, D.C: Constitución Política de Colombia .
- UNEF. (2013). *Unión Española Fotovoltaica*. Recuperado el 11 de Abril de 2015, de Unión Española Fotovoltaica: <http://unef.es/2013/11/informe-anual-2013-hacia-nuevos-modelos-de-desarrollo-para-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- UPME. (2012). *Entidades del planeamiento energético y medición de variables ambientales*. Recuperado el 12 de Abril de 2015, de Entidades del planeamiento energético y medición de variables ambientales: <http://www.upme.com>

# ANEXOS

En este espacio se mostraran los detalles en cuanto a la energía solar térmica y fotovoltaica.

**Ficha técnica de calentamiento de agua con energía solar para complejos residenciales.**

HELIOTERMICA - COLOMBIA www.heliotermica.com

V02-2015

DATOS DEL CLIENTE		NOMBRE DE LA COTIZACIÓN		ENERGÍA SOLAR PARA VIVIENDA CON PISCINA, SUELO RADIANTE, AGUA CAL.	
FECHA:	08/06/2015			CÓDIGO COTIZAC.	STP15007-FF
CIUDAD:	DUITAMA				

NOMBRE COMPLETO:		LUGAR DE INSTALACIÓN:		DUITAMA	
VERÓNICA RESTREPO		Datos metereol. disponibles		no	
DIRECCIÓN CORRESPONDENCIA:		Temperatura ambiente		12,0 °C	
DUITAMA		Velocidad del viento		10 m/s	
TELÉFONO		Humedad relativa		85%	
CORREO ELECTRÓNICO		Temperatura externa		12 °C	

**COTIZACIÓN PARA: CALENTAMIENTO DE PISCINA  
AGUA CALIENTE SANITARIA**

DATOS PARA AGUA CALIENTE		
Parámetro	valor	unidad
Número de habitaciones	4	habit (duchas)
Personas por habitación	4	pers.
Temperatura deseada en ducha	60	°C
Consumo por persona/día	40	litros/pers
Grado de ocupación mensual	100%	%
Consumo de agua caliente/día	0,64	m³/día
<b>OPCIONES DE ALMACENAMIENTO:</b>		
Volumen total de los tanques	500	litros
Cantidad de tanques x volumen	1 x 500 litros	
Suministro mensual	15	m³/mes
Temper. de almacenamiento	73	°C

DATOS PARA CALENTAMIENTO DE PISCINA		
Parámetro	valor	unidad
Largo	5	m
Ancho	4	m
Altura media	1	m
Perímetro	18	m
Superficie	20	m²
Piscina cubierta	no	
Temperatura interior (cubierta)	22	°C
Temperatura deseada	32	°C
Manta térmica	no	
Horas de manta térmica	10	h
Porcentaje de renovación	10%	%
Grado de ocupación	0,6	persona/m²
Volumen de la piscina	20	m³

COLECTORES SOLARES Y SIST. AUXILIAR		
Parámetro	valor	unidad
Cobertura sistema solar	100,0%	%
Cobertura sistema auxiliar	0,0%	%
Tipo de sistema auxiliar	NINGUNO	
Colector solar	HEAT PIPE R5 20	
Superficie	1,88	m²
Rendimiento	0,681	
Pérdidas	0	
Potencia pico	1226,0	W
Largo	2,0	m
Ancho (n tubos)	1,6	m
Angulo de inclinación		
Azimut		
Porcentaje de sombra/día		
<b>Cantidad de colectores</b>	<b>44</b>	
<b>Área total de captación</b>	<b>82,72</b>	<b>m²</b>
<b>Zona para los colectores</b>	<b>193,6</b>	<b>m²</b>
<b>No. colectores a lo ancho</b>	<b>8</b>	
<b>No. Colectores a lo largo</b>	<b>6</b>	
<b>Conexión a lo ancho</b>	<b>en paralelo</b>	
<b>Retorno invertido</b>	<b>si</b>	
Dist entre col. largo (a)	15	cm
Dist entre col. ancho (b) (min. 18 cm)	18	cm
Perímetro libre	20	cm
a = 13 m b = 15 m		

TUBERÍA Y ACCESORIOS		
Parámetro	valor	unidad
Caudal nominal por colector	112,8	l/h
Longitud de la tubería primaria	201,512	m
Distancia colectores-cuarto máq.	5	m
<b>Total tubería primaria</b>	<b>212</b>	<b>m</b>
Bombas de agua	1	unidad
Sistema de control	no	
Intercambiador	0	sin intercamb.
Tanque de almacenamiento	500	litros
Filtro	no	
Bomba de calor	0	sin bomba c.

DATOS ENERGÉTICOS		
Parámetro	valor	unidad
Horas anuales de sol	1500	
<b>Necesidad energética total</b>	<b>299.289</b>	<b>MJ/año</b>
Necesidad por consumo	46.879	MJ/año
Pérdidas por piscina	252.410	MJ/año
Ganancias en piscina	88.448	MJ/año



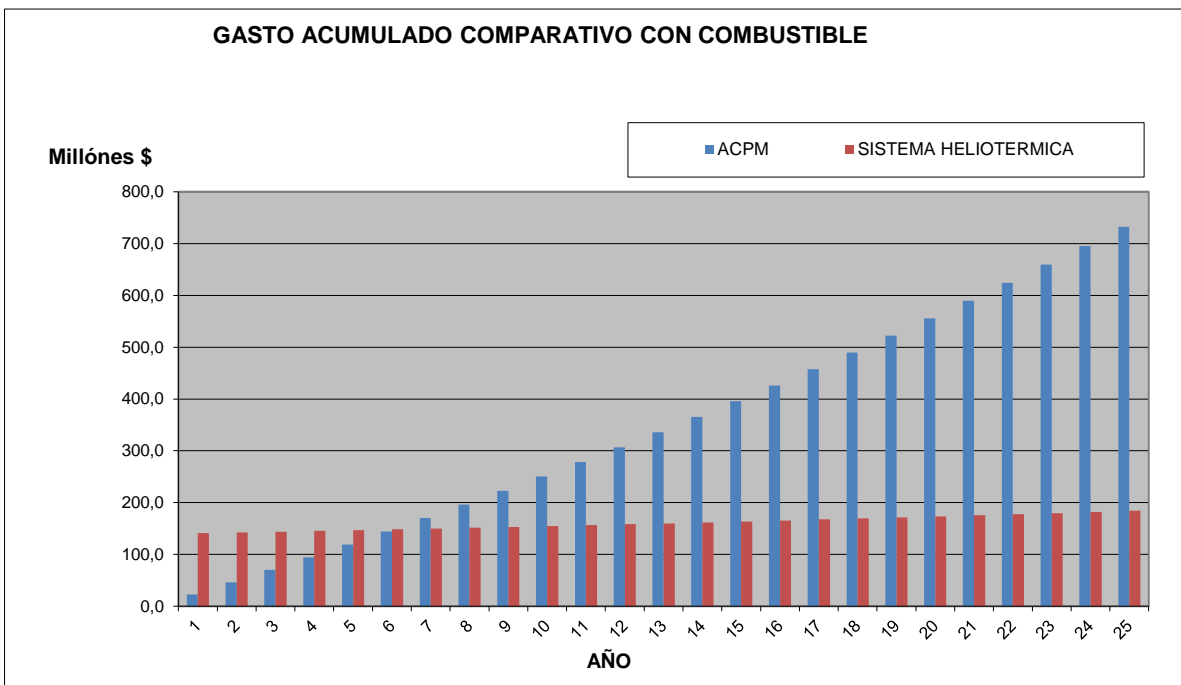


STP15007-FF

V02-2015

www.heliotermica.com  
 Carrera 42 No. 15-08, Duitama, Boyacá  
 Tels: (8) 760 35 50, 320 286 1655

BALANCE FINANCIERO DEL SISTEMA SOLAR			
<b>Costo del sistema solar</b>		COP \$ 139.540.153	Para incluir ahorro por costos de calderas, costo en COP\$
<i>Retorno en comparación</i>	<i>Ahorro anual</i>	<i>Retorno años</i>	-
GAS NATURAL	\$ 8.152.941	11,99	Ahorro acumulado a los 25 años: <b>COP \$ 548.126.583</b>
PROPANO tanque	\$ 11.447.816	8,54	
PROPANO cilindro	\$ 16.921.115	5,78	
ACPM	\$ 18.291.727	5,35	
			Comparación energética con ACPM



El sistema de calentamiento con energía solar se compara con el mismo suministro de energía a base de combustibles y fuentes energéticas convencionales con el fin de analizar el retorno de la inversión. Esta comparación se hace teniendo en cuenta el costo total del proyecto de energía solar por una parte, y por otra parte la energía convencional que se gastaría si se utilizaran fuentes energéticas convencionales. Las barras rojas muestran el gasto acumulado a través de los años por el uso del sistema de energía solar y las barras azules muestran el gasto acumulado utilizando como fuente energética la energía convencional. El punto donde las barras se igualan representa el año de retorno de la inversión. La gráfica muestra un periodo de 25 años, siendo éste el promedio de vida útil de un sistema de energía solar.

Como se puede concluir, los sistemas de energía solar son económicos a largo plazo, proporcionándole más de la mitad de su vida útil de energía gratuita y hasta un 80% de energía gratuita en el mejor de los casos.

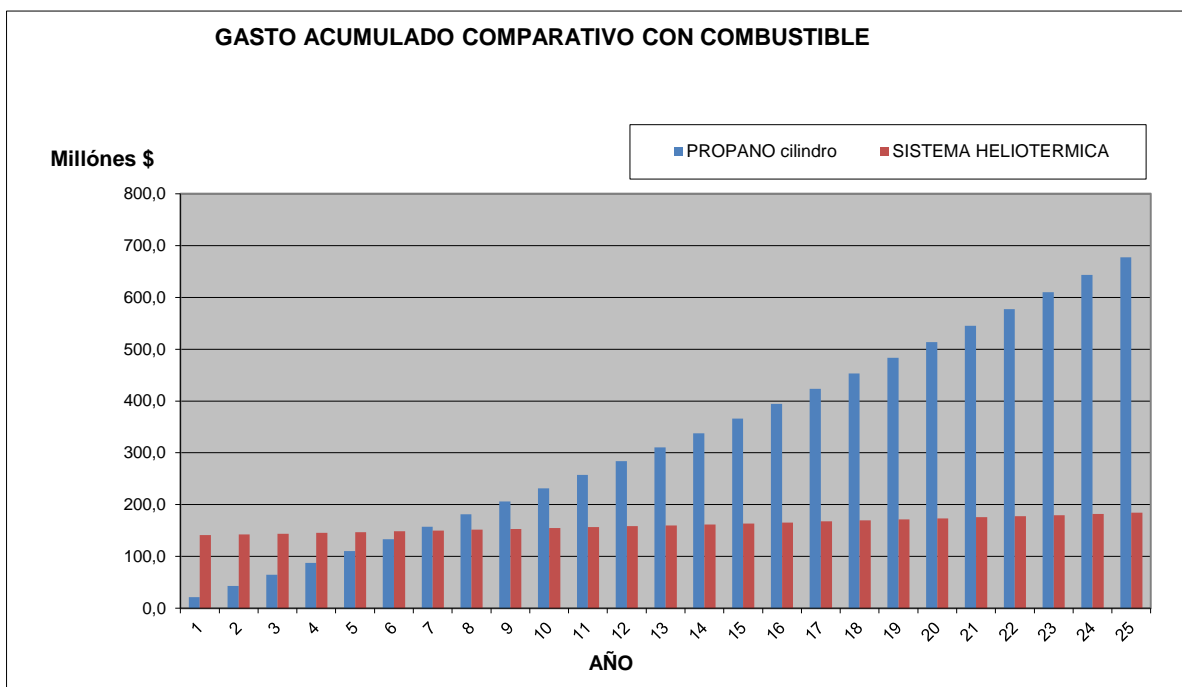


STP15007-FF

V02-2015

www.heliotermica.com  
 Carrera 42 No. 15-08, Duitama, Boyacá  
 Tels: (8) 760 35 50, 320 286 1655

BALANCE FINANCIERO DEL SISTEMA SOLAR			
<b>Costo del sistema solar</b>		COP \$ 139.540.153	Para incluir ahorro por costos de calderas, costo en COP\$
<i>Retorno en comparación</i>	<i>Ahorro anual</i>	<i>Retorno años</i>	-
GAS NATURAL	\$ 8.152.941	11,99	Ahorro acumulado a los 25 años: <b>COP \$ 493.250.180</b>
PROPANO tanque	\$ 11.447.816	8,54	
PROPANO cilindro	\$ 16.921.115	5,78	
ACPM	\$ 18.291.727	5,35	
			Comparación energética con PROPANO cilindro



El sistema de calentamiento con energía solar se compara con el mismo suministro de energía a base de combustibles y fuentes energéticas convencionales con el fin de analizar el retorno de la inversión. Esta comparación se hace teniendo en cuenta el costo total del proyecto de energía solar por una parte, y por otra parte la energía convencional que se gastaría si se utilizaran fuentes energéticas convencionales. Las barras rojas muestran el gasto acumulado a través de los años por el uso del sistema de energía solar y las barras azules muestran el gasto acumulado utilizando como fuente energética la energía convencional. El punto donde las barras se igualan representa el año de retorno de la inversión. La gráfica muestra un periodo de 25 años, siendo éste el promedio de vida útil de un sistema de energía solar.

Como se puede concluir, los sistemas de energía solar son económicos a largo plazo, proporcionándole más de la mitad de su vida útil de energía gratuita y hasta un 80% de energía gratuita en el mejor de los casos.



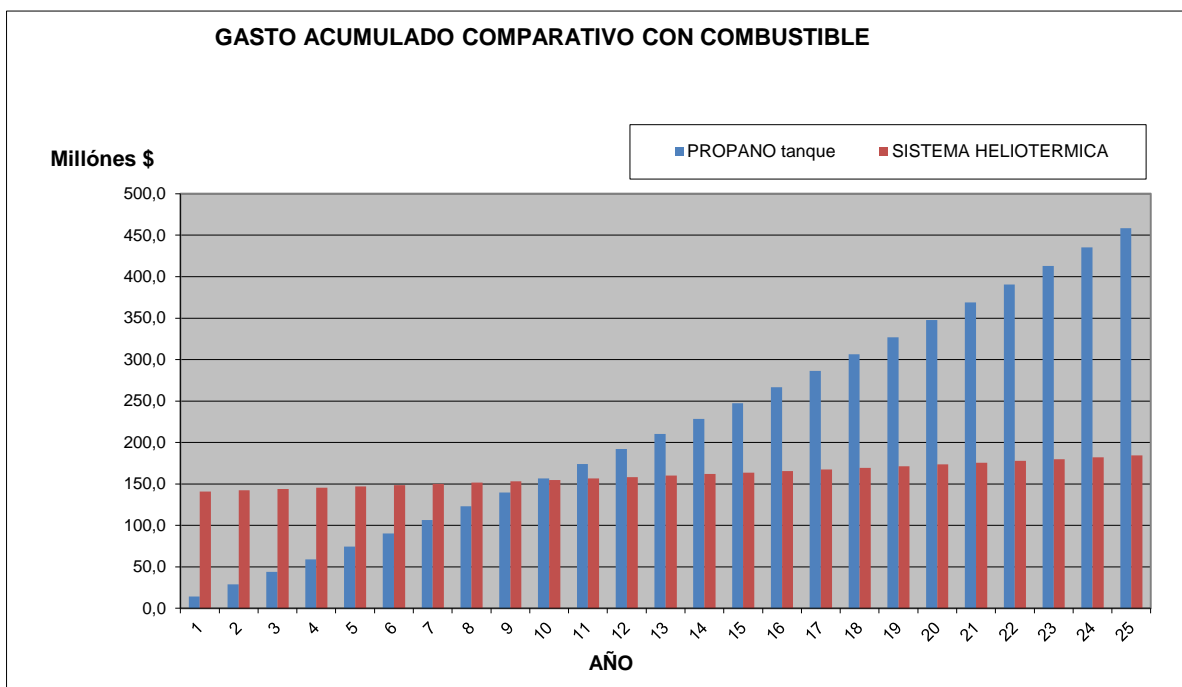


STP15007-FF

V02-2015

www.heliotermica.com  
 Carrera 42 No. 15-08, Duitama, Boyacá  
 Tels: (8) 760 35 50, 320 286 1655

BALANCE FINANCIERO DEL SISTEMA SOLAR			
<b>Costo del sistema solar</b>		COP \$ 139.540.153	Para incluir ahorro por costos de calderas, costo en COP\$
<i>Retorno en comparación</i>	<i>Ahorro anual</i>	<i>Retorno años</i>	-
GAS NATURAL	\$ 8.152.941	11,99	Ahorro acumulado a los 25 años: <b>COP \$ 274.110.951</b>
PROPANO tanque	\$ 11.447.816	8,54	
PROPANO cilindro	\$ 16.921.115	5,78	
ACPM	\$ 18.291.727	5,35	
			Comparación energética con PROPANO tanque



El sistema de calentamiento con energía solar se compara con el mismo suministro de energía a base de combustibles y fuentes energéticas convencionales con el fin de analizar el retorno de la inversión. Esta comparación se hace teniendo en cuenta el costo total del proyecto de energía solar por una parte, y por otra parte la energía convencional que se gastaría si se utilizaran fuentes energéticas convencionales. Las barras rojas muestran el gasto acumulado a través de los años por el uso del sistema de energía solar y las barras azules muestran el gasto acumulado utilizando como fuente energética la energía convencional. El punto donde las barras se igualan representa el año de retorno de la inversión. La gráfica muestra un periodo de 25 años, siendo éste el promedio de vida útil de un sistema de energía solar.

Como se puede concluir, los sistemas de energía solar son económicos a largo plazo, proporcionándole más de la mitad de su vida útil de energía gratuita y hasta un 80% de energía gratuita en el mejor de los casos.

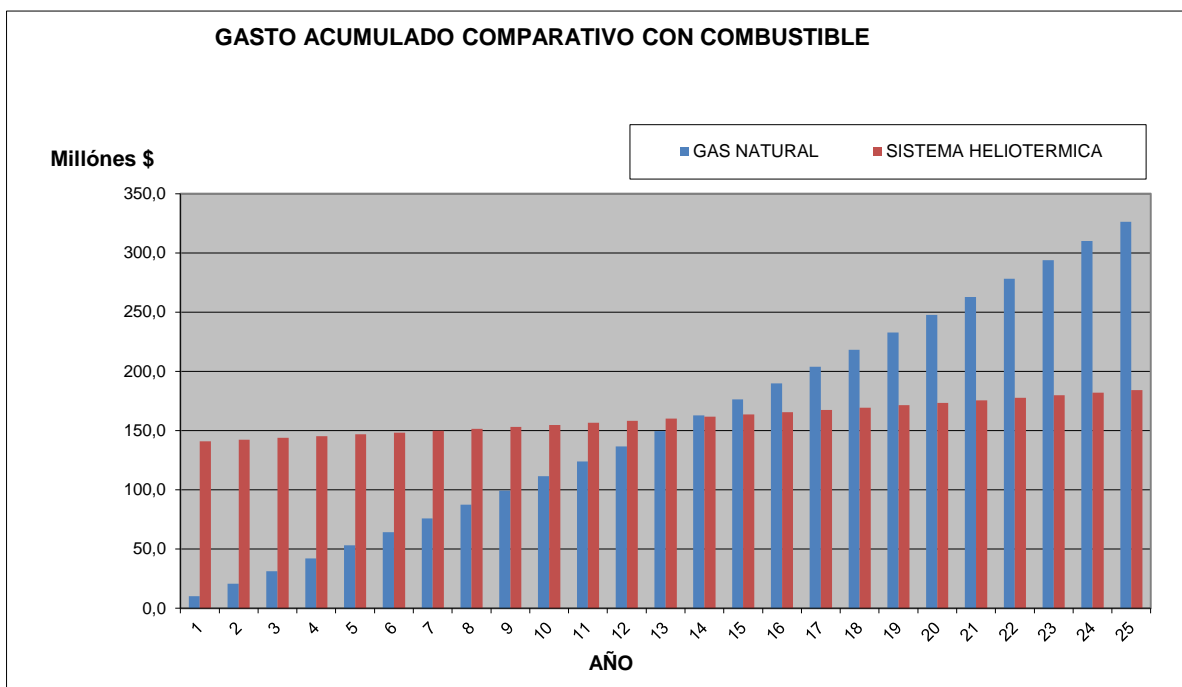


STP15007-FF

V02-2015

www.heliotermica.com  
 Carrera 42 No. 15-08, Duitama, Boyacá  
 Tels: (8) 760 35 50, 320 286 1655

BALANCE FINANCIERO DEL SISTEMA SOLAR			
<b>Costo del sistema solar</b>		COP \$ 139.540.153	Para incluir ahorro por costos de calderas, costo en COP\$
<i>Retorno en comparación</i>	<i>Ahorro anual</i>	<i>Retorno años</i>	-
GAS NATURAL	\$ 8.152.941	11,99	Ahorro acumulado a los 25 años: <b>COP \$ 142.191.138</b>
PROPANO tanque	\$ 11.447.816	8,54	
PROPANO cilindro	\$ 16.921.115	5,78	
ACPM	\$ 18.291.727	5,35	
			Comparación energética con <b>GAS NATURAL</b>



El sistema de calentamiento con energía solar se compara con el mismo suministro de energía a base de combustibles y fuentes energéticas convencionales con el fin de analizar el retorno de la inversión. Esta comparación se hace teniendo en cuenta el costo total del proyecto de energía solar por una parte, y por otra parte la energía convencional que se gastaría si se utilizaran fuentes energéticas convencionales. Las barras rojas muestran el gasto acumulado a través de los años por el uso del sistema de energía solar y las barras azules muestran el gasto acumulado utilizando como fuente energética la energía convencional. El punto donde las barras se igualan representa el año de retorno de la inversión. La gráfica muestra un periodo de 25 años, siendo éste el promedio de vida útil de un sistema de energía solar.

Como se puede concluir, los sistemas de energía solar son económicos a largo plazo, proporcionándole más de la mitad de su vida útil de energía gratuita y hasta un 80% de energía gratuita en el mejor de los casos.



STP15007-FF

V02-2015

www.heliotermica.com

Carrera 42 No. 15-08, Duitama, Boyacá

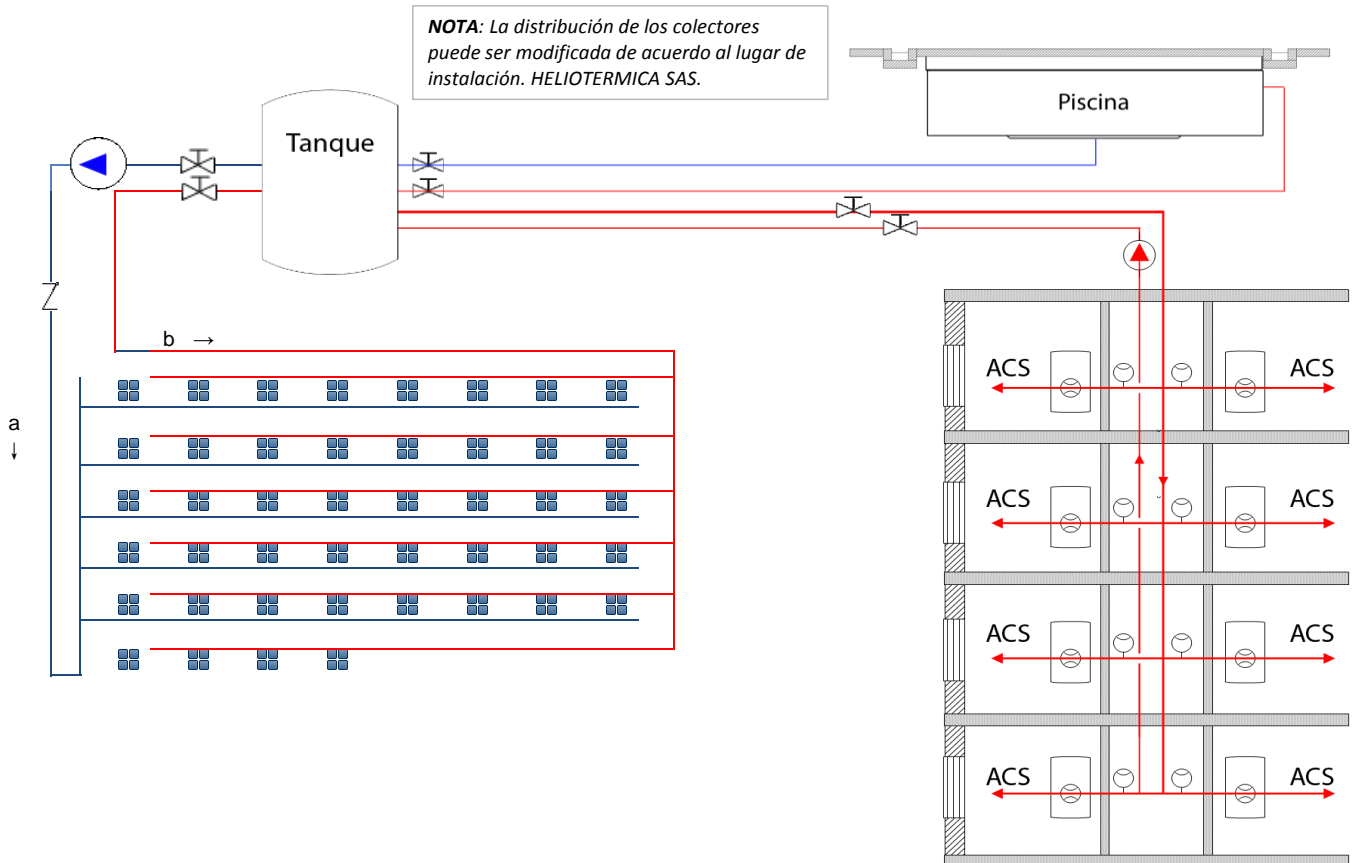
Tels: (8) 760 35 50, 320 286 1655

**ESQUEMA BÁSICO DE DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO**

ATTE: VERÓNICA RESTREPO

DIRECCIÓN: DUITAMA

*NOTA: La distribución de los colectores puede ser modificada de acuerdo al lugar de instalación. HELIOTERMICA SAS.*



Duitama  
 08/06/2015

Nombre:  
**VERÓNICA RESTREPO**  
 LA PRADERADUITAMA  
 0  
 Tel.:

Referencia: **COTIZACIÓN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR**

De acuerdo a las necesidades y requerimientos establecidos preliminarmente, presentamos a continuación la mejor oferta para el sistema de energía solar, la cual fue diseñada teniendo en cuenta los accesorios y equipos de la mejor calidad. HELIOTERMICA ofrece confiabilidad a sus clientes a través de nuestro personal calificado en el tema de la ingeniería en energía solar. Los equipos ofrecidos están elaborados con los mejores materiales y diseños para brindarle una larga duración y alto rendimiento. Los sistemas de energía solar tienen una vida útil promedio de 25 y no requieren especial mantenimiento. La garantía de los equipos es de un año a partir de la fecha de la factura.

Sistemas requeridos:	<b>KIT 4</b>	Capacidad
	<b>INSTALACIÓN</b>	<b>4000 Wh/día</b>

PRODUCTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PREC. UNIDAD	TOTAL
KIT 4	1	PANELES: 4x250 W. INVERSORES: 1x800W-24V. REGULADORES: 1xMPPT 50A 12/24V.	\$ 14.957.820	\$ 14.957.820
INSTALACIÓN	1	Instalación sin recargo en la zona Sogamoso - Duitama - Tunja.	\$ 2.991.564	\$ 2.991.564
			-	-
			-	-
SUBTOTAL				\$ 17.949.384

Anticipo:

**TOTAL \$ 17.949.384**

CADUCIDAD DE LA PRESENTE COTIZACIÓN: **30 días a partir de la fecha de entrega.** Las consignaciones se pueden hacer en las cuentas abajo descritas a nombre de HELIOTERMICA S.A.S.

Cordialmente,

**YENNY DUEÑAS**  
 Secretaria  
 320 286 1655  
 duitama.solar@heliotermica.com  
 www.heliotermica.com