

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ARQUITECTURA**



**TESIS**

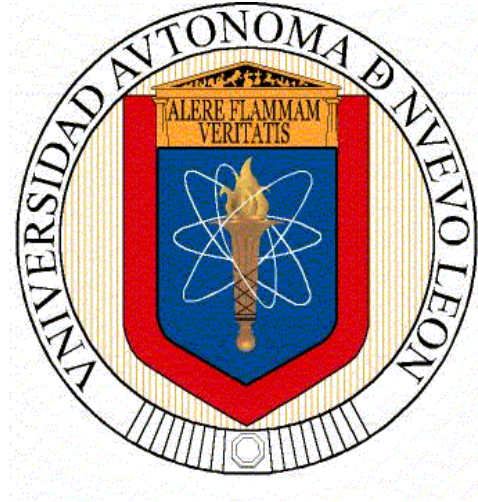
**ANÁLISIS DE LA ENERGÍA SOLAR PASIVA EN LA VIVIENDA DE  
INTERÉS SOCIAL, CASO DE ESTUDIO: “LAS ANACUAS” SANTA  
CATARINA, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

**POR  
OLIMPIA PÉREZ MORENO**

**PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS DE  
LA ARQUITECTURA CON ORIENTACIÓN EN ASUNTOS  
URBANOS**

**ENERO 2016**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ARQUITECTURA**



**TESIS**

**ANÁLISIS DE LA ENERGÍA SOLAR PASIVA EN LA VIVIENDA DE  
INTERÉS SOCIAL, CASO DE ESTUDIO: “LAS ANACUAS” SANTA  
CATARINA, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

**POR  
OLIMPIA PÉREZ MORENO**

**PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS DE  
LA ARQUITECTURA CON ORIENTACIÓN EN ASUNTOS  
URBANOS**

**DIRECTOR DE TESIS DR. CARLOS LEAL IGA  
COASESOR DE TESIS DR. JAVIER LEAL IGA**

**SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN,**

**ENERO DE 2016**

# CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

	Página
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1 Planteamiento del problema.....	6
1.2 Objetivos de la investigación.....	10
1.2.1 Objetivo general.....	10
1.2.2 Objetivos específicos.....	10
1.3 Justificación.....	11
1.4 Delimitación.....	12
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 Viviendas de interés social en México.....	13
2.1.1. Viviendas con desarrollo sustentable.....	13
2.1.1.1 Viviendas con desarrollo sustentable en Latinoamérica.....	16
2.1.2 Viviendas con desarrollo sustentable en Monterrey.....	17
2.1.2.1 Viviendas clasificadas como Sustentables en el Área Metropolitana de Monterrey.....	18
2.1.2.1.1 Las Anacuas.....	18
2.2 Energía renovable.....	20
2.2.1. Energía solar pasiva.....	21
2.2.1.1 Optimización climática de la vivienda haciendo uso de la Radiación Solar.....	22
2.2.1.2 Caso de estudio de optimización de la climatización en la Vivienda usando la radiación solar en la unión europea.....	23
CAPITULO 3. METODOLOGÍA.....	25
3.1 Métodos de investigación.....	25
3.1.1. Hipótesis.....	25
3.1.2 Descripción de la región de estudio.....	25
3.1.3 Unidades de análisis y observación.....	25

3.2 Variable dependiente .....	27
3.3 Variable independiente.....	27
3.4 Descripción de la base de datos.....	27
3.5 Modelo de Análisis estadístico para centros urbanos.....	28
3.6 Selección de módulo de viviendas más desfavorecido con información Geográfica.....	30
3.7 Cálculo del balance térmico del módulo seleccionado.....	34
3.7.1 Rotación del Módulo .....	39
3.7.2 Cálculo de ángulos .....	44
3.7.3 Cálculo de las velocidades del viento a barlovento para las diferentes Rotaciones .....	46
3.7.4 Cálculo de calor por infiltración.....	47
 CAPITULO 4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	48
4.1 Resultado de la ganancia de calor total interna medida en watts .....	48
4.2 Ganancia de calor total con materiales nuevos .....	49
4.3 Comparación entre los materiales existentes y los propuestos .....	50
4.4 Resultados de las rotaciones del módulo de estudio .....	51
 CAPITULO 5. CONCLUSIONES .....	54
5.1 Conclusiones.....	54
 REFERENCIAS .....	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1- Vista aérea del conjunto habitacional “Las Anacuas”, Sta. Catarina N.L. ....	18
2- Vista aérea de los 14 módulos del complejo habitacional de estudio .....	19
3- Vista aérea de un módulo compuesto por 5 departamentos, 2 en planta baja y 3 en Planta alta .....	26
4- Complejo habitacional modelado en sketchup para el estudio .....	29
5- Módulo seleccionado para el estudio .....	30
6- Volumetría del conjunto (vista sur) .....	31
7- Volumetría del conjunto (vista lateral sur).....	31
8- Volumetría del conjunto (vista norte) .....	32
9- Volumetría del conjunto (vista lateral norte) .....	32
10- Volumetría del conjunto (vista planta).....	33
11- Volumetría del conjunto (vista lateral norte) con selección para Módulo de Estudio .....	33
12- Trayectoria solar .....	41
13- Referencia de muros en planta .....	42
Gráfica	Página
1- Ganancia de calor total con materiales actuales en watts / Rotación a Cada 20 grados. ....	48
2- Ganancia de calor total con materiales nuevos propuestos en watts / Rotación a Cada 20 grados .....	49
3- Comparativa de ganancia de calor con los materiales actuales y los materiales Propuestos / Rotación a cada 20 grados .....	50

Tabla

Página

1- Resultados de las rotaciones del módulo de estudio .....	52
---	----

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **Introducción**

En el presente capítulo se mostrarán las bases que hicieron posible el estudio sobre el diseño solar pasivo de un complejo de viviendas de interés social ubicado en Santa Catarina, N.L., el cual fue proyectado originalmente como un desarrollo sustentable. En el presente estudio se revisara la posición y los materiales de las viviendas experimentando con el caso de estudio teniendo la finalidad de mejorar proyectos futuros.

Lo que se encontrará a continuación es el planteamiento del problema, los objetivos que rigen la investigación, así como la justificación y delimitación del proyecto.

### **1.1 Planteamiento del problema**

Actualmente se vive una preocupación mundial acerca de la utilización de recursos de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) que son primordialmente explotados para la generación de energía, la cual es utilizada en la mayoría de los hogares. En la mayoría de los países en vías de desarrollo, como lo es México, existe poca inversión en cuanto a tecnologías ecológicas dentro de las viviendas, por lo cual el gasto de energía, basada en fuentes no renovables van en aumento. (Secretaría de Energía, 2012).

Según la Guía del uso eficiente de energía (2012), el desarrollo sustentable de los recursos naturales, aplicado a la vivienda, implica que se incorporen nuevas exigencias a lo largo del proceso constructivo de la casa y un cambio en las técnicas y sistemas de construcción, por lo cual la Secretaría de Energía (SE) debe brindar atención adecuada a la promoción y aplicación de prácticas concretas y reales que ayuden a que dentro de la vivienda existan condiciones para el ahorro de la energía.

Según López, Moreno y Marín (2012) la preocupación fundamental en países como México es que la producción y utilización de energía no renovable, cada vez cuesta más debido a:

- La alza de los precios internacionales
- Accidentes en el manejo del petróleo
- Accidentes en plantas de energía nuclear
- El agotamiento de las reservas de hidrocarburos (petróleo y gas natural) a poca profundidad (en México)
- El calentamiento global

Por lo anterior es necesario que se encuentren y usen otras alternativas que ayuden a los habitantes a utilizar menos la energía no renovable ya que su consumo depende principalmente de los combustibles fósiles, los cuales emiten a la atmósfera compuestos que causan gran impacto ambiental. Con relación a lo anterior, Rey y Velasco (2006) pronosticaron que hasta el año 2010 las energías que tendrían más consumo serían: carbón, gas natural y el petróleo, lo cual se ha podido comprobar que fue cierto.

La utilización de los hidrocarburos es lo que mantiene al capitalismo global funcionando, ya que cualquier mercancía se tiene que transportar a los centros de consumo de todo el mundo. Además que los hidrocarburos son los combustibles más versátiles para la producción de energía, tanto calorífica como eléctrica. Los plásticos, polímeros y asfaltos ya forman parte de la segunda piel de una sociedad sumergida en la tecnosfera industrializada. Por el contrario los recursos energéticos renovables son abundantes así como de calidad y suministro constante. La tecnología necesaria para explotar las fuentes de energía renovables está probada y solo se espera a que se implemente a gran escala (Bárcena, Lago y Villalba, 2009).

Al ser los hidrocarburos, entre ellos el petróleo, la matriz que rige el sector energético en el país, México a través de la Secretaría de Energía (SE) ha realizado programas piloto en comunidades indígenas en el estado de Guerrero, por ejemplo en el año 2006 se ofrecieron talleres de auto construcción, en lugares donde se carecía de infraestructura han logrado ser equipadas y abastecidas a través de procesos con energías renovables. Al mismo tiempo se ha logrado tener una sinergia con empresas de la iniciativa privada y asociaciones mundiales en inversión de tecnología para producir energía a través de la



energía eólica.

México se ha pronunciado a través de la SE, implementando en su visión 2030, cambios significativos para su mejor aprovechamiento en materia de energías limpias. A diferencia de otros países desarrollados, los cuales se encuentran en un proceso de cambio debido a que muchos de ellos se abastecían principalmente de energía nuclear y ante los accidentes sucedidos recientemente, se encuentran evaluando sus futuras propuestas de fuentes de abastecimiento energético.

Rey y Velasco (2006) establecen que el uso de energías renovables está ligado a estrategias políticas que dependen del contexto nacional y de los yacimientos potenciales. Las opciones varían según los países, pero coinciden en asociar técnicas consolidadas desde hace décadas que resultan ya rentables y competitivas (bombas de calor, colectores solares para el agua caliente sanitaria, cogeneración de gas) con tecnologías más innovadoras, con una amortización a más largo plazo (celdas fotovoltaicas y aerogeneradores).

La construcción de las viviendas es una de las áreas que ofrece oportunidades en aras de lograr los objetivos que México se ha propuesto en materia de energía. Rey y Velasco (2006) opinan que los factores climáticos condicionan el consumo de los hogares, sin embargo los habitantes también tienen preocupación por la mejora de la calidad de vida, por lo que es necesario integrar en la edificación los aspectos energéticos y medio ambientales durante su diseño y construcción ya que de esta forma se condiciona el consumo energético durante décadas.

Por su parte, la declaración Universal de los Derechos Humanos (ONU, 1948) establece, entre otros, el derecho de toda persona a una vivienda adecuada. La Convención Internacional en derechos Económicos, Sociales y Culturales (ONU, 1966,1991) precisa que una vivienda adecuada es aquella que reúne los siguientes atributos:

- a) Seguridad en la tenencia
- a) Durable y con disponibilidad de servicios e infraestructura
- b) Accesibilidad

- c) Habitabilidad
- d) Localización
- e) Facilidades para discapacitados
- f) Culturalmente compatible.

Velázquez (1979) asevera que en México, la vivienda digna y un medio ambiente adecuado son derechos establecidos en la Constitución como parte de las garantías individuales. En el artículo 4º, párrafo 4to. Y 5to. Se menciona que toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar. Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa. La Ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo.

Una vivienda sustentable hace uso eficiente de la infraestructura existente, de la energía, el agua, los materiales y el suelo, no solo para ahorrar recursos financieros, sino también para salvaguardar la salud, hacer una casa más confortable y proteger el medio ambiente y los recursos naturales. (Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda, 2006).

Higuera y Toledo (2008) recomiendan que cuando se realiza una vivienda de interés social es importante tomar en cuenta las dimensiones económica, social y ecológica pero con un amplio sentido de diseño arquitectónico que permita la integración ordenada de nuevos elementos, sobre todo la armonía con el paisaje y el entorno urbano sin perder de vista la eficiencia y eficacia de los sistemas habitacionales. Una de las opciones que aumenta la autonomía del edificio y disminuye el consumo de la energía sin sobrecostes significativos es la utilización de la energía solar pasiva, la cual consiste en una forma de aprovechamiento que se basa en captar la energía solar, almacenarla y distribuirla de forma natural. La clave de este aprovechamiento está en un diseño ideal de las edificaciones sin tener la necesidad de utilizar máquinas o instrumentos mecánicos. Los elementos que se emplean de forma pasiva en la captación solar se reducen a materiales usados en la construcción de los edificios como son en ventanas, puertas, acciones como pintar las paredes de blanco, entre otros, así como la utilización de los fenómenos naturales, tales como la circulación de aire, las sombras o las horas de insolación.

La iniciativa de ley para el fomento de la eficiencia energética y el aprovechamiento de las energías renovables del Estado de Nuevo León y sus municipios establece que en la actualidad del estado de Nuevo León se encuentra dentro de las principales entidades federativas con mayor consumo energético, impulsado en gran medida de procesos industriales y de servicios, así como la demanda doméstica que invariablemente va en aumento, lo que genera en la sociedad, gobierno, inversionistas, científicos y organizaciones ambientalistas una profunda preocupación por el grave problema que representa la escasez de recursos energéticos y el desafío irreparable que produce al planeta su utilización indiscriminada ( H. Congreso del Estado de N.L. , 2010). Es por eso que se hace necesario estudiar primeramente los casos de éxito de desarrollos sustentables y analizar si han ayudado a sus habitantes a tener un menor gasto en energías no renovables al utilizar mayormente energías limpias. Por otro lado resulta atractivo el poder ofrecer una opción de sustentabilidad al utilizar la energía solar pasiva en el diseño de las viviendas.

## **1.2 Objetivos de Investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Analizar el aprovechamiento de la energía solar pasiva a través de los materiales empleados en los elementos de losas, muros y ventanas en conjunto con la orientación de la vivienda de interés social en un caso de estudio en el Área Metropolitana de Monterrey. Con la finalidad de hacer recomendaciones para ayudar a reducir los consumos energéticos en los futuros proyectos en este tipo de vivienda.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

2. Estudiar una experiencia previa describiendo un caso de estudio en el contexto de América Latina en el tema del uso de energía solar pasiva en la vivienda urbana.
3. Definir un caso de estudio dentro del Área Metropolitana de Monterrey realizando investigación documental.

4. Establecer dentro del caso de estudio, el módulo de viviendas de interés social más desfavorecido, al tener como base los resultados obtenidos del estudio de radiación solar incidente, utilizando del software ECOTECT.
5. Analizar cambios de los materiales en (losas, muros y ventanas) así como la orientación de la vivienda que permita una mejor propuesta ante la recepción de energía solar y de esta forma ayudar a mejorar la eficiencia energética en la vivienda de interés social.

### **1.3 Justificación**

Gidon, Kaan y Munro (2009) establecen que de acuerdo a las Naciones Unidas, hoy en día, la mitad de la población del mundo vive en ciudades donde una parte significativa de la energía anual total mundial se consume, ya sea para la calefacción o la refrigeración de espacios de vida, para el transporte de mercancías y personas, o aparatos eléctricos. “El Estado de Nuevo León, no es la excepción, ya que se encuentra dentro de las principales entidades federativas con mayor consumo energético, impulsado en gran medida por la dinámica de procesos industriales y de servicios, así como la demanda doméstica que invariablemente van en aumento, lo que genera en la sociedad, gobierno, inversionistas, científicos y organizaciones ambientalistas una profunda preocupación por el grave problema que representa la escasez de recursos energéticos y el desafío irreparable que produce al planeta su utilización indiscriminada” (H. Congreso del estado de Nuevo León, 2010).

Al realizar este proyecto de investigación se va lograr tener conocimiento sobre el alcance de incorporar acciones de acondicionamientos de energía pasiva en la vivienda de interés social y de esta forma contribuir a reducir el costo energético de los inmuebles, tomando consideraciones desde el desarrollo de su diseño y construcción para lograr resultados positivos. Por lo cual resultará de mucha utilidad para el futuro inmediato de las viviendas y del desarrollo sustentable del AMM, lo cual será un precedente para las ciudades más pobladas de México.

## 1.4 Delimitación

Este proyecto tomó en cuenta como caso de estudio un complejo de viviendas de interés social denominado “ Las Anacuas” en Santa Catarina, N.L. el cual se encuentra entre los paralelos 25° 25’ y 25° 45’ de latitud norte; los meridianos 100° 14’ y 100° 46’ de longitud oeste; altitud entre 600 y 3 300 m. Este complejo ha sido gestado en una superficie de tierra de 6 mil 650 metros cuadrados.

Con base en el prontuario de 2009 del Instituto de Información Geográfica de los Estados Unidos mexicanos (INEGI) se resaltan los siguientes datos sobre el municipio de Santa Catarina, Nuevo León, donde se ubica el proyecto:

- Colindancias: al norte con los municipios de García y Monterrey; al este con los municipios de San Pedro Garza García, Monterrey y Santiago; al sur con los municipios de Santiago y el estado de Coahuila de Zaragoza; al oeste con el estado de Coahuila de Zaragoza y el municipio de García.
- Rango de temperatura: 10 - 22°C
- Rango de precipitación: 200 - 900 mm
- Clima: Seco semicálido (54%), Semiseco templado (35%), Semiseco semicálido (5%), Seco Templado (4%), Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (0.6%), Templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (0.5%), Muy seco semicálido (0.5%) y Templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año (0.4%).

Es importante mencionar que el desarrollo urbano que se estudió se llama “Las Anacuas” Para el estudio se seleccionó el módulo de viviendas que recibe la mayor insolación. Para el periodo de verano con un día y hora específica, siendo elegido el 21 de agosto del 2012 a las 15:00 horas en base a la información proporcionada por el Sistema de Monitoreo ambiental. Seleccionado el día en la época de verano para buscar reducir la carga térmica en la temporada de mayores temperaturas del año.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **Introducción**

A continuación se mostrarán los conceptos más importantes sobre las viviendas de interés social tanto en México como en Monterrey y su área metropolitana. Además encontraremos a qué se refiere la energía renovable y la energía solar pasiva, lo cual ayudará a entender de una mejor manera el presente estudio.

### **2.1 Viviendas de interés social en México**

El Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación del 1º. De septiembre de 1980, define en el artículo segundo lo que debe entenderse por vivienda de interés social. Para los efectos de este Decreto se entenderá por vivienda de interés social como: “aquella cuyo valor al momento de su terminación no exceda de la suma que resulte de multiplicar por 10 el salario mínimo general elevado al año de la zona económica que corresponda al Distrito Federal”.

La vivienda es uno de los principales componentes de la ciudad, por ello, la importancia de estudiar el tema desde varios ángulos como lo ha sido el normativo. Higuera y Toledo (2011) comentan que aparentemente en el año 2008 las grandes instituciones y los desarrolladores consideraron a bien normar la vivienda de interés social de tipo sustentable.

#### **2.1.1 Viviendas con desarrollo sustentable**

Como se ha mencionado anteriormente y de acuerdo a La Guía para el Uso Eficiente de la Energía en la Vivienda (2006), una vivienda sustentable hace uso eficiente de la infraestructura existente, de la energía, el agua, los materiales y el suelo. Ello, no solo para ahorrar recursos financieros, sino también para salvaguardar la salud, hacer una casa más confortable y proteger el medio ambiente y los recursos naturales. La producción de vivienda utiliza recursos energéticos para fabricar los materiales, para transportarlos y para

el proceso mismo de edificación. Adicionalmente, la electricidad es el tipo de energía que más se relaciona con el consumo energético en la vivienda, debido al uso de los electrodomésticos y a los equipos de iluminación y de climatización.

Higuera y Toledo (2008) argumentan que la sustentabilidad de la vivienda de interés social debe considerar los aspectos económicos, sociales y ecológicos, tomando en cuenta el diseño arquitectónico que ayude a que exista una integración ordenada de nuevos elementos, sobre todo la armonía con el paisaje y el entorno urbano sin perder de vista la eficiencia y eficacia de los sistemas habitacionales.

El Plan Nacional de Desarrollo 2006-2012 planteó en su objetivo número 17 referente a la vivienda que se deberá estudiar en tres líneas, financiamiento, políticas y consideraciones técnicas.

Las implicaciones tecnológicas están basadas en:

- Lineamientos para el diseño y construcción de los Desarrollo Habitacionales Sustentables que considere en forma integral la ubicación.
- El sitio a desarrollar
- El uso eficiente de la energía y el agua
- La selección de materiales y el mantenimiento y operación de la vivienda.

Higuera y Toledo (2008) aseguran que través de la regulación en la materia se puede garantizar que la vivienda de tipo de interés social cumple con las condiciones de dignidad que los habitantes merecen. La sustentabilidad es una condición de la calidad de vida con la característica de obligatoriedad moral, sobre todo para quienes construyen sistemas habitacionales. Ellos son los responsables de construir vivienda digna, durable, y viable.

Neila González (2004) comenta que los edificios se han acondicionado a lo largo del tiempo mediante la aportación de energía, como pueden ser procesos de combustión, captación de energías naturales, energía solar, ventilación, entre otros. En todas las

situaciones ha resultado siempre favorable conservarla durante el mayor tiempo posible; si un edificio pierde energía a un ritmo acelerado habrá que aportársela también a ese mismo ritmo, con el objetivo de mantener las condiciones interiores de bienestar. Por lo cual los edificios con alto grado de conservación son aquellos que consumen poco, es decir que tienen bajas necesidades de energía y que son poco contaminantes.

De Garrido (2010) define Las acciones sin coste adicional y alta eficacia medioambiental (energías pasivas) para lograr una Arquitectura Sostenible:

- Ordenación urbana sostenible (eco-urbanismo)
- Orientación y volcado arquitectónico sur
- Elección de la tipología arquitectónica adecuada
- Optimización sostenible del proyecto arquitectónico
- Diseño exhaustivamente Bioclimático (generar, almacenar y distribuir (Calor y fresco)
- Sistemas de calefacción eléctrica por radiación asociados a un diseño bioclimático del edificio
- Utilización de captadores solares térmicos
- Suelos radiantes solares, asociados a una arquitectura bioclimática

Rey y Velasco, (2006) creen que una edificación ecológica debe considerar los siguientes aspectos:

- Uso / consumo de energía
- Uso/ consumo de agua
- Uso de suelo con valor ecológico
- Uso/ consumo de materiales escasos
- Emisiones atmosféricas y de otro tipo

Rey y Velasco, (2006) consideran que en una vivienda de bajo consumo se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Consideración de los aspectos energéticos en la fase de diseño del proyecto



- Forma compacta del edificio
- Aislamiento térmico reforzado
- Limitación de los puentes térmicos
- Estanqueidad del aire
- Empleo eficaz de la energía solar pasiva
- Instalaciones térmicas eficientes y fáciles de utilizar
- Sanitarios de bajo consumo de agua
- Equipamientos eléctricos de bajo consumo energético
- Elección de materiales de construcción reciclables cuya producción y puesta en obra necesite poca energía. (P.12).

#### **2.1.1.1 Viviendas con desarrollo sustentable en Latinoamérica**

En el contexto latinoamericano se realizó un proyecto a través del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) y la Universidad de Chile en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo llamado: “Potencial Solar de Edificios en Tejidos Urbanos” (2012-2014), donde se buscó profundizar en el potencial solar de edificios en tejidos urbanos intentando exponer el problema evidente y poco explorado en los países iberoamericanos: el acceso solar a las edificaciones de las ciudades. Buscando crear una condición espacial para desarrollar, implementar, emplear y mantener energía solar en las fachadas de los edificios (techumbres y muros) ya sea como sistemas pasivos o activos. El objetivo general es desarrollar un método de análisis y modelación del potencial solar de edificios en tejidos urbanos de barrios residenciales (Cárdenas e Higuera, 2014).

A la vez se trabaja en un Plan Piloto – Barrio Solar en Santiago de Chile (2012-2014) trabajado por CYTED, la Universidad de Chile y la Universidad Politécnica de Madrid cuyo objetivo es: Establecer las estrategias de planificación solar activa y pasiva en un tejido residencial de la ciudad consolidada de Santiago de Chile (Cárdenas e Higuera, 2014).

Los programas y proyectos enunciados solo buscan la inclusión de la energía solar en las edificaciones desde su planeación y la puesta en prueba de evaluar lo existente y

mejorarlo con la ayuda de diversas herramientas tanto para la parte técnica del análisis como para la parte de la gestión política y gubernamental para llevarlas a cabo.

### **2.1.2 Viviendas con desarrollo sustentable en Monterrey**

De acuerdo a la comisión nacional de fomento a la vivienda (CONAFOVI) (2006), Monterrey se encuentra dentro de la clasificación de las regiones ecológicas en la República Mexicana dentro de las grandes planicies, con un clima seco estepario y en función de la humedad del ambiente termina clasificada con un bioclima cálido seco, lo cual la ubica dentro de las siguientes recomendaciones para lograr un diseño bioclimático:

En cuanto al diseño urbano se encuentra:

- a. Agrupamiento
- b. Orientación de las viviendas
- c. Espacios exteriores
- d. Vegetación

En cuanto al diseño arquitectónico:

- a. Ubicación de la vivienda en el lote
- b. Configuración
- c. Orientación de la fachada más larga
- d. Localización de los espacios
- e. Tipo de techo
- f. Altura del piso al techo
- g. Dispositivos de control solar
- h. Ventilación
- i. Ventanas
- j. Materiales y acabados
- k. Vegetación

### **2.1.2.1 Viviendas clasificadas como Sustentables en el Área Metropolitana de Monterrey.**

Dentro del Área Metropolitana de Monterrey (AMM) existen varios proyectos de vivienda sustentables de acuerdo al Instituto de la Vivienda de Nuevo León (2010) tales como el fraccionamiento ViDA, Fraccionamiento Las Anacuas etc.

#### **2.1.2.1.1 Las Anacuas**

El Instituto de la Vivienda de Nuevo León (2010) presentó una propuesta denominada “Las Anacuas”, la cual es conceptualizada como una vivienda vertical de crecimiento progresivo dentro de la ciudad. Fue realizado en un trabajo conjunto entre el Instituto de la Vivienda de Nuevo León, el despacho de arquitectura Elemental de la ciudad de Santiago de Chile y Axis Construcciones de Monterrey, S.A. de C.V. esta última la encargada de ejecutar y comercializar el proyecto. El fraccionamiento está ubicado y adaptado al municipio de Santa Catarina, este conjunto habitacional fue gestado en una superficie de tierra de 6 mil 650 metros cuadrados de las cuales poco más de 2 mil 200 se han destinado para áreas verdes.

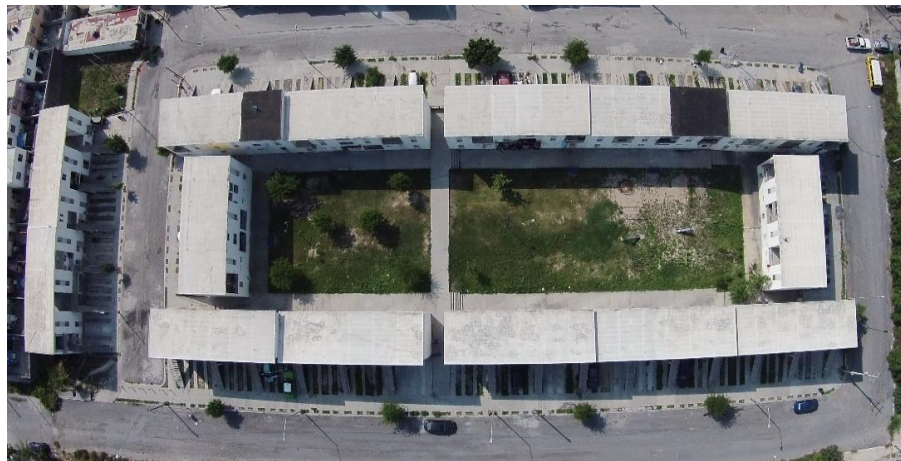
FIGURA 01. Vista aérea del conjunto habitacional “Las Anacuas”, Sta. Catarina N.L.



Fuente: Elaboración Propia. 2015

El complejo de Viviendas consta de 14 Módulos que son edificios de tres niveles cada uno, con 5 Departamentos en cada módulo, dos se encuentran ubicados en la planta baja y tres en la planta alta. Los departamentos de la planta baja cuentan con una planta arquitectónica y los departamentos de la planta alta cuentan con dos plantas arquitectónicas. En cada edificio hay cinco cajones de estacionamiento para las personas que viven ahí y uno se destina para visitas. El área verde del conjunto de viviendas es de más de 2 mil 200 m<sup>2</sup> de superficie y se ubica en el centro del mismo.

FIGURA 02. Vista aérea de los 14 módulos del complejo habitacional de



Fuente: Elaboración Propia. 2015

Mediante la solución habitacional planteada en el proyecto “Las Anacuas” se logró el aprovechamiento de tierra servida, cuyo costo es demasiado alto para desarrollar vivienda económica.

En el mismo documento del Instituto de la Vivienda de Nuevo León (2010) se define que proyectos como éste, permitirán que viviendas que estaban destinadas a ser construidas en la periferia de las manchas urbanas, donde se carece de infraestructura de servicios y transporte, sean edificadas en terrenos más costosos ubicados en el interior de las ciudades capitalizando la infraestructura de servicios existente. Esta alternativa ofrece la

oportunidad a familias que la habiten, de contar con una vivienda ubicada en un mejor entorno urbano, generando con ello una mejor calidad de vida.

El fraccionamiento “Las Anacuas” obtuvo el reconocimiento internacional al obtener el primer lugar de los Brit Insurance Awards 2010, que otorga el Museo del Diseño en Londres, Inglaterra y el tercer lugar del Premio Obras Cemex 2010 en la VII Bienal Iberoamericana de Arquitectura y Urbanismo , Medellín Colombia.

## **2.2 Energía renovable**

Rey y Velasco (2006) comentan que los procesos de producción de energía así como la generación de energía eléctrica a partir de combustibles fósiles emiten a la atmósfera diversos compuestos contaminantes, entre ellos, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas, que repercuten a la salud, las infraestructuras y los ecosistemas. Además, el consumo final de la industria y de los sectores residencial y terciario y la utilización de carburantes para el transporte, también contribuyen a la emisión de compuestos nocivos a la atmósfera. Los autores argumentan que los principales efectos producidos por los impactos ambientales son la lluvia ácida, el cambio climático, la destrucción de ozono estratosférico y el aumento del ozono troposférico. Otros efectos, con carácter más local, son la contaminación acústica, la de los suelos y los ríos circundantes, la ocupación de terrenos, el impacto sobre el paisaje o la posible alteración de la flora y la fauna.

La creciente preocupación por las consecuencias ambientales, sociales y económicas del cambio climático, reflejado en los compromisos derivados de los acuerdos alcanzados en el protocolo Kyoto, junto con el hecho de que la producción y el consumo de energía son los principales responsables de las emisiones de gases invernadero, hacen que el sector energético sea clave para alcanzar los objetivos que el país se ha propuesto. La eficiencia energética y el desarrollo de energías renovables son los principales instrumentos para conseguirlo (Rey y Velasco, 2006).

Como ya se ha mencionado, la energía va transformándose a lo largo de la cadena energética, estas transformaciones suceden a través de conocidos procesos como pueden ser

de combustión, expansión de un gas en una reacción química, fisión nuclear, entre otros y también la transformación se da en dispositivos como son el motor eléctrico, la turbina, la pila de combustible y la célula fotovoltaica por mencionar algunos. En cada transformación siempre se pierde en el camino una parte de la energía útil. En el siguiente eslabón de la cadena, la energía útil disponible será inferior a la del eslabón previo. Por ello, al hablar de una transformación energética siempre se hace referencia a su eficiencia, la cual en un proceso nunca será al 100% (Bárcena, Lago y Villalba, 2009). INTECSA UHDE INDUSTRIAL define que la cogeneración consiste en como la utilización de la energía primaria con un máximo aprovechamiento para producir conjuntamente energía eléctrica y calor o frío, con la misma cantidad de energía, es decir, con menor energía específica.

Bárcena, Lago y Villalba (2009) comentan que la inmensa mayoría de las formas de energía son diferentes manifestaciones de energía solar, ya que si se busca el primer eslabón de cada cadena energética se llegará al sol: energía eólica, hidroeléctrica, fototérmica, fotovoltaica, la energía de la biomasa, pero también energías fósiles; todas son energía solar. Normalmente, los flujos de energía renovable se relacionan directamente con la energía solar. Sin embargo, el gas natural, el carbón y el petróleo también vienen del sol, aunque no sean considerados como renovables.

### **2.2.1 Energía solar pasiva**

La energía solar pasiva es definida por Rivero (1998) como 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 por ellos, por ejemplo para su regulación.

### **2.2.1.1 Optimización climática de la vivienda haciendo uso de la radiación solar.**

La energía solar pasiva consiste en mantener el entorno de una vivienda a una temperatura agradable por medio del sol, dando como resultado una reducción en el consumo de energías no renovables al disminuir la necesidad del uso de mecanismos para acondicionar el clima interior.

Rey y Velasco (2006) sugieren que para aprovechar el potencial que ofrece el sol en invierno, en primavera y en otoño, es necesario:

- Dimensionar los huecos con vidrios aislantes en función de la energía solar proporcionada según la orientación : entre el 40 y 60% de superficie vidriada en la fachada sur , el 10% y el 15% en la fachada norte , y menos del 20% en las fachadas este y oeste.
- Almacenar la radiación solar en elementos macizos de materiales (hormigón, piedra o arcilla) cuya inercia permita acumular el calor en los forjados o muros interiores.
- Restituir progresivamente por convección y radiación el calor acumulado en el material.
- Limitar los intercambios con el exterior reduciendo la superficie de la envolvente y reforzando su aislamiento térmico y su estanqueidad del aire.
- Para evitar el problema de recalentamiento de las superficies en verano, es necesario: controlar la radiación directa mediante elementos constructivos de protección solar (aleros, persianas enrollables o batientes) y cerramientos de vidrio con un coeficiente de transmisión energética suficiente para limitar los aportes energéticos.

### **2.2.1.2 Caso de estudio de optimización de la climatización de la vivienda usando la radiación solar en la unión europea:**

En la Unión Europea específicamente en el tema de la energía solar se ha desarrollado un programa llamado Identification and Mobilisation of Solar Potentials via Local Strategies (POLIS), es un proyecto dentro del Programa "Intelligent Energy-Europe (IEE)" de la Comisión Europea con el objeto de desarrollar acciones de ahorro energético y uso de energías renovables, el cual consiste en llevar a la práctica estrategias de planeamiento urbano solar y políticas locales destinadas a aprovechar el potencial solar en ciudades europeas (9 países están dentro de este programa: Austria, Bélgica, Bulgaria, Inglaterra, Francia, Alemania, Hungría, Italia, Luxemburgo, los países bajos, Portugal, Rumania, España y Suecia) el programa busca incrementar la integración de aplicaciones energéticas descentralizadas y de pequeña escala en las ciudades, a través de recopilar y evaluar las mejores prácticas desarrolladas en la planificación solar urbana y conocer los actores clave dentro del proceso de la planeación y legislación en los futuros desarrollos urbanos (POLIS, 2008).

El programa POLIS (2008) establece que la importancia de la energía solar en relación a la composición de los edificios y estructuras urbanas es evidente: la forma de los edificios y las superficies disponibles son elementos clave para la ubicación de sistemas solares activos (térmicos y fotovoltaicos), así como para la adopción de estrategias de acondicionamiento pasivo. En este sentido, un adecuado diseño solar es claramente dependiente de la forma, función y disposición de los edificios en la escala urbana, aspectos que determinarán, en consecuencia, la eficiencia energética de las ciudades. Como aplicación de este programa, se desarrolló un proyecto en la ciudad de Vitoria - Gasteiz del 2009 al 2012, cuyo objetivo era desarrollar un estudio de una cierta área para conocer el potencial solar existente para la futura colocación e implementación de energía solar activa y pasiva.



Lo que realizaron concretamente fue:

1. Elaboración de un mapa solar de Vitoria-Gasteiz, con especial incidencia en el barrio de Lakua y en el Polígono Industrial de Jundiz, para conocer el potencial solar en las cubiertas de los edificios.
2. Elaborar una guía para integrar la energía solar pasiva y la activa (térmica y fotovoltaica) en la planificación urbanística.
3. Elaborar un estudio de viabilidad sobre el uso de los tejados industriales para la instalación de paneles PV co-financiados por terceros (concepto de "huerta solar" pero en tejados de empresas privadas).

Las ciudades colaboradoras y socias de Vitoria-Gasteiz serían Múnich (Alemania), Malmö (Suecia), París (Francia), Lyon (Francia) y Lisboa (Portugal).

Por otra parte, cada ciudad está asistida por un socio técnico de su país. En el caso de Vitoria-Gasteiz el socio técnico es la Universidad Politécnica de Madrid, cuyas principales funciones serían la elaboración del mapa solar y el asesoramiento en energía solar pasiva y activa para su integración en la planificación urbanística.

Con este caso de estudio bajo el contexto europeo podemos ver como a partir de seguir una regulación por parte del programa POLIS que reúne experiencias de técnicos, políticos e incluso académicos se puede utilizar para una determinada escala con la intención de realizar una evaluación a edificaciones existentes en una área y conocer el potencial que poseen.

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Métodos de investigación**

#### **3.1.1 Hipótesis**

El conjunto habitacional “Las Anacuas” no posee el mejor diseño que le permita aprovechar la energía solar pasiva para cumplir con los requisitos de ser una vivienda sustentable.

#### **3.1.2. Descripción de la región de estudio**

Como ya se mencionó anteriormente la región donde se basa el presente estudio es en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León, el cual colinda al norte con los municipios de García y Monterrey; al este con los municipios de San Pedro Garza García, Monterrey y Santiago; al sur con los municipios de Santiago y el estado de Coahuila de Zaragoza; al oeste con el estado de Coahuila de Zaragoza y el municipio de García.

El rango de temperatura en Santa Catarina oscila entre los 10 - 22°C y el rango de precipitación es de 200 - 900 mm. El Clima es seco semicálido en el 54% del tiempo, semiseco templado en el 35%, semiseco semicálido en el 5%, mientras que seco templado en el 4%, y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad en el 0.6%. También el territorio es templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media de 0.5%, es también muy seco semicálido el 0.5% y templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año el 0.4%.

Santa Catarina ocupa el 1.4% de la superficie del estado, cuenta con 99 localidades y una población total de 259 896 habitantes.

#### **3.1.3. Unidades de análisis y de observación**

La presente investigación se realizó tomando como unidad de análisis a “Las Anacuas”, el cual es un fraccionamiento que está ubicado y adaptado al municipio de Santa Catarina, es

un conjunto habitacional que fue edificado en una superficie de tierra de 6 mil 650 metros cuadrados, de las cuales poco más de 2 mil 200 se han destinado para áreas verdes.

El Proyecto global o **Complejo de Viviendas** consta de:

- 14 **Módulos** o edificios de tres niveles cada uno
- 5 **Departamentos** por Módulo – edificio (para un total de 70 departamentos en el conjunto)
- 2 tipos de departamentos (**planta baja y planta alta**)
- 5 cajones de estacionamiento por edificio
- 1 cajón de estacionamiento para visitas por edificio
- Amplia área verde con más de 2 mil 200 m<sup>2</sup> de superficie al centro del conjunto

Cada Módulo o edificio consta de cinco departamentos

- Dos en planta baja
- Tres en planta alta

Los departamentos de la planta baja cuentan con una planta arquitectónica y los departamentos de la planta alta cuentan con dos plantas arquitectónicas. Para este estudio se considerará analizar el módulo de viviendas más desfavorecido por su ubicación que lo haga tener una mayor ganancia térmica en su interior.

FIGURA 03. Vista aérea de un módulo compuesto por 5 departamentos, 2 en planta baja y 3 en planta alta



### **3.2 Variable dependiente**

La variable dependiente se refiere a los resultados obtenidos de la cantidad de calor según los efectos planteados y efectos calculados en la investigación, en este caso es la cantidad de ganancia solar total que recibe el módulo de viviendas.

### **3.3 Variable independiente**

En este caso de estudio la variable independiente se divide en dos partidas una que corresponde a la definición de Hernández, Fernández y Baptista (2001) como la variable que puede ser manipulada u operada intencionalmente por el investigador, en este caso la variable independiente es la orientación del módulo de viviendas que se estudió, ya que fue la orientación lo que se estuvo cambiando para realizar el estudio y la otra partida referente al contenido de la ecuación del balance térmico integrada por la ganancia solar determinada por parámetros de medición solar donde intervienen las sombras, ganancias internas que fueron determinadas por el calor transmitido de los usuarios y aparatos eléctricos, ganancias o pérdidas por conducción que fueron las obtenidas directamente a través de los materiales utilizados y las ganancias o pérdidas por ventilación / infiltración es donde se realizó el análisis de vientos.

### **3.4 Descripción de la base de datos**

Para poder estudiar la cantidad de energía solar pasiva que se encuentra en la unidad habitacional, se utilizó La base de datos de Ecotect la cual fue generada con la ayuda del software Meteonorm versión 7.0 para el año 2005. Meteonorm es una base de datos producida por Meteotest y fue desarrollado por Jan Remund y Stefan Kunz de Meteotest Suiza.

Meteonorm cuenta con una estación de bases en tierra y emplea un método de interpolación espacial para generar bases de datos con la cobertura más grande del mundo.

Este software crea datos horarios a partir de estadísticas de una ubicación, la cual cuenta con una estación meteorológica central. Cuando los datos estadísticos no están

disponibles, Meteonorm interpola la información de otros lugares cercanos (Energyplus, 2008).

La base de datos y el programa Meteonorm es utilizado frecuentemente por planificadores, diseñadores de sistemas solares y profesionales relacionados con la edificación sostenible. Edwin Rodríguez Ubiñas (2014) establece que el software Meteonorm es utilizado para la obtención de archivos climáticos, Alex González Cáceres y Muriel Días Cisternas (2013) lo usaron para el estudio de “Función e impacto del archivo climático sobre simulaciones de demanda energética” en Chile. Por su parte, Miguel Alonso Abella y Faustino Chenlo (2006) publicaron “Estimación de la energía generada por un sistema fotovoltaico conectado a red” y utilizaron la base de datos de Meteonorm para las ciudades de Sevilla y Madrid. Además para el Estudio de “Modelling and Simulation of a Solar Powered Absorption Cooling System in a Tropical Climate City for Small – Scale Application” realizado por Andrea Boero (2012) fueron tomadas lecturas de estaciones proporcionadas por Meteotest en las ciudades de Cardiff en Wales, UK Guayaquil en Ecuador.

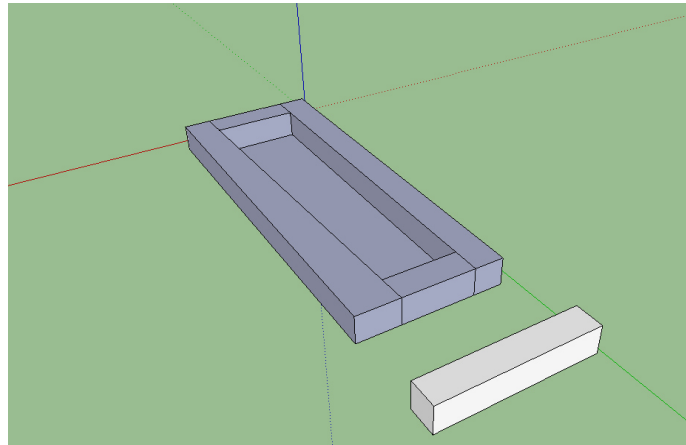
### **3.5. Modelo de Análisis estadístico para centros urbanos**

El software a utilizar para el modelado del complejo de viviendas es una de las aplicaciones desarrolladas y adquiridas por Google. El Google Sketchup (2014) es una herramienta para modelar en 3D, la cual permite realizar esquemas geométricos, crear modelos en 3D de proyectos, permite descargar bibliotecas en las cuales puedes encontrar mesas, puertas, ventanas, figuras humanas, coches y árboles a su vez se puede realizar una integración de los modelos realizados en Google Earth.

Para obtener las medidas del complejo se procedió a tomar como referencia los artículos emitidos por el Instituto de la Vivienda de Nuevo León (2010) “Nuestro Espacio” y “Las Anacuas” Vivienda Social Vertical Progresiva. En ambos artículos se describen las medidas del complejo de viviendas y la tipología de cada departamento. El área del complejo completo se localizó y midió con la ayuda de Google Earth.

El área de los departamentos que conforman un módulo se obtuvieron de las escalas graficas de las plantas arquitectónicas obtenidas de los artículos del Instituto de la vivienda de Nuevo León citados anteriormente.

FIGURA 04. Complejo habitacional modelado en Sketchup para el estudio



Fuente: Elaboración Propia. 2015

El software a utilizar para la Definición de Radiación Solar Incidente en la Envolvente y Sombras del Complejo se seleccionó con base en los artículos “Alcances y limitaciones de las herramientas de simulación para el estudio del microclima urbano “de Irina Tumini y Esther Higuera, (2012) y el Validation of autodesk ecotect bim environmental analysis software using Hinker Hall as a case of study by Prasanthi Reddy Vangimalla , (2010) en los cuales se hace un análisis de las ventajas y desventajas de diferentes softwares comerciales, con lo cual se concluyó que el elegido es Autodesk Ecotect Analysis 2010, debido principalmente a los siguiente:

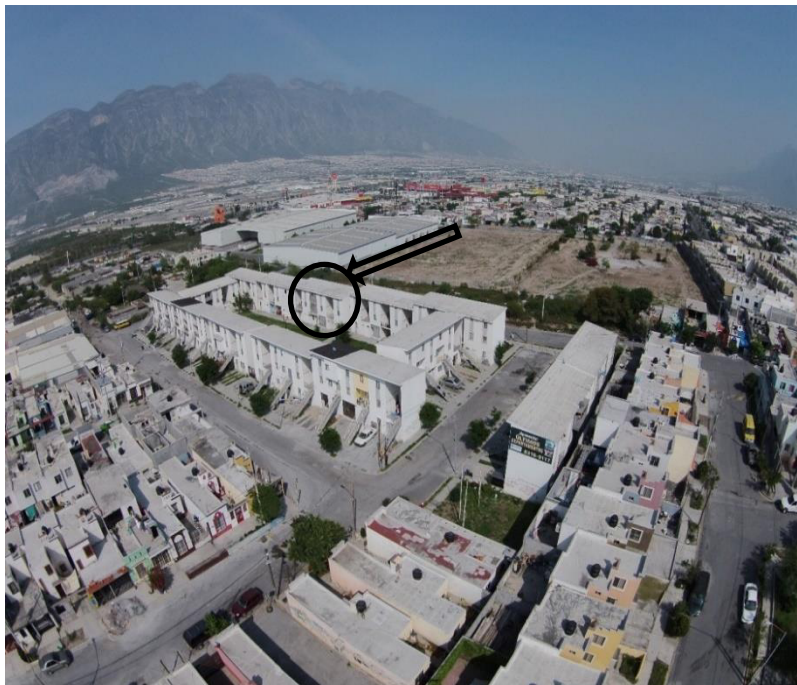
- El programa permite un amplio estudio de los diferentes comportamientos energéticos de los edificios, incluyendo también módulos para el estudio de la radiación solar, la iluminación natural, el consumo de agua y la propagación del ruido.
- Integra un módulo para el estudio a nivel urbano enfocado principalmente a encontrar la mejor orientación de los edificios para el aprovechamiento solar.

- Permite la importación de valores climáticos con archivos específicos de la zona de estudio integrados por datos relativos a la temperatura, radiación solar, intensidad y dirección de vientos.
- Permite ver el recorrido del sol en un diagrama Estereográfico.
- El programa analiza la radiación solar incidente y la reflejada en el espacio urbano, todo esto sería muy difícil sin el cálculo computacional determinarlo además de que permite la importación de los modelos en 3D de los programas Autocad, Revit o Sketchup.
- Ecotect proporciona una buena aproximación en el análisis de la radiación solar, de la componente de cielo y en el estudio de sombra elementos importantes en el diseño bioclimático.

### **3.6 Selección de módulo de viviendas más desfavorecido con información geográfica**

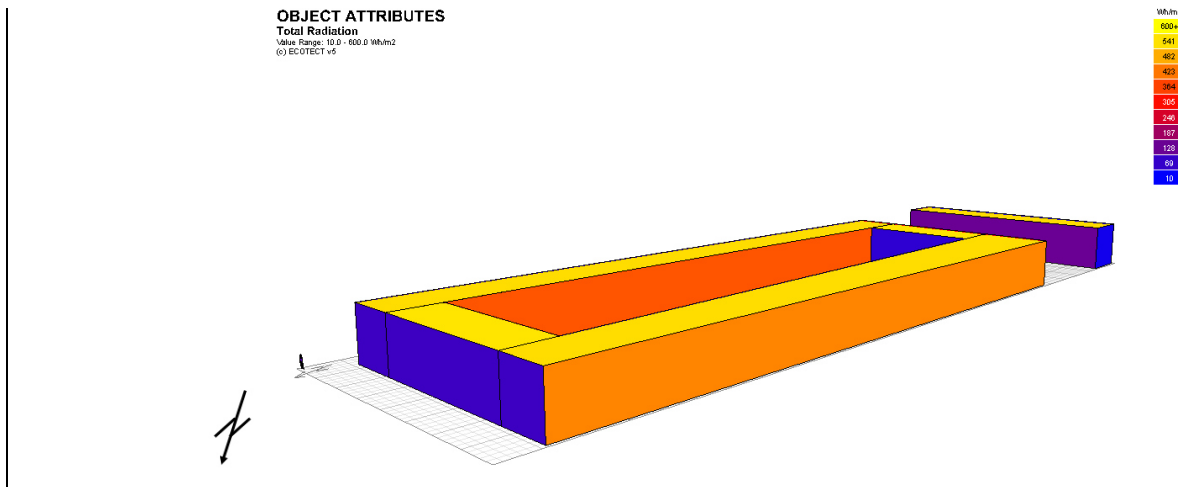
Se seleccionó el módulo de viviendas más desfavorecido en su orientación dentro del complejo, proponiendo es el que resulta tener la ganancia térmica más alta al interior del módulo debido a la radiación solar incidente que recibe.

FIGURA 05. Módulo seleccionado para el estudio



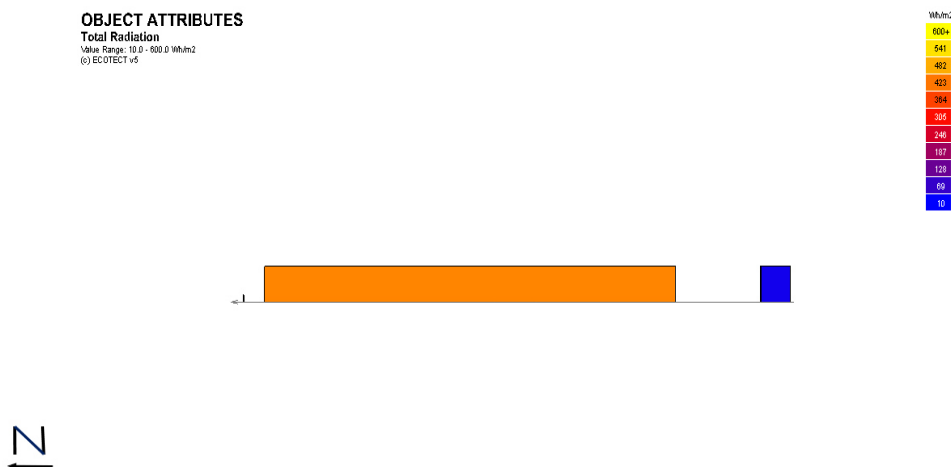
A continuación se presentan las imágenes obtenidas en Ecotect para el día 21 de agosto, que fue el día de estudio a las 15:00 hrs. Cada superficie expuesta al sol es representada por un color de acuerdo a la intensidad de la radiación solar que recibe, yendo desde 10 wh/ m<sup>2</sup> representada en color azul a más de 600 wh/m<sup>2</sup> representada en color amarillo.

FIGURA 06. Volumetría del conjunto (vista sur)



Fuente: Elaboración Propia. 2015 S/E

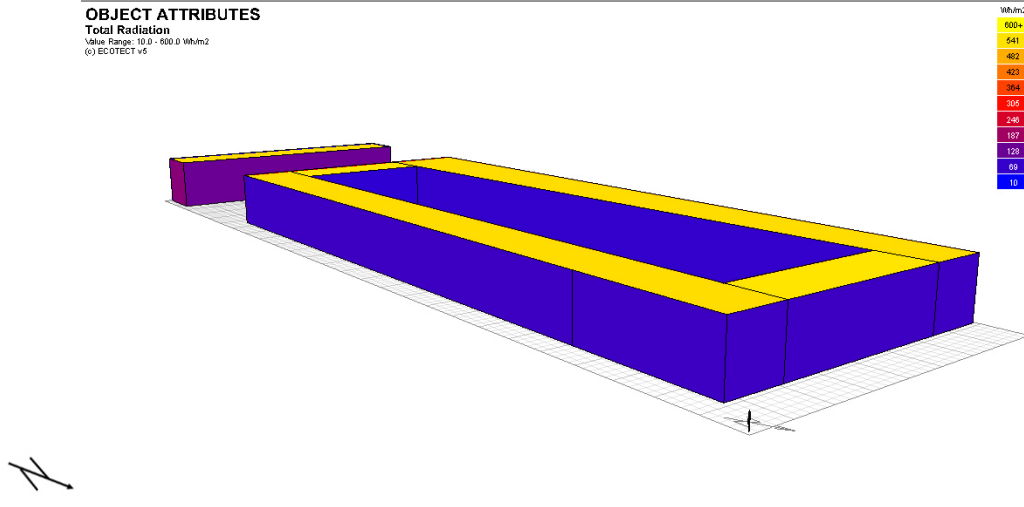
FIGURA 07. Volumetría del conjunto (vista lateral sur)



Fuente: Elaboración Propia. 2015 S/E

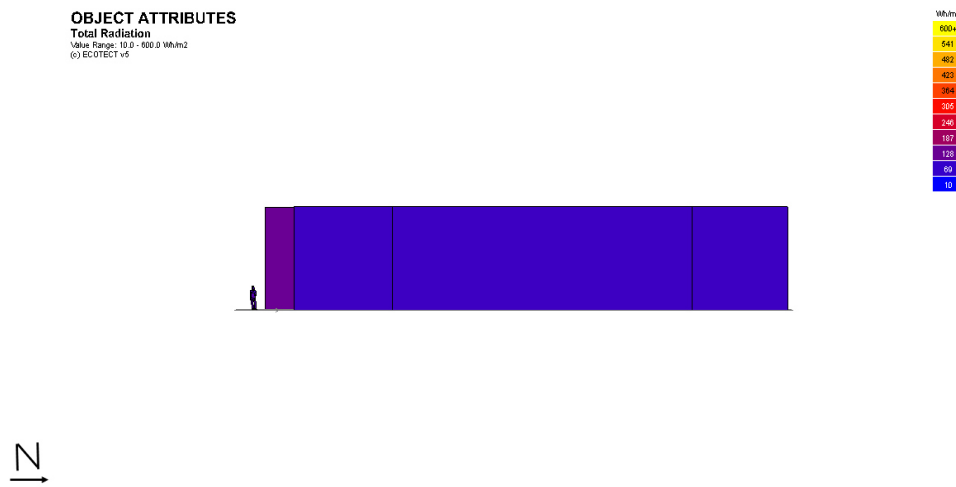


FIGURA 08. Volumetría del conjunto (vista norte)



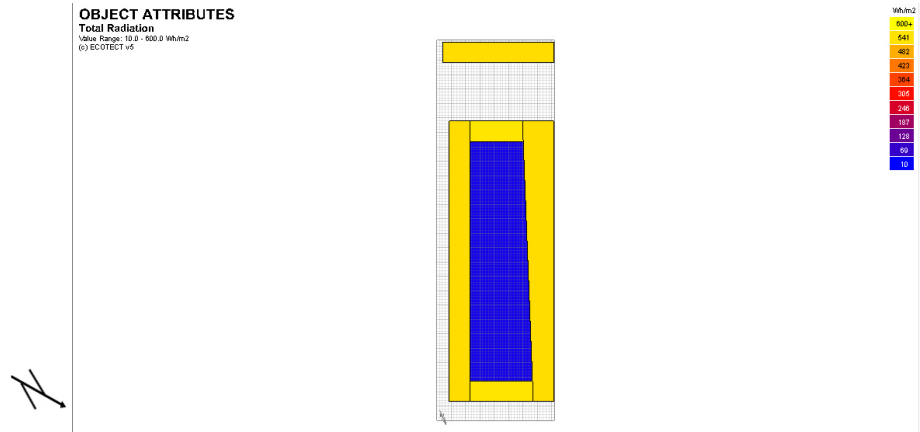
Fuente: Elaboración Propia. 2015 S/E

FIGURA 09. Volumetría del conjunto (vista lateral norte)



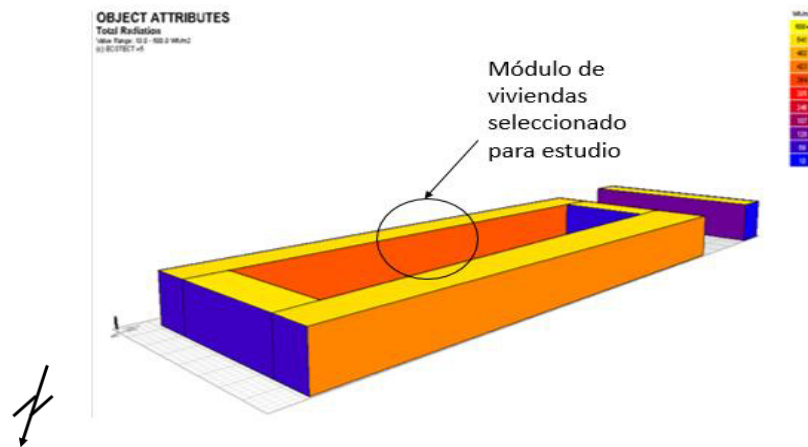
Fuente: Elaboración Propia. 2015 S/E

FIGURA 10. Volumetría del conjunto (vista en planta)



Fuente: Elaboración Propia.2015 S/E

FIGURA 11. Volumetría del conjunto (vista lateral norte) con selección de Módulo para estudio



Fuente: Elaboración Propia.2015 S/E

### 3.7 Cálculo del balance térmico del módulo seleccionado

A partir de la selección del módulo se procedió a calcular la carga térmica solar con base en el balance térmico utilizado por Lacomba y Ferreiro (1991). Se procedió a calcular el módulo seleccionado con los materiales existentes y una propuesta con nuevos materiales (más ahorradores energéticamente).

#### 1.- Datos necesarios para iniciar el cálculo:

- Localización del complejo de viviendas

Ciudad: Santa Catarina.

Estado: Nuevo León.

Latitud: Distancia que hay desde un punto de la superficie terrestre al Ecuador, contada por los grados de su meridiano, unidades de medida grados y decimal. Siendo para el estudio de  $25^{\circ}40' 55.68''$  N datos tomados a través de google earth.

Longitud: Distancia de un lugar respecto al primer meridiano, contada por grados en el Ecuador, unidades de medida grados y decimal. Siendo para el estudio de  $100^{\circ} 29'28.16''$  O datos tomados a través de google earth.

Altitud: Altura de un punto de la tierra (Cd. Santa Catarina N.L.) con relación al nivel del mar, unidad de medida msnm. Siendo para el estudio de 769 msnm dato tomado a través de google earth.

- Condiciones climáticas

Temperatura exterior: Se tomó el promedio mensual de temperaturas tomadas desde el año de 1977 al 2013 proporcionado por la Comisión Nacional del Agua de la estación Observatorio en el municipio de San Nicolás, obteniéndose una temperatura de 22.74 grados centígrados.

Temperatura interior: Se restan dos grados a la temperatura exterior dando como resultado 20.74 grados centígrados.

Velocidad de viento: Velocidad registrada de viento para la zona de estudio, unidad de medida metros sobre segundo de 2 m/seg.

Dirección del viento: NNE

Radiación teórica para el cenit: 800 W/m<sup>2</sup> Obtenida a través del software Ecotect (energía solar incidente en losas).

- Datos para el cálculo

Fecha de diseño: Día y mes seleccionado para hacer el estudio solar, para este análisis se tomó el día 21 de agosto.

Día número: Día calendario correspondiente al 21 de agosto seleccionado de la base de datos del sistema de monitoreo ambiental de la estación Suroeste en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León (siendo la más cercana al sitio de estudio) y registrando el día con mayor radiación solar de 0.987 kw/ m<sup>2</sup> en el año 2012.

Hora: Hora seleccionada exclusivamente para hacer el estudio en este análisis fue a las 15:00 hrs. Debido a que es la hora que presenta la medición más alta de radiación solar directa en el módulo seleccionado a través del software ecotec.

## **2.- Procedimiento**

- Se procedió a conocer la resistencia total y coeficiente de transmisión de los elementos (muros y losas).

Resistencia total (Ra) medida en W/m °C

$$Ra = (1 / fi) + (\text{Espesor de aplanado interior} / K \text{ del material del aplanado interior}) + (\text{Espesor de material del muro} / K \text{ del material del muro}) + (\text{Espesor de aplanado exterior} / K \text{ del material del aplanado exterior}) + (1/ fe)$$

Fi: Conductancia superficial interior en W/m °C

Fi: Conductancia superficial exterior en W/m °C

K: Conductividad de cada material en W/m °C

Coeficiente de transmisión (U) medido en W/m °C

$$U = 1 / R_a$$

- Características de las ventanas que corresponden al comportamiento térmico y lumínico del cristal del que estén compuestas , los datos son proporcionados por el fabricante:

Transmitancia  $\tau$

Absortancia  $\alpha$

Reflectancia  $\rho$

Remisión  $\epsilon_i$

Coefficiente de transmisión

U= Valor en W/m °C de acuerdo a las características del cristal de la ventana

- Puertas se obtuvo su coeficiente de transmisión de acuerdo al material de la puerta medido en W/m °C.

Absortancia  $\alpha$

Coefficiente de transmisión

U= Valor en W/m °C de acuerdo a las características del material de la puerta.

- La Ganancia Solar o la determinación de la energía radiante (G) para cada superficie se obtuvo :

Paso 1.  $Q_s$  – Ganancia solar-

Para el estudio se tomó el día 21 de junio a las 15: 00 hr.

- Cálculo de la Declinación  $D = 23.45 \text{ sen } [360 (284 + n) / 365]$

Donde:

D = declinación del sol

n = día de estudio del año

- Cálculo de la Altura Solar  $\sin h = \cos L \cos D \cos T + \sin L \sin D$

Donde:

H = altura solar

L = latitud del lugar

D = declinación solar

T = ángulo horario <sup>2</sup> (-45)

En el cual una hora es igual a 15 grados, de manera que a las 12:00 hr = 0°, las 11.00 hr = 15° y las 13:00 hr = - 15°

- Cálculo del Acimut  $\sin z = \cos D \sin T / \cos h$

Donde:

Z = acimut

(103.88° al oeste a partir del sur)

- Determinación de ángulos de incidencia

Muro Norte

$$\cos \theta_1 = \cos (H) \cos (z)$$

Muro Oeste

$$\cos \theta_2 = \cos (H) \cos (z)$$

- Determinación de la energía solar incidente

(Donde I = 886 w m<sup>2</sup>)

Losa:

$$G1 = 886 \sqrt[3]{\text{sen} H}$$

En W/m<sup>2</sup>

Muro norte:

$$G2 = 886 \sqrt[3]{\text{Sen} H (\cos \theta_1)}$$

Muro oeste:

$$G3 = 886 \sqrt[3]{\text{Sen} H (\cos \theta_2)}$$

Los muros este y sur no reciben radiación solar directa

$$Q_s = G1 A \alpha (U / fe)$$

Donde:

G1= Energía solar incidente en muros y losa medida en W/m<sup>2</sup>

A = Área de Muros y Losa medida en m<sup>2</sup>

A  $\alpha$  = Absortancia

U = Coeficiente de transmisión medido en W/m<sup>2</sup>

Fe = Constante de Frontera exterior

Qs total = Qs losa + Qs de muro oeste + Qs de muro norte

Paso 2. Qi – ganancias internas-

Determinar cantidad de personas, focos y televisiones dentro de la casa habitación medición en watts.

Paso 3. Qc – ganancias o pérdidas por conducción-

$$Qc = \Sigma (AU) \Delta t$$

Paso 4. Qv- ganancias o pérdidas por ventilación-

Infiltración, suponiendo 10 ml de rendija, aproximadamente 0.05 m<sup>2</sup> como área de infiltración.

$Q_v$  = infiltración medida en watts

$V = 0.827 A \sqrt{\Delta P}$  medida en m<sup>3</sup>

$P_v = 0.612(1.5)^2$

$P_v = 1.377$  pascales, como área de infiltración se encuentra en sotavento:

$P = 0.04 P_v$

Paso 5.  $Q_m$  – ganancias o pérdidas por equipos de climatización

En este ejercicio no se consideran equipos de climatización artificial.

Paso 6. De pérdidas por evaporación

$Q_s + Q_i + Q_c + Q_v$  inf = ganancia de calor.

Una vez que se tuvo el cálculo para el módulo seleccionado con los materiales existentes y la propuesta de unos nuevos se procedió a rotar el módulo de viviendas con la finalidad de encontrar la mejor orientación, para lo cual se siguieron los pasos que se describen en el siguiente punto.

### **3.7.1 Rotación del Módulo**

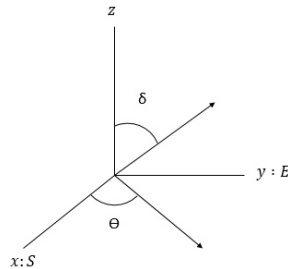
El módulo de viviendas tomado para el análisis del fraccionamiento se propuso rotarlo en intervalos de 20° hasta completar 360° con la finalidad de analizar los resultados y conocer la ganancia solar total en cada posición.

Con los datos de día, hora, latitud y longitud se calculó la declinación, la altura y el azimut del rayo incidente con las formulas propuestas de acuerdo Lacomba y Ferreiro (1991) posteriormente se definieron vectores de dirección a cada 20° de cada una de las superficies de la planta tipo del módulo seleccionado para el estudio, entendiendo por



vector a la expresión matemática que poseen magnitud, dirección y sentido Beer y Johnston (1984).

Fórmula general para el vector de dirección



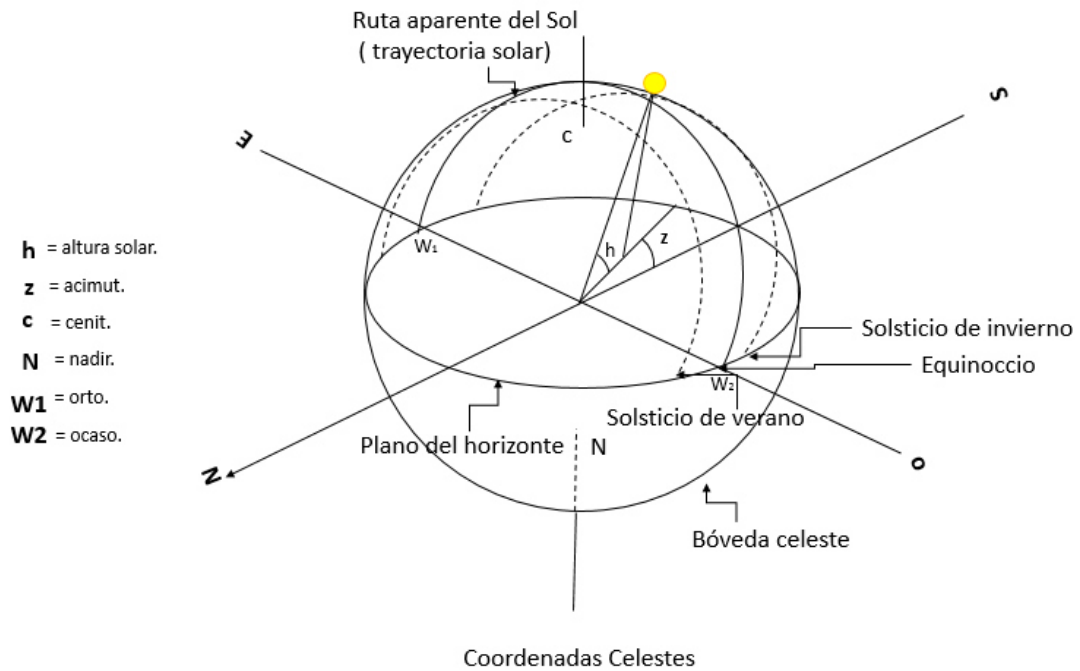
$$V_o = (\text{Sen}(\delta) \text{Cos}(\theta), \text{Sen}(\delta) \text{Sen}(\theta), \text{Cos} \delta)$$

$\theta$ : Ángulo en el plano del horizonte respecto al sur

$\delta$ : Ángulo complementario a la altura solar h.

Se aplicó el producto vectorial entre el vector de dirección de las superficies y el vector dirección del rayo en el plano para calcular el ángulo **C** (diagrama) para las distintas posiciones de rotación. Para los cálculos a realizar, lo que se giró fue el vector de dirección del rayo en sentido anti horario, que es equivalente a girar la estructura del módulo en el sentido contrario 20°, 40°, 60°, etc. Hasta completar los 360°. Al final se calculó el ángulo  $\theta$  utilizando las formulas de la teoría para cada posición de rotación.

FIGURA 12. Trayectoria Solar



Fuente: Manual de Arquitectura Solar, 1991.

Vectores unitarios de dirección de las superficies

Muro 1:  $(\text{Cos } 0, \text{Sen } 0, \text{Cos } 90) = (1, 0, 0)$

Muro 2:  $(\text{Cos } 270, \text{Sen } 270, \text{Cos } 90) = (0, -1, 0)$

Muro 3:  $(\text{Cos } 180, \text{Sen } 180, \text{Cos } 90) = (-1, 0, 0)$

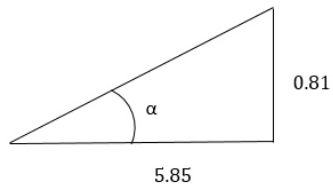
Muro 4:  $(\text{Cos } 90, \text{Sen } 90, \text{Cos } 90) = (0, 1, 0)$

Techo 1:  $(0, 0, 1)$

Techo 2:  $(\text{Sen } 82 \text{ Cos } 180, \text{Sen } 82 \text{ Sen } 180, \text{Cos } 82) = (-0.99, 0, 0.14)$

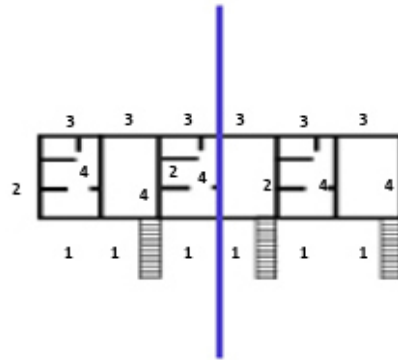
Este cálculo es la relación entre la inclinación de la superficie y el ángulo que estamos utilizando como referencia, que es respecto al eje vertical del plano del horizonte.

El ángulo de inclinación del techo se obtuvo con la siguiente demostración:



$$\text{Tan } \alpha: 0.81 / 5.85 = \alpha = 7.883$$

FIGURA 13. Referencia de muros en planta



Fuente: Elaboración propia

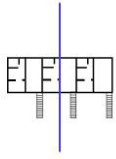
Vector para el rayo

$$V_r = ( \text{Sen} \delta \text{Cos} \Theta, \text{Sen} \delta \text{Sen} \Theta, \text{Cos} \delta )$$

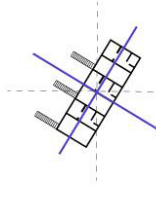
$$\delta = 90 - h$$

$$\Theta = z$$

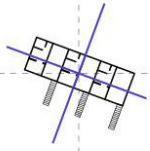
En la planta arquitectónica se van realizando las rotaciones a cada 20 grados y la lectura de la proyección del rayo del sol se va obteniendo a través de las formulas obtenidas para cada rotación.



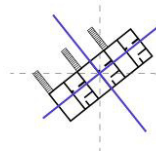
0 GRADOS



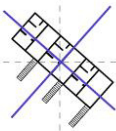
ROTACIÓN 120 GRADOS



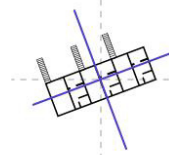
ROTACIÓN 20 GRADOS



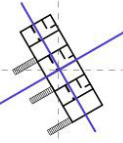
ROTACIÓN 140 GRADOS



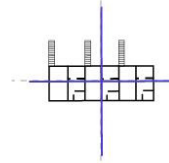
ROTACIÓN 40 GRADOS



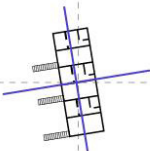
ROTACIÓN 160 GRADOS



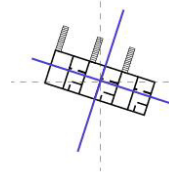
ROTACIÓN 60 GRADOS



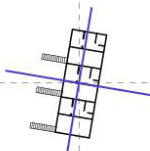
ROTACIÓN 180 GRADOS



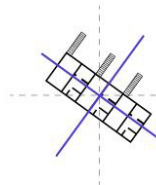
ROTACIÓN 80 GRADOS



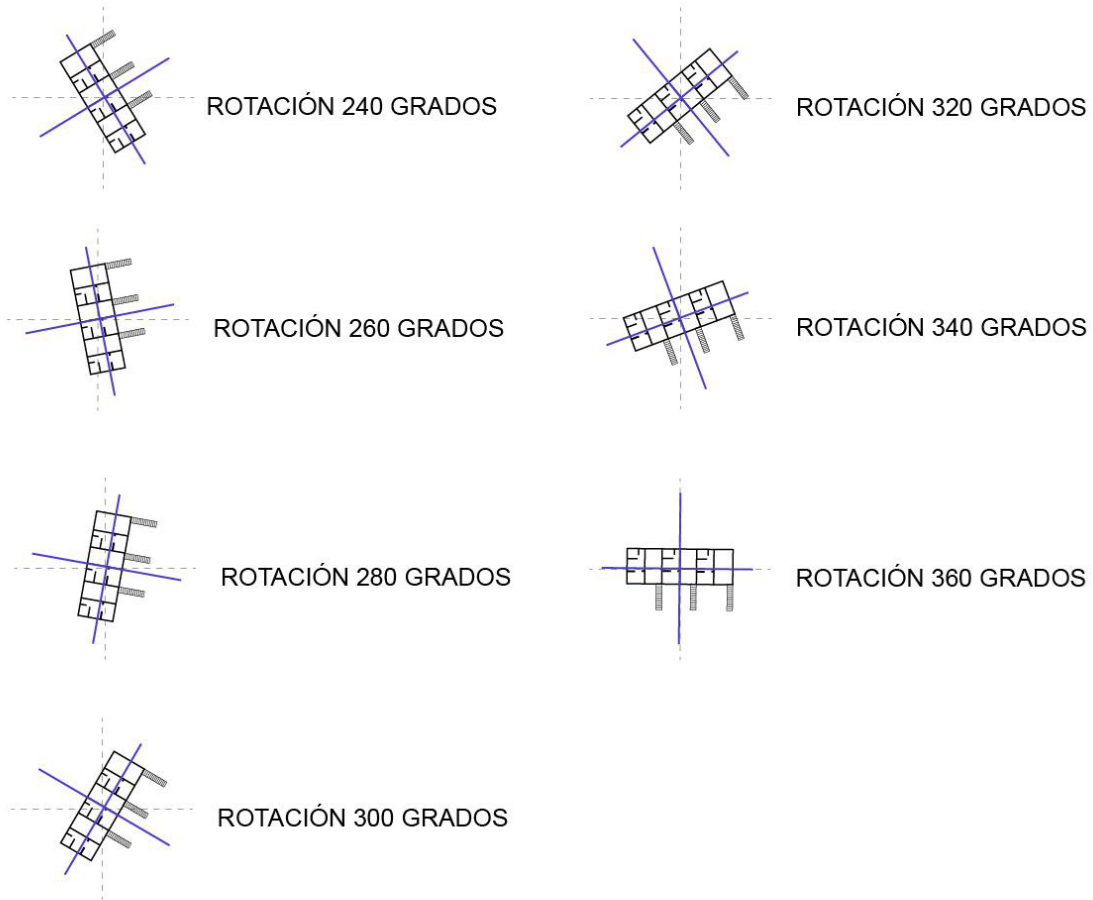
ROTACIÓN 200 GRADOS



ROTACIÓN 100 GRADOS



ROTACIÓN 220 GRADOS



### 3.7.2 Cálculo de ángulos

Como se requirió girar la estructura, fue necesario calcular distintos ángulos theta, y por tanto distintos ángulos C para cada giro y cada superficie.

Como vectorialmente es equivalente girar cada vector de dirección de cada superficie que girar el vector de dirección del rayo, solo que ambos giros son contrarios, por facilidades de cálculo en el presente estudio se realizó el giro del rayo en lugar de la estructura.

De acuerdo a Swokowski, Cole (2011)

Se utilizó el producto escalar de vectores:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a \cdot b \cos \Theta$$

En este caso  $a=1$ ,  $b=1$  por ser vectores unitarios.

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$$

La base de la demostración es observar que el ángulo resultante entre los vectores es el mismo tanto si giramos uno de los vectores en un sentido como si giramos el otro en el sentido contrario la misma cantidad angular:

Demostración:

Son los vectores del plano unitarios:

$$\vec{V}_1 = (\cos \theta_1, \sin \theta_1)$$

$$\vec{V}_2 = (\cos \theta_2, \sin \theta_2)$$

Consideremos un giro  $\theta_1 + \beta$  (giramos un ángulo  $\beta$  el vector  $V_1$  en sentido anti horario) y calculemos el ángulo entre los vectores:

$$\cos \alpha = \vec{V}_1(\theta_1 + \beta) \cdot \vec{V}_2(\theta_2) = \cos(\theta_1 + \beta) \cdot \cos \theta_2 + \sin(\theta_1 + \beta) \cdot \sin \theta_2 = \cos \theta_1 \cdot \cos$$

$$\beta \cdot \cos \theta_2 - \sin \theta_1 \sin \beta \cos \theta_2 + \sin \theta_1 \cdot \cos \beta \cdot \sin \theta_2 + \cos \theta_1 \cdot \sin \beta \cdot \sin \theta_2 = \cos \theta_1 [$$

$$\cos \beta \cdot \cos \theta_2 + \sin \beta \cdot \sin \theta_2] + \sin \theta_1 \cdot [\cos \beta \sin \theta_2 - \sin \beta \cos \theta_2] = \cos \theta_1 \cdot \cos$$

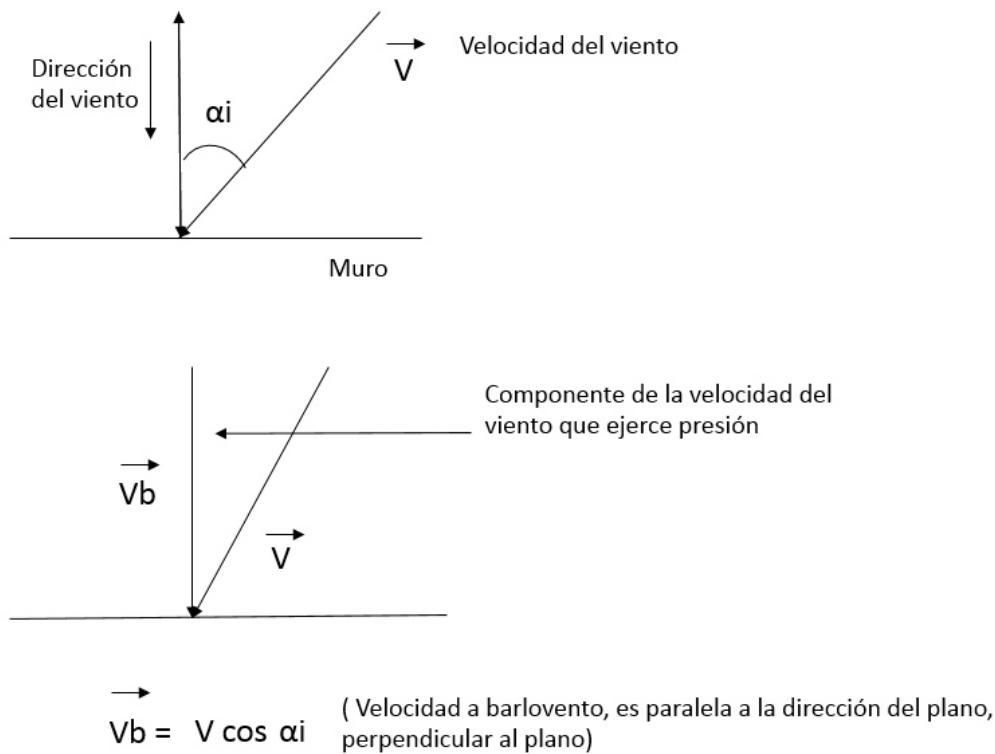
$$(\theta_2 - \beta) + \sin \theta_1 \sin(\theta_2 - \beta) = \vec{V}_1(\theta_1) \cdot \vec{V}_2(\theta_2 - \beta)$$

Entonces podemos calcular  $\alpha$  girando  $\vec{V}_1$  en un sentido un ángulo  $\beta$  o girando  $\vec{V}_2$  el mismo ángulo en sentido contrario.

### 3.7.3 Cálculo de las velocidades del viento a barlovento para las diferentes rotaciones

Sólo la componente de la velocidad del viento frontal a la superficie (a barlovento) es la que genera diferencias de presión que produce infiltraciones de aire, y por tanto de flujos de calor.

Como en el caso de las rotaciones, en vez de rotar la estructura, se rotó la dirección del viento para calcular los ángulos de dicha dirección respecto de las direcciones de las superficies que tienen ventanas o puertas. Así se calcula la velocidad a barlovento multiplicando la velocidad por el coseno de los ángulos anteriores. En los casos en los que las ventanas de esas superficies quedan a sotavento se considera la velocidad del viento a efectos de ventilación nula, y a efectos de infiltración se utilizó el factor 0.4 para el cálculo de la presión a partir de la presión de barlovento.



### 3.7.4 Cálculo de calor por infiltración

Se calcularon las distintas posiciones del vector de dirección del viento para las distintas rotaciones, siguiendo el método descrito de rotar el vector del viento y no la estructura después se calculó el ángulo entre los vectores de dirección de cada superficie y el vector de dirección del viento para cada rotación, las ecuaciones utilizadas son las mismas que en el caso del ángulo ( $\Theta$ ) después se calculó para cada rotación y cada superficie que tiene áreas de infiltración la componente de la velocidad perpendicular a dicha superficie para los muros a sotavento en cada rotación se introduce el factor 0.4 y en los de barlovento el factor 1, las velocidades así obtenidas para cada rotación son las que se introducen en la fórmula correspondiente al calor ganado o perdido por infiltraciones.

Las superficies de infiltración se calcularon utilizando los datos del ejemplo Lacomba y Ferreiro (1991) donde se determinaron las ganancias o pérdidas de calor que sufriría una habitación (aislada) en la ciudad de México para un día y hora específica de estudio y de esta manera se aplicó una regla de tres simple para asignar un área de infiltración a las estructuras susceptibles que hay en cada pared (ventanas y puertas).

$$Q_v = 1200 \cdot V \cdot \Delta T$$

$$V = 0.827 \cdot A_i \cdot \sqrt{\Delta P}$$

$$\Delta P = 0.612 \cdot V \text{ (Barlovento)}$$

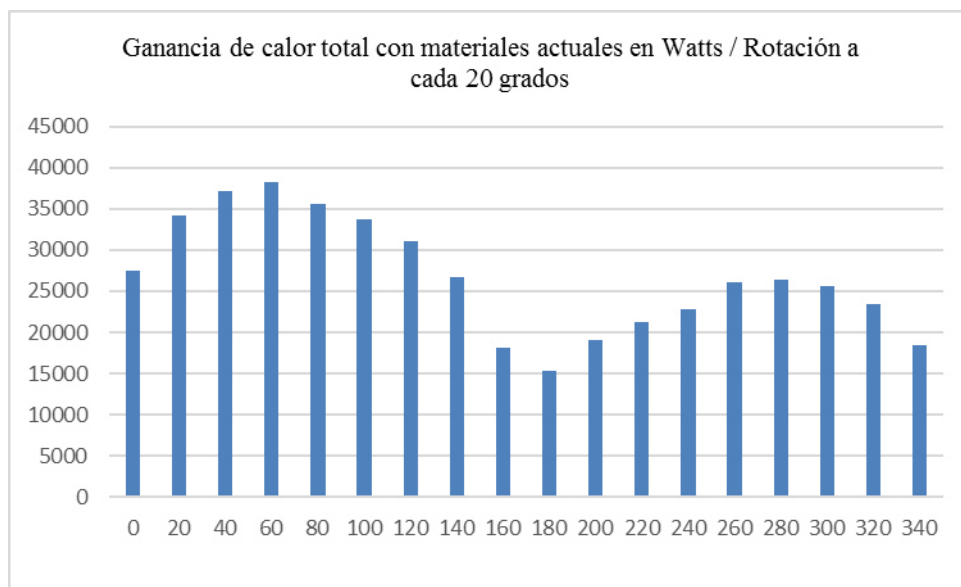
$$\Delta P = 0.612 \cdot V \cdot 0.4 \text{ (Sotavento)}$$



## Capítulo 4. Presentación y Análisis de Resultados

En el presente capítulo se presentarán los resultados obtenidos de los cálculos que se realizaron para obtener la ubicación que es la ideal para aprovechar mejor los rayos del sol en conjunto con los materiales en losas, ventanas y muros en la unidad habitacional “Las Anacuas” en Santa Catarina, Nuevo León. Es importante mencionar que todos los cálculos realizados son teóricos, lo que significa que faltaría para poder concluir positivamente en estas aseveraciones presentadas, una validación por medio de mediciones físicas en el sitio con los apartados adecuados y así comprobar los resultados que arroja este modelado, lo cual sobrepasa los objetivos de esta investigación, por lo tanto, se deben tomar bajo esta consideración como resultados teóricos sin comprobación empírica según el modelo explicado.

### 4.1 Resultado de la ganancia de calor total interna medida en watts.



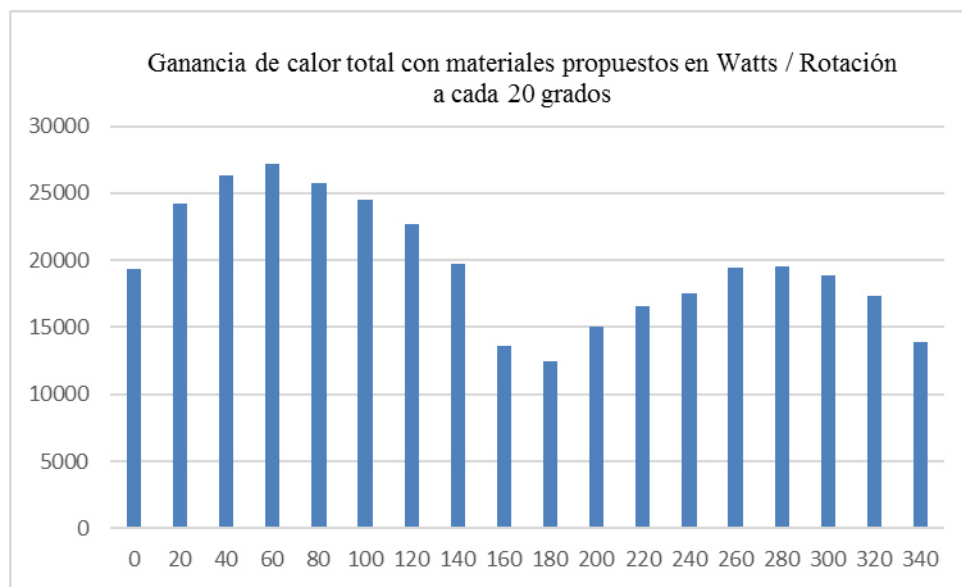
Gráfica no.1

Fuente: Elaboración propia

La gráfica no. 1 representa la ganancia de calor total interna medida en watts en el módulo de viviendas seleccionado para distintas posiciones medidas en grados. Se puede observar que los puntos más altos se dan en los 60,40 y 80 grados de rotación, que van

entre los 38,225.7582, 37,128.8953 y 35,505.7685 watts. Sin embargo, los puntos donde se tiene menor ganancia de calor son en los 180,160 y 200 grados de rotación. Donde el punto más bajo es a los 180 grados de rotación que tiene 15,359.1568 watts, a los 160 grados tiene 18,090.8375 watts y a los 200 grados con 19,056.896 watts. En la posición actual sin rotar el módulo la ganancia de calor es de 27,450.65946 watts. Todos los cálculos anteriores que arrojan estos resultados se realizaron tomando en cuenta los materiales existentes, los cuales consisten en un zarpeo y afine exterior e interior con un mortero de cemento en muros, vidrios de ventanas de cristal claro de 4 mm. Y un sistema de losas de techo y entrepiso con barrobloc.

#### 4.2 Ganancia de calor total con materiales nuevos



Gráfica no.2

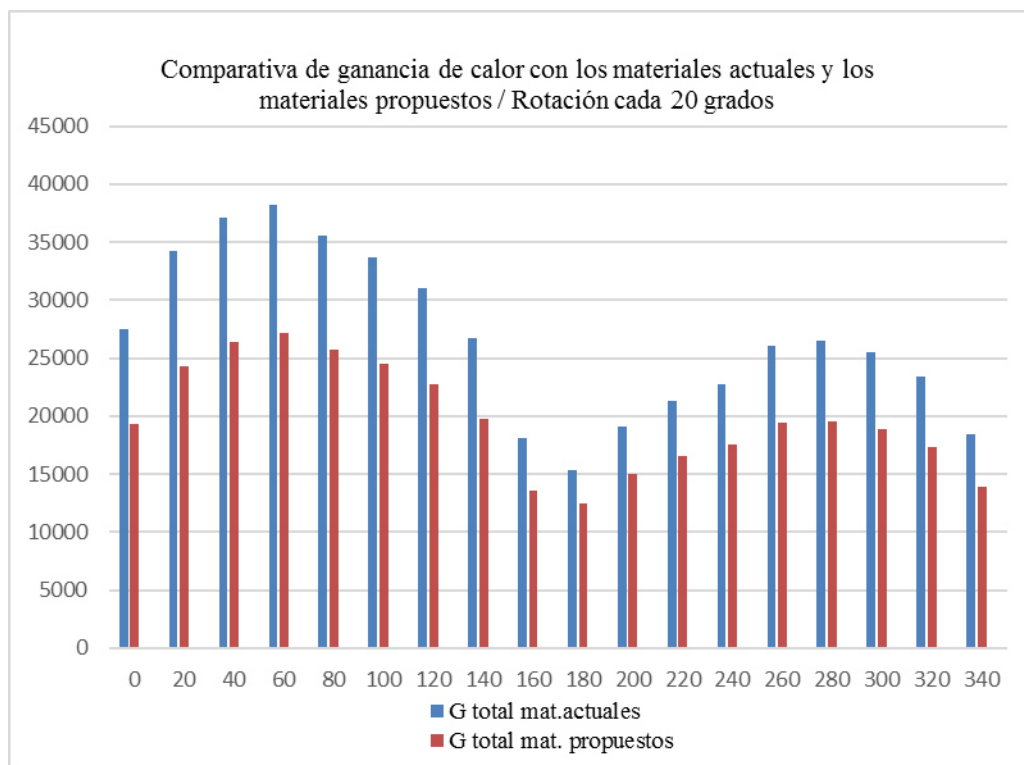
Fuente: Elaboración propia

La gráfica no.2 representa la ganancia de calor interna del módulo seleccionado con una nueva propuesta de materiales que permiten reducir el calor interno. Este cambio consistió en reemplazar el zarpeo y afine exterior e interior con un mortero de cal en muros, así como aumentar la calidad en los vidrios de las ventanas con un cristal que limita la filtración de la radiación solar en la vivienda y un sistema de losas de techo y entrepiso más

ligero y térmico a través de utilizar poliestireno (aligerante del sistema) en conjunto con un impermeabilizante y aislante térmico ahorrador de energía.

En la posición actual con los nuevos materiales se tendrían 19,309.87258 watts, teniendo como puntos de calor más altos, cuando el edificio se rota en los 60,40 y 80 grados, los cuales son de 27,205.8546 watts, a los 60 grados de rotación, 26,362.2933 watts a los 40 grados y 25,705.8917 a los 80 grados. Los puntos más bajos de calor que van entre los 12,432.3193 watts, a los 180 grados, 13,622.9306 watts a los 160 grados de rotación y 15,017.0538 watts, a los 200 grados.

### 4.3 Comparación entre materiales existentes y los propuestos



Gráfica No. 3

Fuente: Elaboración propia

La gráfica no.3 muestra una comparativa de materiales existentes y la nueva propuesta, donde se puede observar claramente que en la mayoría de las rotaciones los materiales

propuestos la ganancia calórica es menor si se utilizaran. En la ubicación actual bajaría un 29.66 % el calor, solamente al cambiar de materiales. En los puntos más altos de calor al utilizarse los nuevos materiales la disminución de calor llega hasta un 28.9 % menos en los 80 grados. Sin embargo donde sí hay un notorio cambio es cuando hay una rotación a 180 grados y con los nuevos materiales donde el calor puede disminuir considerablemente. Es decir que si se cambiaran los materiales iría de 15,359.15680 a 12,432.3193 watts, habiendo una disminución de calor de 19.06%. Esto quiere decir que, en conjunto para el módulo se tiene un acumulado de 19.06 %, para los 5 departamentos, sin embargo el impacto importante para cada departamento es de **3.812 % de disminución debido a los cambios realizados.**

Como se puede observar los puntos más altos se ubican entre los 60° y 40° de rotación tanto en los materiales existentes como en los propuestos.

El punto más bajo es a los 180° de rotación, cuando se han reemplazado por los nuevos materiales.

#### **4.4 Resultados de las rotaciones del módulo de estudio.**

La tabla no.1 Presenta los resultados obtenidos de los cálculos realizados en el programa Excel de la carga térmica solar en base al balance térmico utilizado por Lacomba y Ferreiro (1991) del módulo habitacional seleccionado para el estudio con los materiales existentes y una propuesta de nuevos materiales (más ahorradores energéticamente ) y girando el módulo a cada 20 grados . Resultado en Watts.

Tabla no.1 Resultados de las rotaciones del módulo de estudio.

<b>Grados de rotación</b>	<b>Resultados con materiales actuales en Watts</b>	<b>Resultados con nueva propuesta de materiales en Watts</b>	<b>Diferencia en porcentaje al cambiar materiales (%)</b>
<b>0</b>	27,450.65946	19,309.87258	29.66
<b>20</b>	34,193.89130	24,245.23780	29.09
<b>40</b>	37,128.89530	26,362.29330	29.00
<b>60</b>	38,225.72820	27,205.85460	28.83
<b>80</b>	35,505.76850	25,706.89170	27.6
<b>100</b>	33,662.22160	24,532.05340	27.12
<b>120</b>	31,023.20470	22,726.65680	26.74
<b>140</b>	26,754.44210	19,738.39860	26.22
<b>160</b>	18,090.83750	13,622.93060	24.7
<b>180</b>	<b>15,359.15680</b>	<b>12,432.31930</b>	<b>19.06</b>
<b>200</b>	19,056.89500	15,017.05380	21.2
<b>220</b>	21,261.95740	16,542.66920	22.2
<b>240</b>	22,767.11170	17,533.84930	22.99
<b>260</b>	26,030.40880	19,403.78350	25.46
<b>280</b>	26,446.56500	19,550.20040	26.08
<b>300</b>	25,543.52120	18,841.74530	26.24
<b>320</b>	23,399.25330	17,296.17970	26.08
<b>340</b>	18,478.59740	13,869.05180	24.95

Fuente: Elaboración propia

En la tabla no.1 se puede verificar que en casi todos los puntos de rotación hay una disminución de calor al ser cambiados los materiales por los propuestos. El rango en la disminución de calor en todos los puntos al utilizarse los materiales propuestos va del 19.06% el más bajo al 28.9% el más alto, **aplicando a cada departamento del módulo sería entre 3.81% a 5.78%**. La disminución más notable es a los 0° (con 29.66 %), el punto más alto DE ENTRADA DE CALOR es a los 60° con 38,225.72820 y 27,205.85460 watts (materiales actuales y cambiando materiales) y el más bajo es a los 180° con 15,359.15680 y 12,432.31930 watts.

## **Capítulo 5. Conclusiones**

### **5.1 Conclusiones**

En las viviendas analizadas se observó un diseño pasivo susceptible a ser mejorado, con respecto a los cambios propuestos. Considerando una distinta posición a la actual se puede optimizar el consumo energético durante su uso, y de esta forma mejorar las condiciones térmicas en el interior de la vivienda. El estudio como ya se mencionó en el Capítulo 1. Introducción, pagina 12 y en el Capítulo 3. Metodología, pagina 35 , se realizó para el día 21 de agosto del año 2012 , seleccionado de la base de datos del Sistema de Monitoreo Ambiental de la estación Suroeste en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León ( siendo la más cercana al sitio de estudio) y registrando el día con mayor radiación solar de 0.987 km / m2. Realizándose para la hora especifica solamente de las 15:00 horas.

Por lo tanto, sería necesario ampliar el estudio, en investigaciones posteriores, a períodos significativos de tiempo, que comprendan días completos y seleccionados a través del año, para poder determinar si el ahorro energético se mantiene y valorar la magnitud del beneficio que se obtendría.

Antes de hablar de los resultados de la investigación, como ya se mencionó en el apartado del Capítulo 4. Presentación y Análisis de Resultados, pagina 48, los resultados muestran los datos teóricos que se desprenden de la aplicación del modelado, para ratificar y calibrar el modelo habría que hacer mediciones en el sitio, y hacer las correcciones pertinentes a los mismos según datos de campo. Bajo lo antes indicado podemos decir que los resultados obtenidos en la investigación muestran la necesidad de profundizar en estudios de diseño solar pasivo dentro del proceso tanto de diseño como de construcción en la vivienda de interés social. Lo anterior es debido a que la ubicación geográfica del Estado de Nuevo León, específicamente en el municipio de Santa Catarina, recibe una cantidad de radiación solar importante. Los desarrolladores deben colocar especial interés no sólo en optimizar espacios, sino en buscar la mejor ubicación que asegure el aprovechamiento de la energía solar pasiva y materiales térmicos más eficientes.

En el estudio se pudieron evaluar los cambios propuestos, obteniendo que, con una rotación a 180° del módulo se puede disminuir significativamente la ganancia térmica. Es decir que, si se cambiaran los materiales se logra un ahorro como mínimo de 15,359.15689 watts a 12,432.3193 watts, con una disminución de calor de 19.06 % acumulado para los 5 departamentos, lo que significa un impacto importante para cada departamento de **3.812 % de disminución debido a los cambios realizados**. Puntualizando que estos resultados serían alcanzados específicamente en el día y hora en el que se realizó el estudio.

Por lo tanto Si bien no es tan factible cambiar por materiales térmicos toda la vivienda por su alto costo, ni cambiar la orientación de un módulo sin tener que rediseñar el resto del conjunto, se pueden buscar otras soluciones en diseño y construcción que, adicionando cambios en las secciones más vulnerables -térmicamente hablando, permitan lograr un consumo térmico más eficiente.

Al poner en práctica más estudios de este tipo, se puede contribuir a lograr los objetivos que se han propuesto en México sobre las tecnologías ecológicas, dentro de las políticas de vivienda de interés social con un enfoque más relacionado a la sustentabilidad.



## Referencias

Análisis del Potencial Solar Fotovoltaico Urbano: Caso de Estudio Vitoria Gasteiz (2012) Jornada Solar Fotovoltaica, Autoconsumo y Energía Sostenible, Solar Decathlon Europe, 20 de Septiembre de 2012. Recuperado el 30 de octubre del 2013 de [file:///C:/Users/Olimpia%20P%C3%A9rez%20Moreno/Downloads/20120920\\_IES.-Análisis-potencial-fotovoltaico-urbano\\_Caso-de-estudio-de-Vitoria-Gasteiz.pdf](file:///C:/Users/Olimpia%20P%C3%A9rez%20Moreno/Downloads/20120920_IES.-Análisis-potencial-fotovoltaico-urbano_Caso-de-estudio-de-Vitoria-Gasteiz.pdf)

Bárcena, I.; Lago, R.; Villalba, U. Energía y deuda ecológica. Transnacionales, cambio climático y alternativas (2009), Icaria, Barcelona. P.304, 315, 435

Beer, F.; Johnston, R. Mecánica vectorial para ingenieros (1984), 4ª ed. México D.F.: Mc Graw Hill. P.2, 14,15-17.

Borbón, Ana C, Cabanillas, Rafael E, & Pérez, Jesús B. (2010). Modelación y Simulación de la Transferencia de Calor en Muros de Bloque de Concreto Hueco. Información tecnológica, 21(3), 27-38. Recuperado en 24 de agosto de 2015, de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642010000300004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642010000300004&lng=es&tlng=es). 10.4067/S0718-07642010000300004.

Cárdenas, L. e Higuera. E. (2014). Plan Piloto Barrio Solar en Santiago de Chile, Proyecto CYTED, Protocolo de investigación.

Compre. Poliestireno. Recuperado el 2 de febrero del 2015 en <http://www.compre.com.mx/pdf/ResEvaluacionFIDE.pdf>

De Garrido. Hacia una Arquitectura Ecológica. Arqgea. Disponible el 14 de marzo del 2013, en [http://www.arqgea.com/docs/ARQGEA\\_Hacia\\_una\\_arquitectura\\_ecol%C3%B3gica.pdf](http://www.arqgea.com/docs/ARQGEA_Hacia_una_arquitectura_ecol%C3%B3gica.pdf)

Energyplus helpdesk. (2008) what should I be aware of when using Meteonorm weather files Revisado el 24 Oct 2013 en:

Energyplus <http://energyplus.helpserve.com/index.php?/Knowledgebase/Article/View/4>

Guía Conafovi. (2006). Uso de la energía eficiente en la vivienda. Recuperado el 30 de diciembre del 2012 en [http://www.cmic.org/mnsectores/vivienda/2009/Biblioteca/CONAVI/Guia\\_uso\\_eficiente\\_de\\_la\\_energia.pdf](http://www.cmic.org/mnsectores/vivienda/2009/Biblioteca/CONAVI/Guia_uso_eficiente_de_la_energia.pdf)

Fuentes, V. (2000). Balance Térmico. Universidad Autónoma Metropolitana. Disponible en: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Yovo9y\\_hxX0J:arq-bioclimatica.com/index.php%3Foption%3Dcom\\_phocadownload%26view%3Dcategory%26id%3D12:energia-programas%26download%3D23:balance-termico%26Itemid%3D1+&cd=4&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Yovo9y_hxX0J:arq-bioclimatica.com/index.php%3Foption%3Dcom_phocadownload%26view%3Dcategory%26id%3D12:energia-programas%26download%3D23:balance-termico%26Itemid%3D1+&cd=4&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx)

Google. Uso de Sketchup. Recuperado el 5 de mayo del 2014 de <http://www.sketchup.com/es>

Grupo thermotek. Impermeabilizante bio reflection fotosensible. Recuperado el 2 de febrero del 2015 en <http://grupothermotek.com/site/wp-content/uploads/2015/01/HOJA-TECNICA-BIO-Reflection-FOTOSENSIBLE-REV004-0713.pdf>

H. Congreso del Estado de N.L. (2010). La iniciativa de ley para el fomento de la eficiencia energética y el aprovechamiento de las energías renovables del Estado de Nuevo León.

Hernández S., Fernández C., Batista L. (2001). Metodología de la Investigación, 4ª ed. México D.F.: Mc Graw Hill.

Higuera, Z. y Toledo, M.A. (2008). La vivienda de interés social: sostenibilidad, reglamentos internacionales y su relación en México. Quivera, vol. 13, núm. 2, julio-diciembre, 2011, pp. 193-208 Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca México.

INTECSA UHDE INDUSTRIAL (Ed), Ingeniería Energética, Cogeneración, Madrid, s.i., s.a.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Censo de Población y Vivienda. (2009) disponible en <http://www.inegi.org.mx/>

Instituto de la Vivienda de Nuevo León (2007). Fraccionamiento ViDA, Vivienda de Diseño Ambiental. Recuperado el 15 de abril del 2014 de: [http://www.nl.gob.mx/pics/pages/ivnl\\_oiv\\_proys\\_base/vida.pdf](http://www.nl.gob.mx/pics/pages/ivnl_oiv_proys_base/vida.pdf)

Instituto de la Vivienda de Nuevo León (2010). Nuestro Espacio. Fraccionamiento Las Anacuas. Boletín informativo del Instituto de la Vivienda. Recuperado el 7 de abril del 2014, de [http://www.nl.gob.mx/pics/pages/ivnl\\_nuestroespacio\\_base/nuestro\\_espacio\\_revista15.pdf](http://www.nl.gob.mx/pics/pages/ivnl_nuestroespacio_base/nuestro_espacio_revista15.pdf)

Instituto de la Vivienda de Nuevo León (2010). Las Anacuas Vivienda Social Progresiva. Recuperado el 6 de abril del 2014, de [http://www.nl.gob.mx/pics/pages/ivnl\\_oiv\\_proys\\_base/anacuas.pdf](http://www.nl.gob.mx/pics/pages/ivnl_oiv_proys_base/anacuas.pdf)

Lacomba, R., Ferreiro, H. (1991). Manual de Arquitectura Solar. Ed.Trillas, México, D.F. 215-233

López, V., Moreno, L.R., Marín, M.E. (2012). La energía solar como promotora del desarrollo regional: análisis del potencial de generación en baja california. Revista Internacional Administración y Finanzas. 5, 1.

Neila González, J. (2004). Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible. España: editorial Munilla – Lería

Plasticool .Impermeabilizante y aislante térmico. Recuperado el 2 de febrero del 2015 en <http://www.logismarket.com.mx/ic/asspin-impermeabilizantes-termicos-reflectivos-reducimos-calor-al-interior-858459.pdf>

POLIS (2008). Identification and mobilisation of solar potentials via local strategies, Instrumentos de Planeación, 16 de septiembre del 2013, <http://www.polis-solar.eu/Planning-instruments/>

Reddy Vangimalla, P. (2010). Validation of autodesk ecotect bim environmental analysis software using Hinker Hall as a case of study. Recuperado el 15 de mayo del 2014 de <http://www.informs-sim.org/wsc11papers/300.pdf>

Rey, M. y Velasco, G. (2006). Eficiencia energética en edificios, Certificación y Auditorías Energéticas. Editorial Thompson. Madrid España.  
Certificación y Auditorías Energéticas. P.3, 5, 10,12, 15

Rivero, P. (1998). Racionalización energética en instalaciones hoteleras: análisis para un nuevo proyecto técnico basado en la «cogeneración», mediante la optimización de las curvas de demandas térmicas y eléctricas integradoras de los servicios de agua caliente, frío, desalación de agua de mar y electricidad de un «hotel tipo» . Estudio realizado en Canarias. Tesis doctoral.

Rodríguez Ubiñas, E. (2014). Explicación Meteoronorm. Texto propio.  
Santa Clara. Barrobloc. Recuperado el 2 de febrero del 2015 de <http://es.scribd.com/doc/253606758/Barro-Block-Santa-Clara#scribd>

Secretaría de Energía. (2012). Resumen Ejecutivo, 15 de noviembre del 2012  
<http://www.sener.gob.mx/res/0/Programa%20Sectorial%20de%20Energia%202007-2012.pdf>

Secretaría de Energía. (2012). Energías renovables para el desarrollo sustentable de México. Recuperado el 15 de noviembre del 2012 de [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pe/FolletoERenMex-SENER-GTZ\\_ISBN.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pe/FolletoERenMex-SENER-GTZ_ISBN.pdf)

Swokowski, E., Cole, J. (2011) Álgebra y trigonometría con geometría analítica .13ª edición.

Sunguardglass. Vidrio baja emisividad Low E. Recuperado el 2 de febrero del 2015 en [http://www.sa.es.sunguardglass.com/cs/groups/sunguardsouthamerica/documents/web\\_assets/gi\\_004830.pdf](http://www.sa.es.sunguardglass.com/cs/groups/sunguardsouthamerica/documents/web_assets/gi_004830.pdf)

Taller para aislamiento térmico en la vivienda tercer módulo norma mexicana Nmx-C-460-ONNCCE-2009. Mortero cal- cemento- arena. Recuperado el 2 de febrero del 2015 en [http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/vivienda/2010/conavi/lo\\_nuevo/Taller\\_termico/TercerModulo.pdf](http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/vivienda/2010/conavi/lo_nuevo/Taller_termico/TercerModulo.pdf)

Tumini, I., Higuera, E. (2012). Alcances y limitaciones de las herramientas de simulación para el estudio del microclima urbano.

Tumini, I., Higuera, E., Alcances y limitaciones de las herramientas de simulación para el estudio del microclima urbano (2012). Recuperado el 30 de septiembre del 2013 de <http://www.revistadyna.com/Documentos/pdfsES%5C6921%5C6921DYNAINDEX.pdf>