MANUAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES PARA HONDURAS

Diseño, Implementación y Evaluación Económica















MANUAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES PARA HONDURAS

Diseño, Implementación y Evaluación Económica

MANUAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES PARA HONDURAS Diseño, Implementación y Evaluación Económica

Dirección

Rainer Shroeer | Director Programa 4E / GIZ

Coordinación

Osly Rodas | Coordinador Honduras, Programa 4E / GIZ

Equipo Técnico

Lilian Morazán | Responsable Servicios Técnicos de ANDI

Karla Cerrato | 4E / GIZ Obed Escalón | 4E / GIZ

Consultora

Mária Denisse García

Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centroamérica, 4E Cooperación Alemana al Desarrollo, GIZ energiaca@giz.de www.energias4e.com

® Reservados todos los derechos.

Prohibida su reproducción total o parcial con fines lucrativos, ajenos a los establecidos para el manejo del presente manual o sin autorización de los autores.

Las opiniones expresadas en esta publicación pertenecen a los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH o de las agencias que colaboraron con el financiamiento de la investigación y publicación.

Contenido

INTRODUCCIÓN	07
	07
OBJETIVOS	08
Objetivo General	08
Objetivos Específicos	08
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN Y EQUIPOS ELÉCTRICOS	09
Eficiencia Energética en la Construcción de Edificaciones	09
Eficiencia Energética en los Equipos Eléctricos	11
Situación en Honduras y la Región Centroamericana	13
Ahorros y Rentabilidad	15
¿Cuándo se aplica?	16
¿Cómo se implementa?	16
La Energía Renovable y la Eficiencia Energética	19
Cambio Climático — Huella de Carbono	19
GENERACIÓN DE ENERGÍA IN SITU	21
CONDICIONES GEOGRÁFICAS Y CLIMÁTICAS PARA HONDURAS	24
EL AMBIENTE, LA EDIFICACIÓN Y SU SISTEMA CONSTRUCTIVO	26
Confort Térmico	26
Envolvente de la Edificación	27
Condicionantes Externos	28
Instalaciones Técnicas	30
CÁLCULO DEL BALANCE ENERGÉTICO PARA UNA EDIFICACIÓN	20
	32
Base de Datos	32
Cálculo Manual de las Ganancias y Pérdidas de Calor	32
Intensidad de la Radiación Solar	32
Balance Energético	35
Cálculo de la Demanda de Aire Acondicionado	42
Cálculo con Software de las Ganancias y Pérdidas de Calor	43
Home Energy Efficiency Design (HEED)	43
MODELACIÓN ECONÓMICA	61
DEFEDENCIAC	60



Índice de Tablas

Tabla 1:	Proyectos realizados en el marco del Proyecto: Eficiencia Energética en los Sectores Industrial y Comercial (PESIC)	15
Tabla 2:	Tabla Comparativa entre un Diagnóstico Energético y una Auditoría Energética Completa	y 17
Tabla 3:	Clasificación de las Mejoras que puede dar la Aplicación de Medidas de Eficiencia Energética	18
Tabla 4:	Ejemplos de Medidas de Eficiencia Energética en los Centros de Consumo	s 18
Tabla 5:	Ejemplos de Medidas de Eficiencia Energética Clasificadas por Uso	18
Tabla 6:	Proyecciones de Temperatura y Precipitación para Centroamérica	20
Tabla 7:	Indicadores Financieros para una Inversión Solar Térmica para ACS	21
Tabla 8:	Indicadores Financieros para una Inversión Solar Térmica para A/C	21
Tabla 9:	Indicadores Financieros para una Inversión Solar Fotovoltaica Aislada	22
Tabla 10:	Indicadores Financieros para una Inversión Solar Fotovoltaica conectada a la Red	22
Tabla 11:	Indicadores Financieros para una Inversión Hidroeléctrica	22
Tabla 12:	Indicadores Financieros para una Inversión Eólica Aislada	23
Tabla 13:	Indicadores Financieros para una Inversión Eólica conectado a la Red	23
Tabla 14:	Valores Promedio Anuales del Clima para la Ciudad Tegucigalpa	de 24
Tabla 15:	Propiedades Termo físicas de Materiales de Construcción Estructurales	28
Tabla 16:	Emisiones de Calor Generadas por Aparatos Eléctricos	36
Tabla 17:	Resumen de las Ganancias de Calor Generadas por Aparatos Eléctricos	36
Tabla 18:	Áreas de los Componentes de la Envolvente de la Edificación en Estudio	37
Tabla 19:	Cálculo del Valor de U para las Paredes Externas de la Vivienda	e 38
Tabla 20:	Cálculo del Valor de U para el Techo de la Vivienda	38
Tabla 21:	Cálculo del Coeficiente de Pérdida de Calor en la Losa	38

Tabla 22:	Resumen de las Pérdidas de Calor por los Materiale que forman parte de la Envolvente	s 39
Tabla 23:	Cálculo de las Ganancias de Calor a través de las Ventanas en una Latitud de 14.1° N y una Elevación 1,000 msnm.	de 40
Tabla 24:	Resumen de las Ganancias de Calor a través de las Ventanas por Mes	41
Tabla 25:	Condiciones Climáticas en Verano para Tegucigalpa	42
Tabla 26:	Cuadro Dimensiones de Ventanas y Puertas	50
Tabla 27:	Costo de Implementar Medidas en EE	61
Tabla 28:	Parámetros Financieros para Calcular la Cuota del Préstamo Hipotecario de las Viviendas	61
Tabla 29:	Comparación de Consumo de Energía entre ambas casas	61
Tabla 30:	Tabla que Muestra el Periodo de Pago de la Inversió	n 62

Índice de Gráficas

Gráfico 1:	Consumo de Energía Eléctrica por Sector en el 2012, Honduras	07
Gráfico 2:	Consumo de Electricidad en Función de la Tipolog de Equipos Presentes en el Sector Residencial	jía 11
Gráfico 3:	Consumo de Electricidad en Función de la Tipolog de Equipos Presentes en el Sector Industrial	jía 11
Gráfico 4:	Consumo de Electricidad en Función de la Tipolog de Equipos Presentes en el Sector Comercial	jía 11
Gráfico 5:	Clasificación del Consumo Energético de Aparatos Eléctricos	s 12
Gráfico 6:	Capacidad Instalada en el Sistema, Mayo 2013	13
Gráfico 7:	Distribución en la Utilización de Recursos en las Construcciones (UNEP DTIE, 2006)	20
Gráfico 8:	Distribución de las Emisiones Contaminantes provenientes de la Construcción (UNEP DTIE, 2006	6) 20
Gráfico 9:	Conductividad Térmica de Materiales de Construcción	27
Gráfico 10:	Evolución Térmica de las Caras de un Muro	29
Gráfico 11:	Diagrama de la Ruta del Sol para la ciudad de Tegucigalpa	35
Gráfico 12:	Insolación Solar Total (W/m2) en el Techo de acuerdo a su Inclinación y Azimut	35

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1		de Eficiencia Energética en la ción de Edificaciones	10
Ilustración 2	: Etiqueta Eléctrico	de Eficiencia Energética en Equipos s	12
Ilustración 3	: Ejemplo	del Edificio Empire State	16
Ilustración 4	: Mapa de Honduras	la Configuración de las Superficies d s	e 24
Ilustración 5	: Planisfer	io de las Zonas Climáticas de la Tier	ra 24
Ilustración 6	: Mapa de	Precipitaciones de Honduras	25
Ilustración 7	: Inclinaci	ón Óptima del Techo	26
Ilustración 8	•	es factores que afectan el confort en los humanos	27
Ilustración 9		s de Funcionamiento de las Diferente de Ventilación	s 29
Ilustración 1	•	ue Produce una Cortina Exterior en la tura Interior de una Edificación	30
Ilustración 1		Equipos que se utilizan para la Gesti ca en Edificaciones	ón 31
Ilustración 1	2: Coordena Bajo Aná	idas Latitud y Longitud de la Edificac lisis	ión 33
Ilustración 1	3: Tiempo l	Iniversal Coordinado	34
Ilustración 1	4: Términos	para calcular la carga	36
Ilustración 1	5: Detalle o	lel Diseño del Techo	38
Ilustración 1		que muestra como se añaden datos ógicos a HEED	44
Ilustración 1	7: Pantalla	de Diseño Inicial	45
Ilustración 1	8: Pantalla	de Opciones de Diseño	45
Ilustración 1	9: Pantalla	Costos Energéticos	46
Ilustración 2	0: Pantalla	Diseño Pasivo Energético	47
Ilustración 2	1: Pantalla	Diseñador de Piso	48
Ilustración 2	2: Pantalla	Orientación	49
Ilustración 2		para especificar las medidas de las , puertas, aleros y protección solar e nas	n 50
Ilustración 2	4: Pantalla	Ubicación de Ventanas y Puertas	51
Ilustración 2	5: Pantalla	Tipo de Vidrio para Ventanas	51
Ilustración 2	6: Pantalla	Aislamiento	52
Hustración 2	7. Pantalla	Paradas	53

Ilustración 28:	Pantalla Techo	54
Ilustración 29:	Pantalla Pisos	54
Ilustración 30:	Pantalla Ventilación e Infiltración	55
Ilustración 31:	Enfriamiento por Ventilación	55
Ilustración 32:	Pantalla Calefacción y Enfriamiento	56
Ilustración 33:	Pantalla Cortina Operable	57
Ilustración 34:	Pantalla Consumo de Energía Anual	57
Ilustración 35:	Pantalla de Diseño Avanzado	58
Ilustración 36:	Pantalla de Diseño del Sistema de Calentamio Solar	ento 59
Hustración 37	Pantalla de Resultados	60

+

Siglas

A/C	Aire Acondicionado
ACS	Agua Caliente Sanitaria
ANDI	Asociación Nacional de Industriales
ASHRAE	Sociedad Americana de Ingenieros de Cale- facción, Refrigeración y Aire Acondicionado (por sus siglas en inglés)
ASI	Asociación Salvadoreña de Industriales
BTU	British Thermal Unit (Unidad Térmica Británica)
CA	Centro América
CEHDES	Consejo Empresarial Hondureño para el Desarrollo Sostenible
CICH	Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras
CHICO	Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica en Guatemala
CNFL	Compañía Nacional de Fuerza y Luz (Costa Rica)
DGE	Dirección General de Energía
EE	Eficiencia Energética
EEUU	Estados Unidos de América
ENEE	Empresa Nacional de Energía Eléctrica
ER	Energía Renovable
GAUREE	Proyecto Generación Autónoma y Uso Racional de la Energía Eléctrica
GEI	Gases Efecto Invernadero
GIZ	Cooperación Alemana al Desarrollo
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergovernamental sobre Cambio Climático)
LAIF	Latin America Investment Facility (Fondo de Inversión para América Latina de la Unión Europea)
LED	Light Emitting Diodes (Diodos Emisores de Luz)
LFC	Lámparas Fluorescentes Compactas
KFW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (Banco de Desarrollo del Gobierno Alemán)
MSNM	Metros Sobre el Nivel del Mar
NFRC	National Fenestration Rating Council (Con- sejo Nacional Calificador de Ventanas de los Estados Unidos de América)
OHN	Organismo Hondureño de Normalización
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía

PESIC Proyecto de Eficiencia Energética en los

Honduras

Sectores Industrial y Comercial de

```
PIB Producto Interno Bruto
  PNUD Programa de las Naciones Unidas para el
         Desarrollo
PNUMA Programa de las Naciones Unidades para
         el Medio Ambiente
   PVC Policloruro de Vinilo
 RENAC Renewables Academy (Academia de Reno-
         vables Alemana)
SEPLAN Secretaría Técnica de Planificación y
         Cooperación Externa
 SERNA
        Secretaría de Recursos Naturales y
         Ambiente
  SHGC Heat Gain Cooefficient (Coeficiente de
         Ganancia de Calor)
SWERA Solar and Wind Energy Resource Assess-
         ment (Proyecto de Evaluación del Recurso
         Solar y Eólico)
    TIR Tasa Interna de Retorno
  UNEP United Nations Environment Programme
         (Programa de las Naciones Unidas para el
         Medio Ambiente)
   US$ Dólares de los Estados Unidos de América
   VNP Valor Presente Neto
     4E Programa Energías Renovables y Eficiencia
         Energética en Centroamérica
```

UNIDADES

ft³ Pie Cúbico

Granos/libra granos de agua por libra

J Joule

K Kelvin

Kg Kilogramo

Kilovatio

kWh Kilovatio hora

Metro

 m_3 Metro Cúbico

Metro Cuadrado

mm Milímetro

m/s Metro sobre Segundo

m³/s Metro Cúbico por Segundo

W Watt

HPa Hectopascal

Grados

°C Grados Celsius

Minutos

Segundos

4E

Situación inicial

Los países centroamericanos cuentan con muy buenas condiciones para el uso de energías renovables. Además de la energía solar, hidroeléctrica, eólica y biomasa; la región tiene un gran potencial para el uso de energía geotérmica. Principalmente en el comercio, la industria y en las instituciones públicas, existen oportunidades económicamente atractivas, para aumentar la eficiencia energética. A pesar del gran potencial para el ahorro energético y la oportunidad de generar electricidad a través de las energías renovables en la región, la ejecución de proyectos ocurre, hasta el momento, de forma ocasional.

La creciente demanda de energía y su resultante presión a la expansión de capacidades de generación, es compensada en Centroamérica, con excepción de Costa Rica, con la ampliación de las capacidades convencionales. Aparte de la contaminación ambiental que esto causa, provoca un alto gasto en las divisas del país. Es por ello, que el suministro sostenible de energía, está en la agenda política de todos los países centroamericanos. Por lo tanto, en los últimos años, se han iniciado, a nivel nacional, una serie de medidas legales y fiscales para crear un mejor clima para inversiones en energías renovables y eficiencia energética. Sin embargo, el avance de la implementación de iniciativas al respecto ha sido insuficiente, frente a una posible escasez energética.

Objetivo

Mejorar la implementación de estrategias para la difusión de las energías renovables (ER) y medidas de eficiencia energética (EE), y aumentar las inversiones en ER y EE.

Procedimiento

El enfoque del programa durante la primera fase (2010 - 2013) se centra en los países de El Salvador, Costa Rica y Honduras. Según la demanda identificada, se llevarán a cabo medidas replicables en la región, en los siguientes tres niveles:

- Apoyo a los gobiernos nacionales en la implementación de mejores condiciones marco político en el sector energético, para la aplicación de ER y medidas de EE.
- Fortalecimiento de las capacidades institucionales en el desarrollo y la implementación de proyectos de ER y EE.
- Fomento de iniciativas del sector privado en el ámbito de las ER y la EE.

ANDI

Misión

Fortalecer el sector productivo mediante propuestas, gestiones y servicios de desarrollo industrial, siendo una institución sólida, participativa y ética.

Visión

Ser una institución representativa del sector productivo nacional, reconocida por su liderazgo en el fomento de la competitividad y su impacto en el desarrollo sostenible e integral de Honduras.

Principios

- Promover e impulsar la producción nacional y defender los derechos e intereses del sector industrial.
- Propiciar el respeto a la dignidad humana, a la propiedad privada y a la producción dentro de un régimen de libre empresa.
- Fomentar y contribuir al establecimiento de una estrecha relación entre el sector industrial y los demás miembros de la comunidad empresarial así como los restantes sectores de la sociedad hondureña en función de lograr un permanente diálogo y el mayor entendimiento posible en aras de la democracia y desarrollo.
- Coadyuvar con la pequeña y microempresa de Honduras mediante el desarrollo de sus capacidades productivas y la incorporación de este sector al quehacer económico formal.
- Fortalecer la participación de Honduras en el proceso de Integración Económica Centroamericana y en los esfuerzos de la apertura e incorporación del país a la dinámica de las relaciones económicas internacionales.

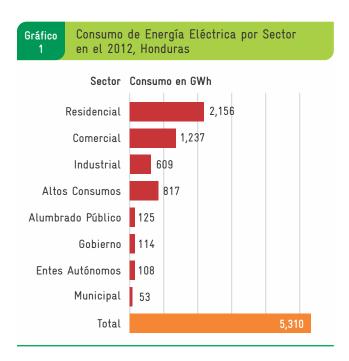
CHICO

La Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción, se encarga del fomento, desarrollo, protección respeto y defensa de esta Industria en el país y continuamente se ha dedicado (entre otras cosas) a la gestión de fondos de inversión de infraestructura y vivienda, a negociar con el sistema financiero público y privado, mejores intereses en la adquisición de viviendas, a gestiones con el gobierno el pronto pago para facilitar el desembolso de estimaciones para sus contratistas afiliados, a la gestión de convenios de capacitación de sus empresas afiliadas como lo es el caso del Proyecto de Gestores de Calidad Total bajo la norma ISO 9001, la cual involucra al INFOP, a la generación de convenios interinstitucionales (con el CICH, la CHEC, CCIT, COHEP, AHPPER, AMDC, FHIS, Fondo Vial, SOPTRAVI, etc.) para dar vida a importantes proyectos cuya finalidad es el apoyo, fortalecimiento, modernización de la industria de la construcción, el respeto a los derechos del profesional de la construcción, el respeto a la dignidad del contratista, el respeto a la libre contratación, el respeto a las leyes que se involucran con la construcción (cuyo ámbito es inmenso, leyes contractuales, bancarias, ambientales, etc.); y como valor agregado a todo esto, al fomento del empleo tanto de mano de obra no calificada, calificada así como la colocación continua de profesionales de la ingeniería en todas sus especialidades.

La Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción siempre ha procurado estar en la mesa de negociaciones con el fin de proteger que sus intereses sean respetados. Y, en este momento en que el ámbito de todas las actividades están afectados por la expansión de las fronteras del país por el proceso de globalización, la Cámara está participando también.

INTRODUCCIÓN

Considerando la importancia económica y social que reviste el sector hondureño de la construcción en el país, el cual de acuerdo a la Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción (CHICO) asciende a un 5% del Producto Interno Bruto (PIB) del país y que gran parte del consumo de energía eléctrica en Honduras proviene del sector residencial ¹ (gráfico # 1), el Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centroamérica (4E) de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ), ha elaborado el primer Manual de Eficiencia Energética en la Construcción de Edificaciones para Honduras, para contribuir al desarrollo sostenible del sector hondureño de la construcción así como apoyar a mejorar los patrones de consumo eléctrico en el país.



Además de resaltar generalidades sobre el desarrollo de la eficiencia energética en el país así como su interacción con la energía renovable como equipamiento de microgeneración distribuida, este manual desarrolla un análisis detallado en una edificación residencial, en función de las condiciones geográficas y de clima en Honduras, tomando en consideración el medio ambiente y sus características de confort térmico, envolvente térmica (capa externa expuesta al entorno tal como paredes, puertas, ventanas, etc.), así como las instalaciones eléctricas que se presentan usualmente en este tipo de edificaciones.

El mismo es un trabajo didáctico dirigido a ingenieros civiles, eléctricos, mecánicos, arquitectos, maestros de obra y alumnos cursando estudios universitarios en las áreas técnicas indicadas con anterioridad, y conlleva un análisis in situ sobre las diferentes consideraciones de diseño, implementación y evaluación económica que deben analizarse al momento de tomar cualquier decisión concerniente a la implementación de medidas de eficiencia energética en edificaciones independientemente del estado de avance en que se encuentren (diseño, construcción o ya siendo habitadas).

Con la realización de este manual, se estima que se enriquecerán otras iniciativas encaminadas en el país y que guardan relación con este tema, tales como: Ley de Uso Racional de la Energía, Normativa de Equipos Electromecánicos, adición del componente de la eficiencia energética en el actual Código de Construcción del Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras (CICH) y el Organismo Hondureño de Normalización (OHN). Nuevamente, con ayuda de la ciencia, la innovación y la investigación, lograremos alcanzar nuevos estadios de desarrollo en favor de todos los hondureños.

^{1/} El sector residencial representa a la fecha el mayor consumidor energético en el país, con un 40.6% de todo el consumo eléctrico final del país. Fuente: Empresa Nacional de Energía Eléctrica, Sub Dirección de Planificación. Año 2012.

OBJETIVOS

Objetivo General

Elaborar un documento teórico-práctico que desarrolle todos los elementos de la eficiencia energética como herramienta de ahorro en la construcción de edificaciones, todo esto enmarcado en un análisis financiero que determine la rentabilidad de estas medidas.

Objetivos Específicos

- Presentar un documento que integre la Ingeniería Civil, Eléctrica, Mecánica y Arquitectura bioclimática en lo que se refiere a los métodos de construcción actuales en Honduras y los procesos térmicos que toman lugar por su utilización, por ende influenciando el consumo energético en edificaciones.
- Presentar un documento ilustrativo que anime a las autoridades responsables del sector hondureño de la construcción, a adicionar un acápite relacionado con la eficiencia energética en el Código Hondureño de la Construcción vigente.
- Poner a disposición de técnicos constructores y consultores del sector de la construcción en Honduras información meteorológica, equipo eléctrico, materiales y elementos de la construcción, para posibilitarles tomar una decisión informada para su selección, tanto en la etapa de diseño y/o remodelación de edificaciones, mejorando con esto su eficiencia energética.
- Concebir un documento que realice aportes concretos al sector académico hondureño en las áreas de Construcción Sostenible, Arquitectura Bioclimática y la Ingeniería de la Energía en edificaciones.
- Crear una herramienta que venga a contribuir en la reducción del consumo de energía en el sector domiciliario residencial el cual es el mayor consumidor energético en el país, logrando con esto una reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), reducción en las importaciones de petróleo y mejora de la proporción que define la Intensidad Energética.²

^{2/} Indicador de la eficiencia energética de una economía, el cual se calcula como la relación entre el consumo energético (Energía en Wattshora) y el Producto Interno Bruto de un País (PIB). I = E/PIB

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN Y EQUIPOS ELÉCTRICOS

En términos prácticos, la eficiencia energética es "utilizar menos energía para suministrar el mismo servicio". La eficiencia energética no es igual al concepto de conservación de la energía, la cual se refiere más bien a reducir o eliminar un servicio para ahorrar energía.

Con el fin de ejemplificar esta situación, se presenta a continuación un ejemplo sencillo:

Cuando se remplaza un bombillo incandescente por un tipo más eficiente (ejemplo: LED), este nuevo bombillo provee el mismo servicio pero con menos energía. Esto ahorra al usuario dinero en su factura eléctrica y reduce las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera. Apagar este bombillo representa una medida de conservación de la energía. Tanto las medidas de eficiencia energética como de conservación energética pueden reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Enmarcándose en los alcances definidos por este manual, se presenta a continuación una explicación detallada en lo que consiste tomar medidas de eficiencia energética en la construcción de edificaciones incluyendo equipos eléctricos que usualmente se encuentran en edificaciones de uso residencial. Posteriormente se irá ahondando en el tema y se mostrará cómo se pueden implementar estas medidas y su potencial en cuanto a brindar un ahorro económico y mejorar su habitabilidad.

Eficiencia Energética en la Construcción de Edificaciones

La eficiencia energética en construcciones involucra medidas relacionadas con: (a) la adecuación a las condiciones climáticas existentes en el sitio donde se construyen, (b) diseño arquitectónico de la edificación, (c) patrones de consumo de los usuarios, (d) la geo-referenciación, (e) los materiales que conforman la "piel" de la edificación tales como paredes, ventanas y puertas, (f) presencia de equipos de generación de energía renovable in-situ, y (g) los diferentes equipos eléctricos que podemos encontrar en las mismas en función del fin para lo cual fueron concebidas.

Todas aquellas mejoras en la provisión de servicios energéticos que conduzcan a la reducción del consumo de energía en edificaciones residenciales, comerciales o industriales, ya sea en su etapa de diseño, construcción y ocupación, pueden ser catalogadas como de eficiencia energética.

Dependiendo del fin para el cual una edificación ha sido planificada, existe una diversidad de dispositivos que pueden encontrarse en sus áreas perimetrales e interiores. Por lo tanto, no es de extrañarse que en función del uso de una edificación, podamos encontrar desde estufas para cocinar, hasta calderas de vapor para generar energía. Por lo antes expuesto, resulta evidente que en una edificación pueden converger una serie de tecnologías relacionadas con equipos mecánicos, neumáticos, lumínicos, y de la ciencia de los materiales, entre otros.

Como se ha indicado con anterioridad, las viviendas, edificios y complejos habitacionales que conforman el sector residencial representan a la fecha la mayor parte del consumo eléctrico final en el país. Esta situación puede extrapolarse en el mundo entero ya que los edificios contribuyen hasta con un 30% de las emisiones anuales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y consumen hasta el 40% de la energía que se produce a nivel mundial.³

^{3/} UNEP-SBCI. (2009). Buildings and Climate Change – Summary for Decision Makers.

Las edificaciones en Honduras no son eficientes en términos energéticos. Para muestra se puede enumerar algunos yerros en este sentido:

- Una mayoría abrumadora de edificaciones no cuenta con equipo de generación de energía in-situ a través de medios sostenibles.
- La utilización del aislamiento térmico es marginal y su selección y forma de uso no es entendido por gran parte de constructores y usuarios.
- La mayor presencia de ventanas en Honduras son del tipo "celosía", las cuales dejan entrar el calor al interior de las edificaciones lo que produce que los aires acondicionados (A/C) operen durante mayores períodos de tiempo.
- La orientación de la edificación respecto al sol es una condición descuidada y soslayada tanto por arquitectos como por constructores.

El potencial de ahorro a través de la implementación de medidas de eficiencia energética en edificios es enorme. Tan solo en los EE.UU., se ha estimado que los ahorros potenciales en edificios pequeños andan en un rango entre 27%-59%. Esto equivale a un 17% del consumo total de energía en este país. De igual forma, la implementación de medidas de eficiencia energética puede representar ahorros anuales de US\$ 30,000 millones por año. Tomar medidas de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y eficiencia energética financieramente rentables, puede significar ahorros de más de un 30% en muchos países.

Como podrá verse más adelante, mediante la implementación de medidas adecuadas para mejorar la eficiencia energética en edificaciones, se pueden lograr ahorros de hasta un 50% del consumo en la factura eléctrica de la empresa distribuidora — si bien no debe menospreciarse el impacto que produce las formas de utilización de la energía por parte de los ocupantes los cuales podrían hacer variar este porcentaje en menor o mayor medida —. La ilustración #1 resume las medidas que conducen a un menor consumo de energía en edificaciones:



4/ http://www.preservationnation.org/information-center/sustainable-communities/green-lab/small-buildings/130605_NTHP_factsheet.pdf (institución de naturaleza investigadora vinculada a la preservación de edificios históricos en los EE.UU.).

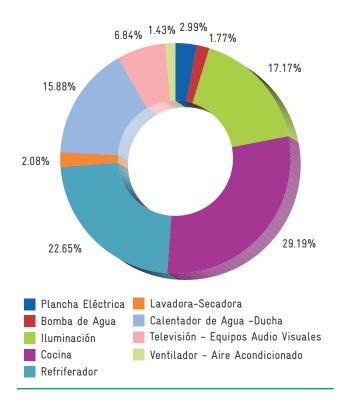
- 5/ UNEP-SBCI. (2009). Buildings and Climate Change Summary for Decision Makers.
- 6/ ENFORCE. (2010). Guía Práctica sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Edificios.

Eficiencia Energética en los Equipos Eléctricos

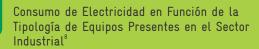
La eficiencia energética de cualquier equipo eléctrico se refiere a mejoras tecnológicas que conduzcan a una menor utilización de energía eléctrica como es el caso de los bombillos LED versus los bombillos fluorescentes o incandescentes.

Tal cual se indicó con anterioridad, la presencia de equipo eléctrico en una edificación varía considerablemente en función del fin para el cual la misma ha sido diseñada y en la forma en la cual se le da uso. Se muestra a continuación un detalle del consumo de electricidad en Honduras por sector, en función de la tipología de equipos presentes en cada uno de ellos (estas gráficas pueden dar una idea clara respecto al potencial de ahorro de energía respecto a la tipología de los equipos donde se realiza la inversión):

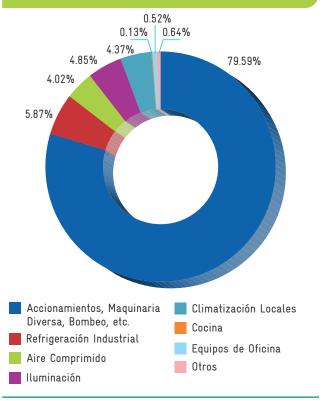




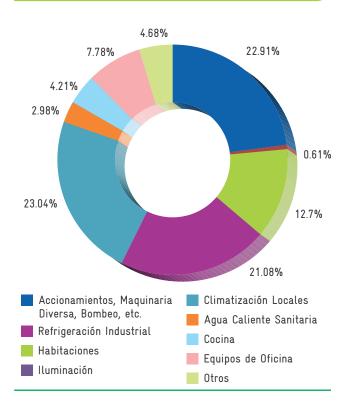
7/ 8/ 9/ Cálix C. (2008). Revisión y Actualización del Diagnóstico del Subsector Eficiencia Energética, para la formulación de la Política Energética de Honduras. SERNA/DGE.



Gráfico





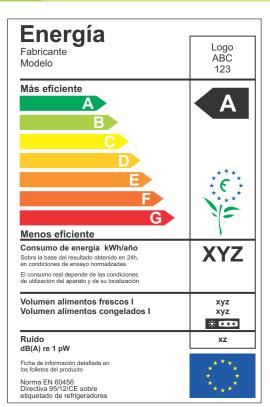


Para tener certeza en cuanto a las mejoras por ahorro de energía eléctrica en estos equipos, es recomendable que los equipos o servicios seleccionados hayan pasado a través de un proceso de certificación por parte de una entidad independiente de una relación cliente-proveedor que de fe que el mismo cumple con requisitos establecidos en documentos normativos, los cuales pueden ser establecido por país (en Costa Rica existe el Comité Nacional de Eficiencia Energética INTE-CTN-28) o región (en la Unión Europea mediante Directivas establecidas por el Parlamento Europeo).

Para el caso hondureño, el Organismo Hondureño de Normalización (OHN)¹⁰ está adscrito a la Secretaría Técnica de Planificación y Cooperación Externa (SEPLAN), y es el responsable de definir Normas Técnicas incluyendo el sector de energía.

Se muestra en la ilustración # 2 un sistema de clasificación de equipos eléctricos mediante etiquetas establecido por la Unión Europea¹¹, el cual posibilita conocer a los consumidores, su eficiencia en cuanto a su utilización de la energía eléctrica durante su operación, para la toma de decisiones.

Ilustración 2 Etiqueta de Eficiencia Energética en Equipos Eléctricos



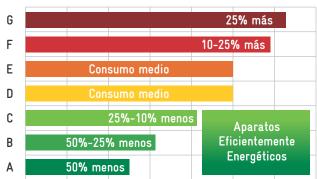
Existen 7 clases de eficiencia energética, representadas por letras, desde la A hasta la G, siendo A la clase más eficiente, es así como:

- Los artefactos eléctricos clase A consumen aproximadamente un 50% menos de energía que los que presentan un consumo medio.
- Los artefactos clase B consumen entre el 50% y el 25% menos que los que presentan un consumo medio.
- Los artefactos clase C consumen entre el 25% y el 10% menos que los que presentan un consumo medio.
- Los artefactos clases D y E son los que se consideran que tienen un consumo medio.
- Los artefactos clase F consumen entre el 10% y el 25% más que los que presentan un consumo medio.
- Los artefactos clase G consumen un 25% más que los que presentan un consumo medio.

En la gráfica # 5 podemos apreciar lo antes expuesto de una forma más ilustrativa.

Gráfico
Clasificación del Consumo Energético de
Aparatos Eléctricos

Categoría



En función del uso de una edificación, su consumo eléctrico vinculado a los equipos eléctricos representa un consumo total de la energía entre un 20-30%¹², por lo que la implementación de medidas de eficiencia energética representa una oportunidad financiera y ambientalmente positiva.

^{10/} http://www.hondurascalidad.org/normalizacion.htm

^{11/} http://europa.eu/pol/ener/flipbook/es/files/energy_es.pdf

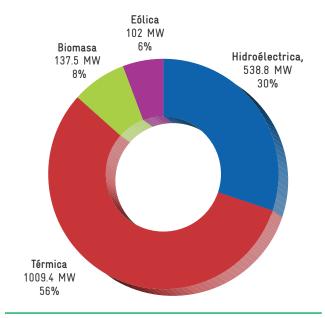
^{12/} http://www.schneiderelectric.es/documents/local/soluciones/ee/usuarios/ESMKT12001H10-guia-practica-eficiencia-energetica.pdf

Situación en Honduras y la Región Centroamericana

La eficiencia energética en Honduras sigue siendo una novedad y son pocos los proyectos que se implementan en esta área, frecuentemente gracias a programas específicos creados por agencias de cooperación internacional o a través de fondos provistos por países desarrollados. Mientras tanto, la demanda de electricidad continúa incrementándose anualmente de forma acelerada, misma que se utiliza en gran parte, para suplir necesidades en edificios residenciales y viviendas unifamiliares.

Indicadores como una matriz energética mayoritariamente no renovable tal cual se puede observar en el gráfico # 6, pérdidas en los sistemas de transmisión y distribución de la ENEE (29.9% de la energía generada en el sistema se pierde¹³) así como el hecho de poseer la segunda mayor Intensidad Energética (I) de Centroamérica después de Nicaragua¹⁴, evidencian una situación actual compleja y desfavorable para el país en cuanto a variables como competitividad, calidad de vida y sostenibilidad ambiental.

Gráfico 6 Capacidad Instalada en el Sistema, Mayo 2013¹⁵



De igual forma, existen condicionantes que deberían de aumentar esta tendencia en el corto y mediano plazo, ocasionando una mayor fuga de divisas y un incremento negativo en nuestra balanza comercial. Entre algunas de estas condicionantes se pueden citar: De igual forma, existen condicionantes que deberían de aumentar esta tendencia en el corto y mediano plazo, ocasionando una mayor fuga de divisas y un incremento negativo en nuestra balanza comercial. Entre algunas de estas condicionantes se pueden citar:

- 1. Déficit habitacional superior al millón de viviendas 16.
- Una tendencia marcada hacia una población cada vez más urbana, apoyándose en el consumo de energía eléctrica para sus necesidades diarias.
- 3. Por efecto del Cambio Climático y el efecto de una mayor urbanización, presencia de climas más extremos que requerirán la utilización de equipo eléctrico para posibilitar el confort en áreas interiores, que de no tomarse las medidas indicadas, conducirán a un uso más elevado de equipos eléctricos, que impactarán en la economía de los usuarios y restará competitividad a comercios e industrias de nuestra nación.

Entre algunas de las más importantes iniciativas relacionadas con la eficiencia energética en Honduras tenemos:

- (a) Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centroamérica (4E) de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ) que tiene como objetivo mejorar la implementación de estrategias para la difusión de las energías renovables (ER) y medidas de eficiencia energética (EE), y aumentar las inversiones en ER y EE.
- (b) Proyecto de Ley de Promoción del Uso Racional de la Energía que tiene por objeto promover la adopción de medidas que den como resultado el uso racional de la energía en los hogares y las actividades económicas en el país, asegurando el ahorro y la eficiencia tanto en los usos finales como en los procesos de conducción y de transformación de la energía, así como la utilización de fuentes de energía no tradicionales. Este anteproyecto de ley se realizó gracias al apoyo del programa 4E de la GIZ mencionado en el inciso anterior.

^{13/} Fuente: Empresa Nacional de Energía Eléctrica, Dirección de Planificación y Desarrollo, Año 2012.

^{14/} Fuente: OLADE. (2009). Indicadores Económicos – Energéticos Regionales.

^{15/} Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica, Dirección de Planificación y Desarrollo, Mayo 2013.

^{16/} Fuente: Dirección General de Vivienda y Urbanismo - Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda.

- (c) Programa Mipymes Verdes del BCIE, la cual es una iniciativa establecida con el apoyo financiero del Gobierno de Alemania, a través del Banco de Desarrollo KFW, y de la Unión Europea como parte de su Facilidad de Inversión de América Latina (LAIF). La Iniciativa cuenta con recursos reembolsables y no reembolsables que se utilizan para impulsar el desarrollo de pequeños proyectos de eficiencia energética y de energía renovable, y su financiamiento a través de instituciones financieras centroamericanas.
- (d) La creación del Organismo Hondureño de Normalización (OHN) el cual ha publicado documentos normativos respecto a lámparas fluorescentes (OHN 9:2011, 10:2011, 24:2011), equipo de aire acondicionado (OHN 45:2011, 46:2011, 47:2011) y refrigeradores (OHN 11:2008, 12:2008, 13:2008).
- (e) Proyecto Generación Autónoma y Uso Racional de la Energía Eléctrica (GAUREE), fase II, orientado a promover el uso racional de la energía eléctrica. En el marco de este proyecto se llevó a cabo la campaña nacional educativa "Aprendiendo el Uso Racional de la Energía Eléctrica".
- (f) Proyecto de Eficiencia Energética en los Sectores Industrial y Comercial de Honduras (PESIC), iniciado en 2005, y ejecutado por el Consejo Empresarial Hondureño para el Desarrollo Sostenible (CEHDES), bajo la supervisión y respaldo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Este proyecto ofrece asistencia técnica a empresas para identificar y evaluar las principales oportunidades de ahorro de energía y apoyar a las instituciones para formular y aplicar políticas, programas y proyectos de eficiencia energética.
- (g) Proyecto de sustitución de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas (LFC) en el sector residencial. Este proyecto significó la entrega de 6 millones de unidades de lámparas fluorescentes compactas (LFC) a los abonados residenciales de la ENEE y de acuerdo a los técnicos de la ENEE, la implementación de esta medida representó una disminución de la demanda pico de la tarde en 53 MW en el período 2008-2009.
- (h) El Comité Industrial de Energía de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI) conformado por representantes de empresas e instituciones líderes en este tema tan importante para fortalecer la competitividad empresarial. El objetivo principal del Comité Industrial de Energía es asegurar y fomentar la competitividad de

la industria a nivel nacional e internacional asegurando el acceso a energía de calidad y con costos competitivos.

La situación en C.A. es relativamente similar a Honduras con excepción de Costa Rica, país que posee el mayor avance en el tema. Costa Rica ha introducido programas de etiquetado y estándares comparables a los de países industrializados, regulaciones que obligan a los grandes consumidores de energía (plantas industriales, edificios comerciales) a tener auditorías regulares, además de otras regulaciones como informes obligatorios de consumo exigidos al sector industrial y planes de ahorro de energía obligatorios a los sectores de Industria (incluyendo planes de gestión de la demanda), Empresas de Servicios Públicos y de Servicios. Para la aplicación de estas medidas de eficiencia energética, el país pone a disposición del sector industrial y de servicios, incentivos económicos tales como préstamos a bajo interés y fondos para eficiencia energética manejados por empresas estatales tales como Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y el Banco Nacional¹⁷.

Para el resto de países el avance es menor y el mismo se basa en la inclusión de la eficiencia energética en sus Políticas Energéticas Nacionales, ante-proyectos de ley de eficiencia energética que se encuentran en discusión por parte del Poder Legislativo, definición de medidas de austeridad y ahorro a través de planes energéticos que surgen frecuentemente desde los Ministerios de Economía o la Presidencia, y el establecimiento de programas de ahorro como el Programa de Eficiencia Energética en la Industria desarrollado por la Asociación Salvadoreña de Industriales (ASI)18, Campaña Educativa 2009/2011 en eficiencia energética en Nicaragua la cual tuvo una cobertura del 30% de la población primaria a nivel nacional correspondiente a 400,000 alumnos¹⁹ y la Campaña de Eficiencia Energética: Plan de Ahorro y Eficiencia Energética, implementada por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) y que hace parte de la Política Energética en Guatemala.

^{17/} World Energy Council, French Environment and Energy Management Agency (ADEME). (2004). Energy Efficiency: A worldwide report. Indicators, Policies, Evaluation.

^{18/} http://industriaelsalvador.com/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=19

^{19/} Ministerio de Energía y Minas - Departamento de Eficiencia Energética.

Es importante mencionar que tanto Costa Rica como El Salvador son los países que cuentan con el Índice de Intensidad Energética (I) más bajo de la región y presentan las menores pérdidas en sus sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica. Para todos los países de la región está pendiente definirse normativas que regulen y obliguen a la utilización de materiales adecuados que conforman la envolvente de la edificación, utilización de aislamiento térmico, ventanería, equipo de generación de energía renovable in-situ y posicionamiento respecto al sol; medidas que sin duda contribuirían a alcanzar importantes niveles de ahorro de energía que se indican en este manual. Es por esta razón que el apoyo brindado por la Cooperación Técnica Alemana (GIZ) para la realización de este Manual representa un apoyo clave a Honduras, que puede posibilitarle la creación de este estándar, adelantándose al resto de países de Centroamérica.

Ahorros y Rentabilidad

"Aumentar la eficiencia energética es la manera más amplia, barata, benigna y rápidamente desplegable; menos visible, menos comprendida y más descuidada de satisfacer la demanda futura de energía. La eficiencia energética es sin duda la inversión de menor riesgo y de mejor amortización de toda la economía"²⁰.

Tal como se indica en este manual, los ahorros por concepto de eficiencia energética en edificaciones pueden alcanzar valores superiores a un 50% (incluyendo equipo de generación de energía in-situ y posicionamiento de la edificación respecto al Sol). Por supuesto, estos ahorros dependen del nivel de inversión realizada en los distintos componentes de una edificación. De acuerdo a la Guía Práctica de Eficiencia Energética de la empresa Schneider Electric, pueden haber ahorro de hasta un 40% en el sector domiciliario residencial, 30% en el sector comercial y de un 20% en el sector industrial. A manera de ejemplo, la ciudad de Melbourne, Australia ha reducido un 40% de las emisiones al introducir regulaciones para eficiencia energética en los edificios públicos²¹.

En Honduras se pueden enumerar algunos ejemplos sobre la rentabilidad de estos proyectos en el marco del Proyecto de Eficiencia Energética en los Sectores Industrial y Comercial de Honduras (PESIC)²²:

Tabla 1: Proyectos realizados en el marco del Proyecto: Eficiencia Energética en los Sectores Industrial y Comercial (PESIC)

Empresa	Ahorro en demanda (kW)	Ahorro en consumo eléctrico (KWh/año)	Reducción en emisiones Ton CO2/año	Ahorro económico US\$/año	Inversión US\$	Período de repago simple de la inversión (en años)
Protexsa	116.00	743,248	456	104,277.00	33,426.00	0.32
Unilever	220.00	555,177	1,563	209,334.00	252,896.00	1.21
Holiday Inn	39.00	236,944	203	30,780.00	13,792	0.45

Tal como se muestra en los proyectos enumerados más arriba, resulta evidente que la eficiencia energética representa una oportunidad financiera muy atractiva además de contribuir al aspecto medio ambiental y operativo en los distintos sectores domiciliarios.

^{20/} Amory Lovins — Gurú energético fundador del Rocky Mountain Institute y catalogado por la revista TIME como una de las 100 personas más influyentes en el mundo en el año 2009.

^{21/ (}Mayo - Junio 2013). Revista Mercados & Tendencias. Edición No. 73.

^{22/} Proyecto PESIC (Proyecto de Eficiencia Energética en los Sectores Industrial y Comercial de Honduras) - Documentos - Auditorías Realizadas. http://www.pesic.org/5_1CE.html

¿Cuándo se Aplica?

En cualquier tipo de edificación, las medidas de eficiencia energética pueden aplicarse durante la etapa de diseño, construcción o una vez que esté siendo utilizada, mediante una renovación. Resulta sin embargo más conveniente planear e implementar todas las medidas de eficiencia energética durante la etapa de diseño ya que se puede realizar un análisis holístico, facilitando la incorporación de estas medidas al momento de la construcción de la edificación, maximizando los ahorros al considerar variables como la geo-referenciación de la vivienda (reduciendo las ganancias de calor por el sol), y la optimización de la generación de energía renovable in-situ logrando captar toda la energía disponible por la naturaleza en cualquier sitio específico (Ej. sol, viento) además que no se afecta la estética de la edificación. Tal cual se indicó con anterioridad, abordar el tema de la eficiencia energética desde la etapa de concepción de las edificaciones puede conducir a ahorros en el consumo de energía superior a un 50%.

Una vez que una edificación ya está siendo ocupada también puede ser sujeta a implementar medidas en eficiencia energética mediante un proceso de renovación y modernización logrando alcanzar ahorros entre el 20-30%²³. Un ejemplo interesante fue el proceso de renovación y modernización que se le realizó al edificio Empire State en la ciudad de Nueva York en el año 2009, en el cual, además de cambiar las ventanas por modelos más eficientes en términos de hermeticidad y manejo de la luz, el equipo de proyecto recomendó siete (7) medidas económicamente viables con un período de repago de la inversión de tres (3) años que condujo a una reducción del 38% en el uso de la energía. Las medidas realizadas también redujeron las necesidades de aire acondicionado (A/C) en un 33% y redujeron la demanda pico del edificio en 3.5 Megawatt, beneficiando tanto al edificio como a la empresa distribuidora (por manejo de la demanda en horas pico)²⁴.

Ilustración

Ejemplo del Edificio Empire State

¿Cómo se Implementa?

Si una edificación aún no ha sido construida y se está trabajando en la etapa de diseño de la misma, es en este momento cuando la planeación de medidas de eficiencia energética resulta la forma más sencilla de llevar a la práctica cualquier idea que tengamos para reducir nuestros consumos de energía una vez la edificación sea utilizada. Es durante esta etapa en la cual podemos lograr los mayores porcentajes de ahorro ya que es posible enfocarse en todos los centros de consumo de la edificación además de optimizar la ubicación de la edificación con el fin de reducir las ganancias de calor (ya que Honduras está ubicado en una zona tropical se busca reducir las ganancias de calor). Como podrá verse más adelante, la optimización de la ubicación de una edificación puede representar ahorros en el consumo de energía de 18% respecto al posicionamiento más desfavorable que la edificación pueda tener.

La implementación de estas medidas durante esta etapa deben realizarse centrándose en los centros de consumo: (a) la envolvente térmica del edificio (techo, paredes interiores y exteriores, aislamiento térmico, ventanas, pisos y puertas) y (b) las instalaciones consumidoras de energía tales como: aire acondicionado, agua caliente sanitaria, iluminación y

electrodomésticos. Igual importancia debe de brindarse a la incorporación de equipo de generación de energía renovable in-situ, el cual se complementa adecuadamente con las medidas de eficiencia energética. Se presentarán más adelante, algunas recomendaciones para la selección de los elementos presentes en los centros de consumo y el equipo de generación de energía renovable in-situ.

Una vez que la edificación haya sido diseñada (ya sea considerando o no medidas de eficiencia energética en sus centros de consumo) y se inicie la construcción del proyecto, también existe la posibilidad de realizar mejoras durante esta etapa, las cuales podrán venir a mejorar su consumo energético en una proporción intermedia entre un edificio nuevo (ahorros superiores al 50%) y un edificio que ya está siendo ocupado (ahorros entre 20-30%). Similar a

que si el proyecto estuviera en una etapa de diseño, la implementación de estas medidas deben realizarse centrándose en los centros de consumo detallados anteriormente.

Campañas Sociales

+60

ideas vetadas eneficiencia energética

8

Proyectos finales recomendados

8 meses

Proceso interactivo de diseño

US\$ 4.4M

Ahorros Anuales en energía

38%

Reducción del consumo de energía 25/ Cerna Vasquez, M. (2011). Designing an Energy Efficient Home in a Tropical Location. Manual and Computer-assisted Analysis for Tegucigalpa, Honduras. LAP LAMBERT Academic Publishing. Una vez que la edificación esté siendo utilizada por cualquiera de los sectores domiciliarios, la implementación de medidas de eficiencia energética debe ser presidida, idealmente, por una Auditoría Energética, la cual dependiendo de la cantidad de equipos consumidores y la complejidad de los mismos puede realizarse ya sea como un Diagnóstico Energético o como una Auditoría Energética Completa. Se presenta a continuación las actividades que conlleva cada uno de estos levantamientos, sus resultados, beneficios y desventajas:

Tabla 2: Tabla Comparativa entre un Diagnóstico Energético y una Auditoría Energética Completa²⁶

	Diagnóstico Energético	Auditoría Energética Completa
Actividades	Inspecciónvisual de las instalaciones	 Inventario de los equipos consumidores. Mediciones específicas.
Instalaciones Auditadas	■ Equipos principales	■ Todos los equipos consumidores
Resultados Esperados	 Oportunidades más obvias de ahorro en operación y mantenimiento de los equipo principales. Información para establecer la necesidad de realizar una auditoría energética completa 	 Tipo, tamaño, uso energético y rendimiento de los sistemas principales. Procedimientos apropiados de Operación y Mantenimiento para el ahorro energético. Recomendaciones para llevar a cabo medidas de ahorro energético.
Pros	■ Más barato y rápido	 Las medidas de ahorro son calculadas con mayor exactitud y cuantificadas en términos financieros.
Contras	 Identifica solamente las oportunidades de ahorro másevidentes. Los ahorros indicados son estimados. 	 Los ahorros identificados van más allá de las medidas obvias. Más caro y más lento.

De forma general, la elaboración de una Auditoría Energética consta de cinco fases:

Fase I Recopilación inicial de información: se determinan los consumos más importantes en la edificación.

Fase II Inventario/Mediciones: se calculan los consumos y el ahorro que supondrán las medidas propuestas.

Fase III Análisis de datos/Medidas de ahorro: Se interpretan las mediciones y se diseñan medidas de ahorro, realizando un balance energético que no es sino el determinar la estructura consumidora de la edificación, desglosándolo por tipo de combustible y fuente de energía.

Fase IV Redacción del informe: el mismo debe contener una descripción de las instalaciones, el balance energético, las medidas de ahorro y un apartado de conclusiones.

Fase V Revisión y control de calidad: se revisa el informe y se manda al cliente para sus observaciones, haciendo incluir sus comentarios para luego presentarlo al cliente de forma definitiva.

Una vez que se cuenta con los detalles de consumo y potenciales ahorros vinculados con la realización de las medidas de eficiencia energética identificadas, se procede a la implementación de las mismas ya sea de manera individual (Ej. Sustitución de luminarias en una edificación residencial) o con apoyo de un profesional o empresa especializada en el tema. La implementación de cada una de las medidas que surgen de la Auditoría Energética, presentarán las siguientes mejoras:

^{26/} Fuente: Programa de Especialización en Eficiencia Energética. CII-Greenpyme-NDF. Abril 2012.

Tabla 3: Clasificación de las Mejoras que puede dar la Aplicación de Medidas de Eficiencia Energética²⁷

Mejoras	Ambientales: A menores consumos menor impacto ambiental (reducción de emisiones principalmente)
	Económicas: A menores consumos menores gastos
	Energéticas: Mayor eficiencia energética

Se presenta a continuación un ejemplo de las medidas que se pueden implementar en cada uno de los centros de consumo:

Tabla 4: Ejemplos de Medidas de Eficiencia Energética en los Centros de Consumo²⁸

Sustitución de Equipo	 Calderas más eficientes. Cuando haya que cambiar los electrodomésticos, elegir los más eficientes. Lámparas de vapor de mercurio por vapor de sodio.
Dispositivos de Ahorro	 Instalar detectores de presencia, de luz natural. Instalar perlizadores en grifos (dispositivos ahorradores de agua que atomizan el agua por efecto del aire) Instalar regletas automáticas en los equipos ofimáticos.
Mejora de Instalaciones	Mejora del acristalamiento.Mejora en el mantenimiento de los equipo.
Cambio de Hábitos	 Regular adecuadamente los termostatos. Apagar equipos cuando no se estén usando, evitar stand-by.

Algunos ejemplos de medidas clasificadas por usos:

Tabla 5: Ejemplos de Medidas de Eficiencia Energética Clasificadas por Usoo²⁹

Climatización	 Sustitución de equipos por otros más eficientes. Variadores de velocidad en bombas. Mejora del aislamiento térmico.
Iluminación	 Sustitución de los balastos electromagnéticos de los fluorescentes. Detectores de presencia, de luz natural Lámparas más eficientes.
Agua Caliente Sanitaria ACS	 Instalación de dispositivos de ahorro como perlizadores, detectores de manos. Energía solar térmica para la producción de ACS.

^{27/} Fuente: Programa de Especialización en Eficiencia Energética. CII-Greenpyme-NDF. Abril 2012.

^{28/} Fuente: Programa de Especialización en Eficiencia Energética. CII-Greenpyme-NDF. Abril 2012.

^{29/} Fuente: Programa de Especialización en Eficiencia Energética. CII-Greenpyme-NDF. Abril 2012.

La Energía Renovable y la Eficiencia Energética

Considerando que el consumo energético mundial se basa en recursos fósiles no renovables (situación que puede extrapolarse a nuestro país), la eficiencia energética y la energía renovable se presentan como una salida a esta situación insostenible tanto económica como ambientalmente.

Mediante la eficiencia energética se pueden cumplir los requerimientos de energía en nuestro país, al reducir el consumo de energía de los usuarios, posibilitando con esto la reducción de pérdidas en el sistema de transmisión y distribución de la ENEE y la capacidad ociosa de plantas de generación de energía que trabajan solamente unas cuantas horas al día para suministrar las demandas pico del sistema (en Honduras se presentan al mediodía y en la hora de cena). Mediante la energía renovable se remplazan los combustibles fósiles y se aprovechan los propios recursos disponibles en el país.

El contar con una edificación que haya implementado medidas de eficiencia energética representa una excelente oportunidad para desarrollar proyectos de energía renovable en sus inmediaciones. Por ejemplo, una edificación que haya remplazado sus bombillos incandescentes de 60 Watts por bombillos LED de 8 Watts (una reducción del 87%), o que tome medidas que reduzcan la potencia del sistema de aire acondicionado (A/C) de 18,000 btu/h a 12,000 btu/h (una reducción del 33%), posibilitará que hayan sistemas de generación de energía renovable más compactos (tanto a nivel de su dimensión, potencia, equipo controlador de la energía, tamaño del banco de baterías, etc.), reduciendo con esto la inversión inicial de los sistemas, mejorando su eficiencia, factor de demanda³⁰y de carga³¹.

Un enfoque práctico muy positivo para lograr una mayor eficiencia en cuanto al uso de los recursos renovables en una edificación particular, es la utilización de sistemas híbridos tales como solar-eólico o solar-biomasa, logrando con esto reducir el tamaño de cada uno de los sistemas, reduciendo su factor de demanda y aumentando su factor de carga.

Tanto la energía renovable como la eficiencia energética contribuye en la lucha contra el Cambio Climático al mitigar (reducir) las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y en algunas ocasiones, a la adaptación, a través de acciones de conservación de recursos que podrán continuar proveyendo servicios ecosistémicos tales como la conservación del suelo y la biodiversidad, regulación del microclima y la captura de agua, que previene inundaciones, deslaves y sequias (Ej. Biomasa).

Cambio Climático — Huella de Carbono

El Cambio Climático es una realidad de nuestro mundo y de acuerdo a destacados científicos del mundo es una de las 3 grandes amenazas del siglo XXI junto con la seguridad energética y alimentaria. Tan sólo hace poco tiempo el Presidente de los EE.UU. describió el año 2012 como el año más caluroso de la historia — país que ha estado entre los más reacios a aceptar la realidad del Cambio Climático —. 9 de los 10 años más calurosos de la historia se han repetido desde el inicio de este siglo³². El Cambio Climático se origina a razón de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como dióxido de carbono (CO2) y metano (CH4) que proceden de una población, sistema o actividad definida, siendo esto lo que se define como Huella de Carbono³³.

El Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) estima que entre 1970 y 2004, las emisiones globales de gases de efecto invernadero debidas a las actividades humanas se elevaron en un 70 por ciento. Si bien las consecuencias del cambio climático no se entienden completamente, la evidencia científica sugiere que es un factor causal en el aumento del nivel del mar, el aumento de la ocurrencia de eventos meteorológicos severos, escasez de alimentos, cambio en los patrones de ciertas enfermedades, la escasez severa de agua y la pérdida de los bosques tropicales. La mayoría de los expertos coinciden en que en las próximas décadas, el mundo va a sufrir cambios potencialmente peligrosos en el clima, lo que tendrá un impacto significativo en casi todos los aspectos de nuestro medio ambiente, las economías de los países y sus sociedades.

Si bien, el sector de la construcción se ha vuelto el motor del crecimiento económico en la era moderna, proveyendo entre 5-10% del empleo en el mundo (muchos de ellos mano de obra no capacitada) y entre el 5-15% de su Producto Interno Bruto — en Honduras su contribución alcanza al 5.5%³⁴ de empleo de la población económicamente activa y 5% del

^{30/} Factor de demanda = Demanda máxima del sistema / Carga total conectada al sistema: Cuanto menor sea el factor de demanda, el sistema requiere menos capacidad para servir a la carga conectada.

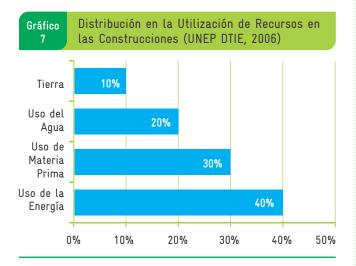
^{31/} Factor de carga = Carga promedio / Carga máxima durante un período de tiempo: Se utiliza para determinar el costo total por unidad generada. Entre mayor es el factor de carga, menor será el costo por unidad generada.

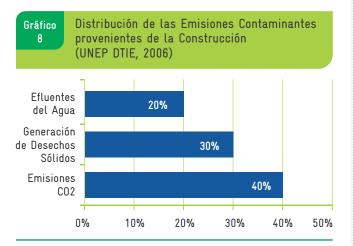
^{32/} http://www.elmundo.es/elmundo/2013/01/16/natura/1358339688.html

^{33/} Williams I., Kemp S., Coello J., Turner D.A., Wright L.A.(Febrero 2012) A beginner's guide to carbon foot printing. Carbon Management. Vol. 3, No. 1.

^{34/} Instituto Nacional de Estadísticas (INE) — Series de Empleo por rama de actividad y ocupación 2001 — 2011

Producto Interno Bruto -, se estima que este sector contribuye hasta con un 30% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) globales en forma anual y consume hasta un 40% de toda la energía. Dado el crecimiento masivo de nuevas construcciones en economías en desarrollo y las ineficiencias de los edificios existentes en todo el mundo, si no se hace nada, las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los edificios será más del doble en los próximos 20 años³⁵.





Se presenta a continuación algunas proyecciones de temperatura y precipitación para América Central influenciadas por el efecto del Cambio Climático:

Tabla 6: Proyecciones de Temperatura y Precipitación para Centroamérica³⁶

Cambios en temperatura (°C) América Central				
Temporada	2020 2050 2080			
Seca	+0.4 a +1.1	+1.0 a +3.0	+1.0 a +5.0	
Húmeda	+0.5 a +1.7	+1.0 a +4.0	+1.3 a +6.6	

Cambio en precipitación en (%) América Central				
Temporada	2020 2050		2080	
Seca	-7 a +7	-12 a +5	-20 a +8	
Húmeda	-10 a +4	-15 a +3	-30 a +5	

Afortunadamente, y tal cual se expresa en diversos estudios sobre el tema, el sector de la construcción tiene el mayor potencial para ofrecer reducciones significativas y rentables de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) razón por la cual, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), recomendó en la conferencia del clima COP15 realizada en Copenhague en el año 2009, el incluir los programas de eficiencia energética y reducción de emisiones del sector de la construcción como Acciones Nacionales Apropiadas de Mitigación (NAMAs por sus siglas en inglés)37.

UNEP-SBCI. (2009). Buildings and Climate Change - Summary for Decision Makers.

^{36/} Cuarto Informe del IPCC. (2007). Basada en el trabajo de Ruosteenoja et al 2003.

NAMAs se refiere a un conjunto de políticas y acciones que emprenden los países como parte de un compromiso para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El término reconoce que cada país puede adoptar diferentes medidas apropiadas a nivel nacional sobre la base de la equidad y de conformidad con las responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades. También hace hincapié en la asistencia financiera de los países desarrollados a los países en desarrollo para reducir las emisiones.

GENERACIÓN DE ENERGÍA IN SITU

La generación de energía in-situ se refiere a la generación de energía en el punto de consumo (edificaciones por efectos de alcance de este manual). La generación de energía en el punto de consumo en lugar de centralizar la generación de energía en un punto específico, generalmente distante, elimina el costo, la complejidad y la interdependencia e ineficiencias asociadas con la trasmisión y distribución de energía (eléctrica en el caso de Honduras o térmica donde haya servicios conectados a través de tuberías). La generación in-situ mediante recursos renovables, le otorga poder al consumidor, le posibilita hacer uso de los recursos que tiene a su disposición y le da una herramienta para contribuir al desarrollo sostenible del planeta además que le puede abaratar su factura de consumo de energía.

De manera general, las fuentes de energía renovables disponibles en Honduras para aplicaciones In-situ en edificaciones, son:

 Energía solar térmica: consiste en el aprovechamiento de la energía procedente del sol para transferirla a un medio portador de calor, generalmente agua o aire. Puede aplicarse eficientemente a suplir demandas de energía tales como: producción de agua caliente sanitaria (ACS) para el sector doméstico y de servicios, generar calor en procesos industriales, aire acondicionado (A/C) o calefacción y generación de energía eléctrica (proyectos multi-megavatios).

El costo de inversión de una instalación solar térmica con una dimensión de 2.0 m² y potencia específica de 1,000 Watt_térmico/m² para producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS), asciende a una suma de US\$ 1,200³8. Considerando que la energía que producirá el sistema — con una disponibilidad del 95% — por un período 20 años asciende a un total de 36,000 kWh³³, se obtienen los siguientes indicadores financieros⁴0:

Tabla 7: Indicadores Financieros para una Inversión Solar Térmica para ACS

Sector domiciliario	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Valor Presente Neto (VPN)
Residencial	15.95%	US\$ 613.30
Comercial	17.91%	US\$ 833.78
Industrial	7.69%	-US\$ 112.50

^{*} Se pueden considerar costos de inversión e indicadores de rentabilidad similares a los presentados anteriormente en sistemas solares térmicos con fines de producción de calor.

El costo de inversión de una instalación solar térmica para fines de suministro de aire acondicionado para una vivienda entre 100-200 m² es el siguiente:

Costo:	6 kW x US\$ 4,550 ⁴¹ = US\$ 27,300.00
Generación:	12,000 kWh/año
Mantenimiento y Operación:	10% de la generación

Considerando que la energía que producirá el sistema — con una disponibilidad del 95% — por un período 20 años asciende a un total de 240,000 kWh⁴², se obtienen los siguientes indicadores financieros⁴³:

Tabla 8: Indicadores Financieros para una Inversión Solar Térmica para A/C

Sector domiciliario	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Valor Presente Neto (VPN)
Residencial	0.77%	-US\$ 6,648.84
Comercial	1.80%	-US\$ 6,322.43
Industrial	-3.82%	-US\$ 7,856.57

2. Energía solar fotovoltaica: La energía solar fotovoltaica se basa en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica por medio de módulos fotovoltaicos. Esto se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. El material base para su fabricación suele ser el silicio. Cuando la luz del sol (fotones) incide en una de las caras de la célula genera una corriente eléctrica que suele utilizar como fuente de energía. Considerando condicionantes de eficiencia y buenas prácticas de diseño, puede aplicarse para suplir las necesidades de energía eléctrica en cualquier proceso que lo requiera.

- 38/ Fuente: propia
- 39/ Asumiendo una eficiencia del sistema igual a 50%
- 40/ Considerando las siguientes tarifas de la ENEE: Res (US\$ 0.17/kWh), Comercial (US\$0.19/kWh), Industrial (US\$ 0.096/kWh).
- 41/ Renewables Academy RENAC. (2012). Train the Trainer Seminar on Solar Thermal Energy.
- 42/ Asumiendo una eficiencia del sistema igual a 68%
- 43/ Considerando las siguientes tarifas de la ENEE: Residencial (US\$ 0.17/kWh), Comercial (US\$0.19/kWh), Industrial (US\$ 0.096/kWh).

Para satisfacer una demanda promedio de 350 kWh/mes (casa de clase media en Tegucigalpa con 4 ocupantes) es preciso la instalación de un sistema solar fotovoltaico de 3,000 Watts con todos sus accesorios. El costo estimado del sistema rondaría los US\$ 4,500/kilowatt instalado⁴⁴. Considerando que la energía que producirá el sistema — con una disponibilidad del 95% — por un período 20 años asciende a un total de 108,000 kWh⁴⁵, se obtienen los siguientes indicadores financieros⁴⁶:

Tabla 9: Indicadores Financieros para una Inversión Solar Fotovoltaica Aislada

Sector domiciliario	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Valor Presente Neto (VPN)
Residencial	0.78%	-US\$ 2,987.74
Comercial	1.81%	-US\$ 2,840.86
Industrial	-3.81%	-US\$ 3,531.22

^{*} Esta modelación financiera puede extrapolarse para sistemas con mayor capacidad para suministrar energía eléctrica a sectores domiciliarios comerciales e industriales.

Si este sistema estaría conectado a la red, se estima una reducción del costo por kilowatt instalado del 40% a razón de que no es necesario el uso de baterías para almacenar la energía, por lo que se obtendrían los siguientes indicadores financieros:

Tabla 10: Indicadores Financieros para una Inversión Solar Fotovoltaica conectada a la Red

Sector domiciliario	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Valor Presente Neto (VPN)
Residencial	5.98%	-US\$ 1,133.79
Comercial	7.28%	-US\$ 810.11
Industrial	-0.24%	-US\$ 1,836.71

^{*} Esta modelación financiera puede extrapolarse para sistemas con mayor capacidad para suministrar energía eléctrica a sectores domiciliarios comerciales e industriales.

3. Energía hidroeléctrica: se obtiene energía por la conversión del movimiento del agua a energía eléctrica con ayuda de un generador. Se concibe energía eléctrica con alta eficiencia en la transformación del recurso pero su utilización se limita en lugares donde existan fuentes de aqua, generalmente en medios rurales.

El costo de inversión de una pequeña instalación hidroeléctrica con una potencia específica de 4,000 Watt para producción de energía eléctrica, asciende a una suma de US\$ 6,000⁴⁷. Considerando que la energía que producirá el sistema — con una disponibilidad del 95% — por un período 20 años asciende a un total de 280,320 kWh⁴⁸, se obtienen los siguientes indicadores financieros⁴⁹:

Tabla 11: Indicadores Financieros para una Inversión Hidroeléctrica

Sector domiciliario	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Valor Presente Neto (VPN)
Residencial	24.62%	US\$ 8,288.93
Comercial	27.21%	US\$ 10,005.72
Industrial	13.85%	US\$ 1,936.77

- * Esta modelación financiera puede extrapolarse para sistemas con mayor capacidad para suministrar energía eléctrica a sectores domiciliarios con mayor requerimiento.
- 4. Energía eólica: se obtiene energía eléctrica por la conversión del movimiento del viento a energía eléctrica con ayuda de un generador. Se concibe energía eléctrica con una eficiencia de aproximadamente la mitad respecto a la energía hidroeléctrica. Su aplicación en edificaciones es más bien en pequeña escala (minieólica) y su utilización puede generalizarse en medios rurales y urbanos con resultados variados por efectos de la disponibilidad del recurso o presencia de objetos que interfieren con el mismo, afectando con esto la generación de energía eléctrica.

De existir el recurso, se puede instalar un sistema minieólico con una potencia de 1,000 Watts que complemente los requerimientos de energía de una edificación. El costo estimado del sistema rondaría los US\$ 4,500/kilowatt instalado⁵⁰. Considerando que la energía que producirá el sistema — con una disponibilidad del 95% — por un período 20 años asciende a un total de 32,832 kWh⁵¹, se obtienen los siguientes indicadores financieros⁵²:

^{44/} Fuente: propia

^{45/} Asumiendo 5 horas de sol a plena carga por día

^{46/} Considerando las siguientes tarifas de la ENEE: Res (US\$ 0.17/kWh), Comer (US\$0.19/kWh), Ind. (US\$ 0.096/kWh).

^{47/} Fuente: propia

^{48/} Asumiendo una eficiencia del sistema igual a 80%

^{49/} Considerando las siguientes tarifas de la ENEE: Residencial (US\$ 0.17/kWh), Comercial (US\$0.19/kWh), Industrial (US\$ 0.096/kWh).

^{50/} Fuente: propia

^{51/} Asumiendo que en promedio, 20% al año el equipo trabajaría a plena carga.

^{52/} Considerando las siguientes tarifas de la ENEE: Residencial (US\$ 0.17/kWh), Comercial (US\$0.19/kWh), Industrial (US\$ 0.096/kWh).

Tabla 12: Indicadores Financieros para una Inversión Eólica Aislada

Sector domiciliario	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Valor Presente Neto (VPN)
Residencial	-0.03%	-US\$ 1,032.54
Comercial	0.96%	-US\$ 987.88
Industrial	-4.46%	-US\$ 1,197.75

^{*} Esta modelación financiera puede extrapolarse para sistemas con mayor capacidad para suministrar energía eléctrica a sectores domiciliarios con mayor requerimiento.

Si este sistema estaría conectado a la red, se estima una reducción del costo por kilowatt instalado del 40%, por lo que se obtendrían los siguientes indicadores financieros:

Tabla 13: Indicadores Financieros para una Inversión Eólica conectado a la Red

Sector domiciliario	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Valor Presente Neto (VPN)
Residencial	4.95%	-US\$ 444.15
Comercial	6.20%	-US\$ 361.65
Industrial	0.55%	-US\$ 632.92

^{*} Esta modelación financiera puede extrapolarse para sistemas con mayor capacidad para suministrar energía eléctrica a sectores domiciliarios con mayor requerimiento.

En otros países más desarrollados se pueden encontrar sistemas de generación de energía a través de recursos geotérmicos, los cuales aprovechan el calor del subsuelo para proporcionar energía, bioenergía que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, etc.), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros), y pilas de combustible que crean electricidad a partir de un proceso electroquímico.

CONDICIONES GEOGRÁFICAS Y CLIMÁTICAS PARA HONDURAS

Honduras forma parte del istmo de Centroamérica ubicándose al norte del mismo, ocupando el segundo lugar en extensión territorial. De acuerdo a la forma de su superficie terrestre, el territorio hondureño está dividido en tres zonas: Planicie Costera del Norte, Planicie Costera del Sur, y Región Montañosa⁵³.

La topografía de Honduras es sumamente montañosa y accidentada, con fuertes pendientes y suelos poco profundos y recientes. La cordillera Centroamericana que atraviesa el país de noroeste a sureste, lo divide en dos grandes regiones la oriental y la occidental, con alturas que sobrepasan los 2,000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Entre los ramales de la cordillera se encuentran fértiles valles y sabanas donde habita gran parte de la población⁵⁴.



Honduras se encuentra localizada entre las latitudes 14° a 16° al norte del ecuador, por su ubicación en el hemisferio está en la zona de clima cálido con un sub clima tropical, el cual es cálido y húmedo en las costas con una temperatura media 31°C, y más templado en la zona montañosa. Se distinguen dos estaciones: una lluviosa de junio a octubre y una seca de noviembre a mayo⁵⁵.

El país está situado entre el trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio, ligeramente por encima del ecuador. La precipitación promedio anual a lo largo del todo el país es de 1,976.00 mm/año⁵⁶.



Para los efectos prácticos de este manual escogeremos la localización de la ciudad de Tegucigalpa la cual presenta las siguientes condiciones climáticas medias:

Tabla 14: Valores Promedio Anuales del Clima para la Ciudad de Tegucigalpa⁵⁷

Características del Clima en Tegucigalpa	Valores Promedio
Temperatura del Bulbo Húmedo	17.9 °C
Temperatura Exterior	21.9 °C
Presión de Vapor	18.2 HPa
Punto de Rocío	15.9 °C
Nubosidad	5.0 Octas
Humedad Relativa	72.0 %
Dirección del Viento 360° Norte	287.0 NW
Máxima Velocidad del Viento	12.6 m/s
Número de Horas de Sol / Mes	209

^{53/} http://www.siagua.org/pais/honduras

^{54/} http://www.fao.org/docrep/007/ac768s/ac768s02.htm

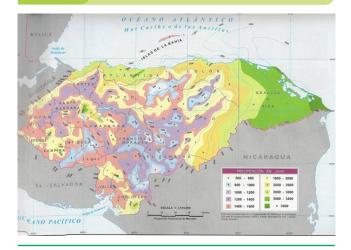
^{55/} http://www.fao.org/docrep/007/ac768s/ac768s02.htm

^{56/} http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.PRCP.MM?disp

^{7/} Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Ilustración 6

Mapa de Precipitaciones de Honduras



Tegucigalpa se encuentra en las tierras altas del interior, con una altura de casi 1,000 metros sobre el nivel del mar y una precipitación media anual de 900 mm.

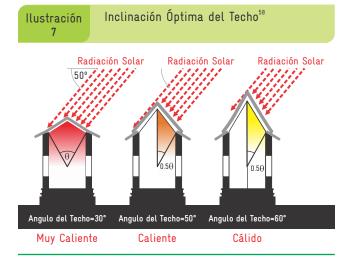
Su población ronda los 1.5 millones de habitantes y aumenta en alrededor de 45,000 habitantes por año. Por el efecto de esta urbanización, se han incrementado los niveles de deforestación en las afueras de la ciudad y se han reducido los espacios verdes en la zona urbana. Por esta razón, además de un aumento en las construcciones y el parque vehicular en la ciudad, el microclima de la ciudad se ha visto afectado, incidiendo en la necesidad de recurrir cada vez más frecuentemente al aire acondicionado (A/C) - tendencia presente en los países tropicales en los cuales una gran parte de la demanda de energía se debe a estos equipos -. Adicionalmente y analizando de manera más amplia las condiciones climáticas de esta ciudad, hay que tener presente que de acuerdo a expertos del clima, se espera que la temperatura media aumente hasta el año 2080 entre 1-6 °C (Ver Tabla # 6).

EL AMBIENTE, LA EDIFICACIÓN Y SU SISTEMA CONSTRUCTIVO

Tal cual se mostró en la sección de Cambio Climático y Huella de Carbono, las edificaciones tienen un impacto en el medio ambiente, mayoritariamente durante su etapa de operación. La interacción con su entorno va en función de:

- Sus características constructivas (geometría, envolvente).
- Utilización de la energía en función de la tipología de los equipos consumidores de energía y patrones de uso por parte de los usuarios.
- Equipos eléctricos presentes en la edificación.
- Condiciones de ocupación de la edificación.
- Condiciones climatológicas en su hábitat y posición respecto al sol.

La ilustración # 7 muestra la forma geométrica óptima del techo en una edificación localizada en una ubicación tropical:



Para lograr una edificación con las mejores características de sostenibilidad y bajos niveles de consumo de energía⁵⁹, es preciso realizar una planeación integrada de la edificación, que se define como la integración de diferentes campos de la Ingeniería y Arquitectura. Esta integración se ha visto facilitada en años recientes por la generalización de las herramientas informáticas en el mundo y el aumento de su rendimiento para realizar modelaciones a través de distintos escenarios que muestren la mejor combinación de opciones en términos de ahorro y rentabilidad de la inversión.

Diseñar una edificación en Honduras, debe de tomar en consideración los conceptos mencionados anteriormente. Una buena planeación de la edificación, maximiza los ahorros del consumo de energía eléctrica, agua caliente sanitaria (ACS) y muy importante, reduce el consumo de aire acondicionado (A/C), que representa la mayor porción del consumo de energía en edificaciones (especialmente en las zonas bajas del país como San Pedro Sula y Choluteca).

Confort Térmico

El confort térmico puede definirse como la ausencia de malestar que tiene una persona ya que se siente ni tan caliente ni tan helado, en un entorno particular. Esta sensación se produce cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimientos del aire son favorables a la actividad que desarrollan. Este confort térmico está directamente relacionado con el balance térmico del cuerpo humano. Lograr el confort térmico es uno de los principales objetivos al diseñar una edificación eficientemente energética ya sea en climas tropicales o templados.

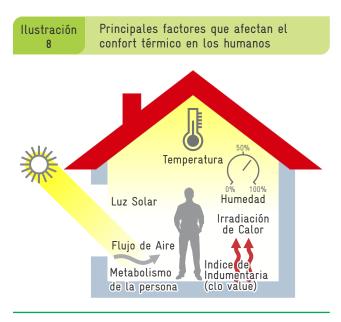
El confort térmico se mantiene cuando el calor generado por el metabolismo humano se puede disipar en el ambiente para mantener el equilibrio térmico del entorno. Cualquier ganancia o pérdida de calor más allá de esto genera una sensación de incomodidad. El balance global de pérdidas y ganancias de calor debe ser nulo, conservando de esta forma nuestra temperatura normal, es decir cuando se alcanza el equilibrio térmico.

El confort térmico depende de una serie de variables ya sean relacionadas al individuo (actividad que desarrolla, ropa, etc.) y al medio ambiente que lo rodea (temperatura, humedad y velocidad del aire) o bien a los cerramientos exteriores. En la ilustración # 8 se presenta las variables que afectan el confort térmico en los humanos.

^{58/} Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA). (2006). Eco-house guidelines for tropical regions.

^{59/} Una forma común de presentar los patrones de consumo en edificaciones es en kWh/m²

Las consecuencias de un confort térmico pobre conllevan a una reducción del desempeño físico y mental así como problemas físicos tales como deshidratación y dificultad para respirar (pudiendo empeorarse si se presentan condiciones extremas).



Envolvente de la Edificación

Es la piel del edificio que brinda estética por fuera y, confort y ahorro por dentro. Su selección implica decidir sobre materiales aislantes térmicos y acústicos así como los diferentes elementos que componen la fachada en una edificación. Esta piel tiene una incidencia directa en el consumo de energía y el aumento del confort en los ocupantes de una edificación particular.

Si la vida útil de un edificio es de 50 años (cifra manejada habitualmente), los equipos se tienen que renovar mucho antes y, en todo caso, su rendimiento depende de que tengan los mantenimientos adecuados. Todo esto implica costos adicionales diferidos, mientras que una envolvente bien construida, bien aislada, está "hecha para siempre".

Se presenta en el gráfico # 9 y tabla # 15 una lista de materiales utilizados comúnmente en el sector de la construcción indicando el rango de sus valores de Conductividad Térmica (k=W/m K). Para Honduras resulta recomendable seleccionar materiales con una baja conductividad térmica, baja densidad (p) (lo que posibilita que se deposite aire al interior de los poros de estos materiales), así como una alta Resistencia Térmica (R=m²·K/W).



Respecto al color de los materiales de la envolvente, es preferible la utilización de materiales claros ya que el factor de emisividad se reduce (α = 0.2 para una superficie blanca y α = 0.9 para una superficie negra) y el mismo tiene un efecto directo y lineal respecto a las ganancias de calor.

Respecto a la selección de ventanas se debe procurar la selección de ventanas con un valor de transmitancia térmica baja (conocido como valor "U" el cual es inversamente proporcional a la Resistividad Térmica) y con un valor bajo del coeficiente de sombra para reducir las ganancias de calor que pasan por la(s) ventana(s). El coeficiente de sombra de la ventana varía entre 0-1. Entre menor es este valor, menor es la cantidad de luz que la ventana deja pasar, teniendo un efecto directo y lineal respecto a las ganancias de calor.

Respecto al color de los materiales de la envolvente, es preferible la utilización de materiales claros ya que el factor de emisividad se reduce (α = 0.2 para una superficie blanca y α = 0.9 para una superficie negra) y el mismo tiene un efecto directo y lineal respecto a las ganancias de calor.

Tabla 15: Propiedades Termo físicas de Materiales de Construcción Estructurales

	Propiedades Típicas a 300 K		
Descripción / Composición	Densidad (ρ) kg/m²	Conductividad Térmica (k) W/ m °C	Calor Específico (C _E) J/kg °C
Paneles de Construcción:			
Asbestos-Placa de Cemento	1,920	0.58	-
Yeso o Placa de Yeso	800	0.17	-
Plywood	545	0.12	1,215
Revestimiento, densidad normal	290	0.055	1,300
Azulejo Acústico	290	0.058	1,340
Revestimiento madera prensada	640	0.094	1,170
Madera prensada, alta densidad	1,010	0.15	1,380
Tableros de partículas, baja densidad	590	0.078	1,300
Tableros de partículas, alta densidad	1,000	0.170	1,300
Madera			
Maderas Duras (roble, arce)	720	0.16	1,255
Maderas Suaves (abeto, pino)	510	0.12	1,380
Materiales de Albañilería:			
Mortero de Cemento	1,860	0.72	780
Ladrillo común	1,920	0.72	835
Ladrillo, cara	2,083	1.30	-
Teja de barro hueca	·		
Una célula de profundidad, 10 cm de gruesa	-	0.52	-
Tres células de profundidad, 30 cm de gruesa	-	0.69	-
Bloque de concreto, 3 agujeros ovalados			
Arena/grava, 20 cm de espesor	-	1.00	-
Ceniza como agregado, 20 cm espesor	-	0.67	-
Bloque de Concreto, agujeros rectangular			
Dos agujeros, 20 cm de espesor, 16 kg	-	1.1	-
El mismo pero con los agujeros rellenos	-	0.60	-
Recubrimientos con Yeso			
Cemento de yeso, agregado de arena	1,860	0.72	-
Yeso, agregado de arena	1,860	0.22	1,085
Yeso, agregado de vermiculita	720	0.25	· -

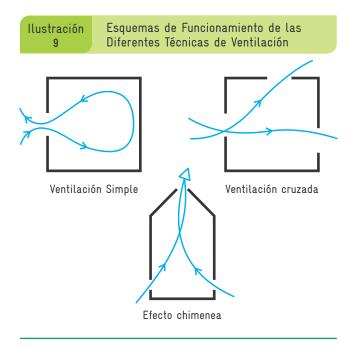
Respecto a la selección de ventanas se debe procurar la selección de ventanas con un valor de transmitancia térmica baja (conocido como valor "U" el cual es inversamente proporcional a la Resistividad Térmica) y con un valor bajo del coeficiente de sombra para reducir las ganancias de calor que pasan por la(s) ventana(s). El coeficiente de sombra de la ventana varía entre 0-1. Entre menor es este valor, menor es la cantidad de luz que la ventana deja pasar, teniendo un efecto directo y lineal respecto a las ganancias de calor.

Condicionantes Externos

Ventilación Natural: la ventilación natural es una característica de eficiencia energética en una edificación por lo cual siempre debemos de procurarla. La ventilación es fundamental para conseguir confort térmico en condiciones de verano. Además, es una forma natural y gratuita de conseguir refrigeración de las condiciones interiores. Por otro lado la sensación de confort térmico, en condiciones de calor, es mejor cuando el aire se mueve. La combinación adecuada del aislamiento con la inercia térmica⁶¹ permite desfases de la onda térmica en el interior del edificio, de modo que con un mínimo (o ningún) empleo de energía convencional se alcancen los niveles de confort térmico tanto durante el invierno como el verano.

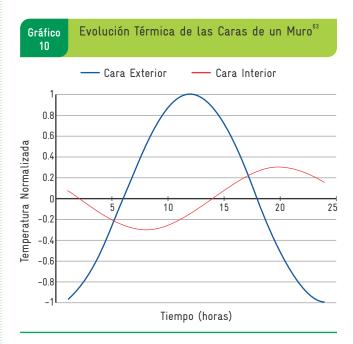
^{61/} La inercia térmica se refiere a la habilidad de un material de conducir y almacenar calor I = $(k\cdot \rho \cdot c)^{1/2}$; donde k = conductividad térmica $(k=W/m^{\circ}C)$, ρ = densidad (Kg/m^{3}) y c = capacidad calorífica $(J/Kg^{\circ}C)$.

La ilustración # 9 muestra los esquemas de funcionamiento de las diferentes técnicas de ventilación y el gráfico # 10 muestra la evolución térmica de las caras de un muro.



- La ventilación simple se produce cuando existe una sola abertura (o varias pero en la misma orientación). Es muy poco efectiva, salvo que la dirección del viento sea perpendicular al plano de la abertura.
- La ventilación cruzada se produce cuando dos o más aberturas están situadas en planos diferentes. Es muy efectiva, produce muchas renovaciones de aire, y no depende tanto de la incidencia del viento como el simple hecho de colocar las aberturas en el lugar indicado para tener efectos considerables. Únicamente sería poco efectiva en el caso de que las aberturas fuesen paralelas (es decir estuviesen en fachadas opuestas y coincidiendo las aberturas el mismo eje), y la dirección del viento fuese paralela a los planos de la fachada.
- El efecto chimenea es muy efectivo cuando se acompaña de una solución de atrio en un patio interior. La estratificación de la temperatura del aire hace que se produzca una succión desde la parte superior del atrio, de tal modo que provoca una corriente de aire cruzada en el interior del edificio.

En cuanto a la ventilación nocturna, emplea las mismas técnicas que las tres precedentes, salvo que esta se efectúa durante la noche para aprovechar el salto térmico entre el interior y el exterior. Esta técnica se emplea más que para proporcionar confort, para refrigerar la estructura del edificio con el fin estar en condiciones de almacenar la energía solar recibida durante el día sin aumentar la temperatura del aire y las paredes⁶².



La Energía Solar (uso pasivo): la utilización de la energía solar en su forma natural es lo que se conoce como de "uso pasivo". La optimización de esta energía en países de clima frío, lleva a la reducción principalmente del consumo de energía para fines de calefacción (aunque también presenta efectos positivos para la iluminación artificial). Viviendas que están diseñadas bajo este concepto, califican bajo la denominación de "casa pasiva"⁶⁴, las cuales presentan ahorros en cuanto al consumo total de energía hasta de un 90% comparado con consumos típicos que se presentan en viviendas ya construidas (este concepto surgió en Alemania por lo que el punto de referencia para esta comparación se basa en viviendas localizadas en Europa Central).

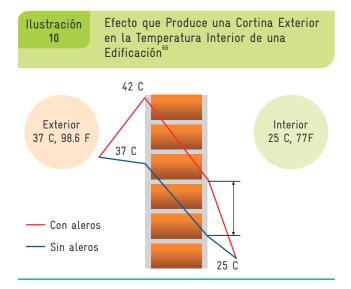
Para países con clima tropical en los cuales la mayoría del consumo de energía proviene del uso del aire acondicionado, la utilización pasiva de la energía solar debe optimizarse para lograr la reducción de la iluminación artificial, obteniendo una reducción de la cantidad de bombillos de luz, los cuales aumentan el calor dentro de la edificación.

^{62/} Red de ciudades y pueblos sostenibles de Castilla La Mancha. (2004). Guía de Buenas Prácticas de Eficiencia Energética en Edificación.

^{63/} Red de ciudades y pueblos sostenibles de Castilla La Mancha. (2004). Guía de Buenas Prácticas de Eficiencia Energética en Edificación.

^{64/} Passivhaus Institut. http://www.passiv.de/

Consideraciones minuciosas deben de realizarse para controlar las ganancias de calor en la edificación para evitar de esta forma, el uso excesivo del aire acondicionado. Para lograr esto, es recomendable seleccionar la orientación óptima de la estructura con respecto al azimut, diseñar zonas que provean un amortiguamiento al calor exterior como corredores o la construcción de pequeños estanques de agua ya que esta tiene alrededor de cuatro veces la capacidad calorífica del aire⁶⁵, así como valerse de dispositivos como persianas (exteriores más recomendables que las interiores) en puertas y ventanas. Se muestra a continuación el efecto que produce una persiana exterior en la temperatura interior de una edificación en una ubicación tropical:



Instalaciones Técnicas

Energía Solar (uso activo)

La utilización de la energía solar es viable en cualquier tipo de edificación. Utilizando esta energía se contribuye al desarrollo sostenible al utilizar una forma de energía ambientalmente responsable, desplazando energía de la red de distribución de la ENEE que se generan mayoritariamente con recursos fósiles y, en ciertas ocasiones con un excelente retorno financiero (tal cual puede evidenciarse en la sección dedicada a la generación de energía in-situ).

Para la selección de la forma de energía solar a utilizar, debemos conocer la demanda de energía que tiene la edificación. De requerir potencia para motores eléctricos y equipo de iluminación, se requiere la utilización de energía solar fotovoltaica para generar electricidad; de requerir energía para calentamiento de agua, calor para procesos industriales e inclusive aire acondicionado, es mediante un

proceso de generación de energía térmica, la forma más conveniente de suministrar esta energía.

Ventilación Mecánica

La estabilidad entre las pérdidas y ganancias de energía conducen a una edificación eficientemente energética. Por esta razón, las edificaciones con buenos desempeños en cuanto al uso de la energía, poseen un alto grado de hermeticidad que puede afectar la salud y el confort de sus ocupantes.

Esta situación obliga a la utilización de equipo de ventilación mecánica que asista la ventilación natural para ayudar a circular el aire, evitar el sobrecalentamiento y mala ventilación, así como aumentar la sensación de confort por el hecho de que el aire está en movimiento. Si la temperatura exterior supera los 22 °C la ventilación mecánica es útil o incluso necesaria para evitar altas temperaturas ambientales en el interior⁶⁷.

Regulaciones relacionadas con el rendimiento energético de edificaciones, incluyen directivas específicas relacionadas con la ventilación mecánica por lo que su utilización debe de ser exigida en las edificaciones nacionales.

Energía para Aire Acondicionado (A/C)

Existe un consenso general que en edificaciones localizadas en climas tropicales se requiere el uso de aire acondicionado cuando la temperatura excede los 25 °C y la humedad relativa el 65%. El aire acondicionado (A/C) se utiliza para refrescar ambientes particulares cuando las temperaturas exteriores son muy altas.

Para diseñar estos equipos, se deben de realizar los siquientes cálculos⁶⁸:

- Cálculo de las demandas pico por aire acondicionado.
- Especificaciones del equipo y configuración del sistema.
- Cálculos sobre el rendimiento anual del equipo.
- Cálculo de costos.

^{65/} Capacidad calorífica es la cantidad de energía necesaria que se requiere para cambiar la temperatura de un cuerpo u objeto en un valor dado. La unidad en el Sistema Internacional es Joule/Grado Kelvin (J/K). Indica la mayor o menor dificultad que presenta dicho cuerpo para experimentar cambios de temperatura bajo el suministro de calor.

^{66/} Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA). (2006). Eco-house guidelines for tropical regions.

^{67/} Daniels K. Advanced Building Systems. A technical guide for Architects and Engineers.

^{68/} Kreider J., Curtiss P. y Rabl A. Heating and cooling for buildings. Design for efficiency.

El balance energético presentado en este Manual ayuda a estimar las necesidades energía vinculadas a un equipo de aire acondicionado en un período de tiempo específico. La demanda pico, sin embargo, debe de considerar condiciones extremas de calor y el cumplimiento de esta demanda depende de un análisis específico, considerando probabilidades de ocurrencia de estas temperaturas así como factores de ocupación en la edificación bajo análisis.

Su uso debe de realizarse con moderación ya que su consumo de energía es alto (potencias superiores a los 1,000 watts) y enmarcado en buenas prácticas de operación y mantenimiento (su consumo de energía desciende un 8% por cada grado de temperatura menos que opere).

Sistema de Gestión Energética de los Edificios

El avance de la tecnología en cuanto al monitoreo y control de volúmenes de datos relacionados con edificaciones ha abierto la puerta a la gestión energética de los edificios. La misma se define como la utilización de programas informáticos, equipo y servicios específicamente relacionados con el seguimiento inteligente, gestión y control de la energía, así como la mejora de la eficiencia de las operaciones de un edificio.

Esta gestión involucra la automatización, el monitoreo y el control de edificaciones de los equipos consumidores de energía relacionados con la ventilación y aire acondicionado (A/C), termostatos, iluminación y medidores de consumo complementarios, entre algunas medidas. Se muestra a continuación una lista de equipos que se utilizan para la gestión energética en edificaciones de cualquier uso domiciliario:

Ilustración 11 Lista de Equipos que se utilizan para la Gestión Energética en Edificaciones⁷⁰

μEMS (Micro Energy Management System) para el seguimiento y control de redes Medidor Inteligente



En pantallas de origen



SCiB[™]
Nuevas
baterías
recargables





MDMS

(Meter Data Management System) Sistema de Gestión de Datos de Medición

Sistema de Generación de Energía Solar



Iluminación LED



BEMS

(Building and Energy Management System) Sistema de Gestión de la Construcción y Energía Pilas de Combustible (cogeneradores)

^{69/} Fuente: Navigant Research

^{70/} http://www.toshiba-tds.com/tandd/technologies/smartgrid/en/bems.htm

CÁLCULO DEL BALANCE ENERGÉTICO PARA UNA EDIFICACIÓN

Llamamos balance energético o térmico a una serie de cálculos donde se consideran las ganancias y pérdidas de calor en una edificación. Este balance energético tiene por objeto mantener el ambiente interior de la edificación en condiciones diferentes a las del exterior o en condiciones que brinden confort a los usuarios del mismo. Estas condiciones básicamente son temperatura y humedad.

Para lograr estas condiciones de confort en la vivienda se deben considerar en el diseño las siguientes medidas de eficiencia energética:

- Orientación de la edificación con el objeto de minimizar las ganancias de calor provenientes del sol y también maximizar la luz solar.
- Diseño de las ventanas para evitar ganancias de calor no deseadas y también para maximizar la luz del día.
- Sombreado exterior para ayudar a reducir las ganancias de calor provenientes de las ventanas.
- Selección de los materiales que formaran parte de la envolvente térmica del edificio.
- Forma de la edificación considerando las condiciones locales del clima.
- Adicionar alternativas de generación de energía en el sitio con fuentes renovables.
- Selección de iluminación artificial para la edificación.

Con el cálculo de las ganancias y pérdidas de calor se puede determinar mediante un análisis básico la demanda de aire acondicionado que tendrá la edificación en la ciudad de Tegucigalpa. Cabe mencionar que esta demanda de A/C puede aumentar o disminuir en función de las medidas específicas que se tomen en su desarrollo.

Base de Datos

La base de datos climatológicos y tecnológicos para para llevar a cabo un correcto análisis de la edificación en estudio es limitada. Solo un pequeño número de instituciones nacionales y extranjeras proveen los datos necesarios. Entre ellas tenemos:

- Proyecto Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA): el programa Solar and Wind Energy Resource Assessment ha completado una descripción anual y mensual de las irradiaciones solares directa normal, horizontal global y con un grado de inclinación similar a la latitud.
- Servicio Meteorológico Nacional: provee información detallada del clima en Honduras con un rango de datos desde 1944 hasta la fecha. La tabla # 13 resume las diferentes condiciones atmosféricas para la ciudad de Tegucigalpa recopiladas por esta entidad gubernamental.
- 3. Manual de diseño de sistemas de A/C, Parte 1 Estimación de carga de la empresa Carrier: guía práctica para el diseño de sistemas de aire acondicionado. Cubre todas las etapas del proceso de diseño, desde el cálculo de la carga hasta la ingeniería del sistema apropiado. Esta guía de la empresa Carrier fue la única fuente de información con respecto a las ganancias de calor solar a través de diferentes tipos de vidrios en la latitud analizada.
- 4. Consejo Nacional Calificador de Ventanas (NFRC por sus siglas en inglés): organización sin fines de lucro que administra única información uniformada, clasificación independiente y etiquetado de sistemas de eficiencia energética en ventanas, puertas, tragaluces, y productos de fijación en los Estados Unidos. Proporciona grados precisos y fiables de rendimientos energéticos para ventanas, puertas y tragaluces.

Cálculo Manual de las Ganancias y Pérdidas de Calor

Intensidad de la Radiación Solar

El cálculo manual que se realiza en esta sección es para ilustrar el efecto que la radiación solar tiene en las ganancias de calor sobre una superficie particular en Honduras (se escogió el techo debido a que gran parte de las ganancias de calor entran por esta estructura por la cercanía de Honduras con el Ecuador). Este cálculo se realiza a partir de los siguientes parámetros: radiación solar extraterrestre, radiación directa o horizontal, radiación solar, radiación difusa del cielo, radiación solar reflejada por el suelo, época del año, latitud y longitud de la localización y pendiente de la superficie, en un momento dado establecido por el tiempo universal coordinado.

Al realizar este cálculo se evidenciará el efecto sobre el techo de una edificación, su inclinación y posición respecto al azimut. Para este cálculo se elige la fecha de 15 de abril del 2013, ya que este mes presenta los mejores valores de radiación solar global horizontal para Tegucigalpa, por lo que es en esta fecha que se presentarían (en promedio), mayores ganancias de calor en la edificación.

Coordenadas geográficas⁷¹ de la ubicación de la edificación que estaremos analizando en el presente manual (ilustración # 8)

Latitud (Ø) =
$$14^{\circ} 5' 13.43" N$$
 = $14.1^{\circ} N$

Longitud (L) = $87^{\circ} 10' 39.16" O$ = $87.2^{\circ} O$

Número de día durante el año (z) z = 105 (15 de Abril del 2013)

Declinación Solar δs (°)

Ángulo que forma el plano del ecuador terrestre con la dirección en que se encuentra el Sol. Depende del día del año (z).

Para el día 105 del año 2013:

$$\delta_s = 23.45 \sin \left\| \frac{(284+n)}{365} \, 360 \right\| \\ = 23.45 \, \sin \left\| \frac{(284+105)}{365} \, 360 \right\| \\ = 9.41^\circ$$

Ilustración 12 Coordenadas Latitud y Longitud de la Edificación Bajo Análisis



Ecuación de Tiempo

Diferencia entre el tiempo local (marcado por los relojes) y el tiempo solar verdadero en horas.

ET = 12 + [0.1236
$$\sin x - 0.0043 \cos x + 0.1538 \sin(2x) + 0.0608 \cos(2x)]$$

$$x = \frac{360 (x-1)}{365.242}$$

$$x = \frac{360 (105-1)}{365.242} = 102.5^{\circ}$$

 $-ET = 12 + \left[0.1236 \sin 102.5 - 0.0043 \cos 102.5 + 0.1538 \sin(2 + 102.5) + 0.0608 \cos(2 + 102.5)\right] = 12.00 \ horas = 1.00 \ horas =$

El término "12 horas" refleja el hecho de que el tiempo solar se mide a partir de medio día, por tal razón puede ser omitido de los cálculos que hacen referencia a la habitual del reloj. Lo importante a considerar es el valor decimal ya que este es que marca la diferencia. En este caso es 0 porque el día 15 de Abril es uno de los 4 días en el año en que la hora solar es igual a la hora civil.

Meridiano de Referencia (lm) (ver ilustración # 13)

Hora Oficial Local (H_L)

Es la hora establecida en Honduras de acuerdo con la ley, o es la hora que se obtiene en un reloj.

$$H_1 = 12:00 \text{ pm}$$

Hora Solar (H_s)

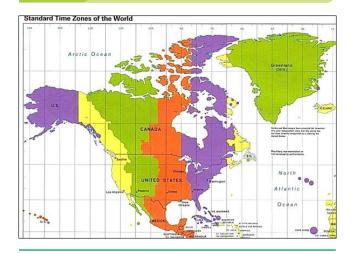
Es la hora local de donde se encuentra utilizando el sol como referencia.

$$H_S = H_L + ET + \frac{1 \cdot (l_m - L)}{15} = 12.00 + (0) + \frac{1 \cdot (90 - 87.2)}{15} = 12.00 + 0.187$$

Esta ecuación considera L > 0 hacia el Oeste y L < 0 hacia el Este (E).

El medio día solar ocurrió a 0.187 horas (o 11 minutos con 13.2 segundos) pasado el medio día local.

Ilustración 13 Tiempo Universal Coordinado



Angulo Horario Solar, h_s (°)

Indica el desplazamiento angular del sol sobre el plano de la trayectoria solar.

$$h_s = (H_s - 12)15^\circ = (12.187 - 12)15^\circ = 2.8^\circ$$

Altitud Solar, B (°)

Ángulo comprendido entre la posición del Sol y su proyección sobre el plano horizontal.

$$\begin{array}{ll} \beta = \sin^{-1}(\cos\emptyset\,\cos\delta_S\,\cos h_S + \,\sin\emptyset\,\sin\delta_S) \\ \beta = \sin^{-1}(\cos 14.1\,\cos 9.41\,\cos 2.8 + \,\sin 14.1\,\sin 9.41) = 84.6^\circ \end{array}$$

Azimut Solar, α (°)

Ángulo comprendido entre la dirección Sur y la dirección de la proyección del Sol sobre el plano horizontal; se consideran positivos los medidos hacia el Oeste y negativos los medidos hacia el Este.

$$\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{\cos \delta_{S} \sin h_{S}}{\cos \beta}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{\cos 9.4 \sin 2.8}{\cos 84.6}\right) = 30.8^{\circ}$$

Azimut del Panel o Colector Solar, α_0 (°)

Como norma general se debe saber que los paneles solares deben orientarse hacia el sur en caso la ubicación geográfica del sitio esté al Norte del Ecuador de la Tierra (hemisferio norte).

$$\alpha_n = 0^{\circ}$$

Angulo de Inclinación del Techo, T (°)

Angulo para posibilitar la incorporación de un sistema de energía solar térmico con flujo natural (inducido por la gravedad).

$$T = 30^{\circ}$$

Angulo de Incidencia de la Radiación Solar, i (°)

Formado por la dirección de la radiación y la normal a la superficie.

$$i = \cos^{-1} [\cos \beta \cos(\alpha - \alpha_n) \sin T + \sin \beta \cos T]$$

$$i = \cos^{-1}[\cos 84.6 \cos(30.8 - 0)\sin 30 + \sin 84.6 \cos 30] = 25.50^{\circ}$$

Radiación Solar Extraterrestre, I en W/m²

Para calcular las distintas componentes de la radiación solar es necesario conocer la irradiación sobre superficie horizontal extraterrestre.

$$I = I_{SC} \left[1 + 0.034 \cos \left(\frac{360}{365} n \right) \right]$$

$$I = 1,353 \left[1 + 0.034 \cos \left(\frac{360}{365} \right) \right] = 1,342.21 \, W/m^2$$

Radiación Solar Extraterrestre, I en W/m²

Para calcular las distintas componentes de la radiación solar es necesario conocer la irradiación sobre superficie horizontal extraterrestre.

Radiación Directa Perpendicular, I_{b,n} en W/m²

$$I_{b,n} = C_n \cdot I \cdot e^{\frac{-k}{sen\beta}}$$

Donde

Cn = Índice de claridad, 0.89⁷²

k = Conductividad térmica del aire (W/mK), 0.024

Entonces:

$$I_{b,n} = 0.89 \cdot 1{,}342.21 \cdot e^{\frac{-0.024}{sen\,84.6}} = 1{,}166.11 \, W/m^2$$

Radiación Directa en una Superficie Horizontal, Ibn en W/m²

$$I_{hc} = I_{hn} \cdot \cos^2 i = 1,166.11 \cdot \cos^2 25.5 = 949.98 W/m^2$$

Radiación Difusa del Cielo, I_{d,c} en W/m²

$$I_{d,c} = C \cdot I_{b,n} \cdot \cos^2 \frac{T}{2}$$

Donde:

C = la proporción de la radiación difusa que cae sobre una superficie horizontal bajo un cielo sin nubes entre la radiación directa perpendicular a la superficie de la tierra en un día claro, 0.09⁷³

$$I_{d,c} = 0.09 \cdot 1,166.11 \cdot cos^2 \frac{30}{2} = 97.92 \, W/m^2$$

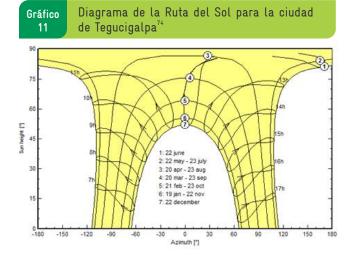
Coeficiente de Reflexión del Suelo, ρ ρ = 0.20

Radiación Solar Reflejada por el Suelo, I,c en W/m²

$$I_{r,c} = \rho \cdot I_{b,n} \cdot (\sin\beta + C) \cdot \sin^2\frac{T}{2} = 0.20 \cdot 1,166.11 \cdot (\sin84.6 + 0.09) \cdot \sin^2\frac{30}{2} = 16.96 \, W/m^2$$

Radiación Solar, I en W/m²

$$I_c = I_{b,c} + I_{d,c} + I_{r,c} = 949.98 + 97.92 + 16.96 = 1,064.86 \, w/m^2$$



Tal cual se muestra en la gráfica # 12, las ganancias de calor que ingresan por el techo pueden reducirse considerablemente (7%) en función de la inclinación del mismo y su orientación respecto al azimut.

Gráfico Insolación Solar Total (W/m2) en el Techo de acuerdo a su Inclinación y Azimut⁷⁵



Balance Energético

El acondicionamiento del aire de una edificación nos permite lograr condiciones ambientales satisfactorias para las personas que lo ocupan, consiguiendo así su bienestar.

En los climas tropicales como es el caso de Tegucigalpa, las cargas de A/C juegan un papel primordial para lograr una temperatura interior confortable por lo que son un componente de equilibrio en la interacción entre las ganancias y pérdidas de calor. Una vez más la comodidad del ocupante debe considerarse con el fin de proporcionar la carga de A/C necesaria, dentro de ciertos límites establecidos por ellos mismos y el nivel de sus actividades. Esta relación es lo que se llama balance energético. La siguiente es una expresión simplificada de esta relación que es válida para condiciones de verano o de invierno⁷⁶:

^{74 /} Fuente: Programa informático PV Syst.

^{75/} Cerna Vasquez, M. (2011). Designing an Energy Efficient Home in a Tropical Location. Manual and Computer-assisted Analysis for Tegucigalpa, Honduras. LAP LAMBERT Academic Publishing.

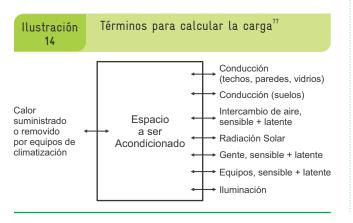
^{76/} erna Vasquez, M. (2011). Designing an Energy Efficient Home in a Tropical Location. Manual and Computer-assisted Analysis for Tegucigalpa, Honduras. LAP LAMBERT Academic Publishing.



El balance energético en edificaciones debe realizarse por las siguientes razones:

- Permite mejorar el bienestar térmico al reducir la diferencia de temperatura de las superficies interiores de las paredes y ambiente exterior.
- 2. Economiza energía al reducir las pérdidas.
- 3. Reduce los fenómenos de condensación y con ello evita humedades en los cerramientos.
- Mejora el entorno medio ambiental, al reducir la emisión de contaminantes asociados a la producción de energía.

Las condiciones principales que hay que tener en cuenta para determinar todo el calor que se genera en el espacio o en los flujos a través de la envolvente se muestran en la ilustración # 14:



Ganancias de Calor Generadas por el Consumo de Aparatos Eléctricos:

Las emisiones de calor que generan los aparatos eléctricos más comunes presentes en una edificación residencial se muestran en la tabla # 16:

Tabla 16: Emisiones de Calor Generadas por Aparatos Eléctricos⁷⁶

Tipo de Aparato	Tasa de ganancia de calor recomendada (Watts)				
Eléctrico	Sensible	Latente			
Computadora	100	15			
Congelador	150	22			
Televisión	100	10			
Secadora de Pelo	675	101			
Equipo de Sonido	50	8			
Horno	1,000	150			
Estufa sin Horno	1,000	150			
Iluminación	160	190			
Calentadores de Agua	50	8			

Es así que con los datos anteriores, se pueden calcular las ganancias de calor producidas por el consumo de los aparatos eléctricos más comunes presentes en las edificaciones residenciales. La tabla # 17 resume estos cálculos.

Tabla 17: Resumen de las Ganancias de Calor Generadas por Aparatos Eléctricos

Aparato Eléctrico	Calor Sensible Wh/mes	Calor Latente Wh/mes
Computadora	100 W x 2 und x 2 h x 30 días = 12,000	45 W x 2 und x 2 h x 30 días = 5,400
Congelador	150 W x 1 und x 24 h x 30 días = 108,000	22.5 W x 1 und x 24 h x 30 días = 16,200
Televisión	100 W x 2 und x 2 h x 30 días = 12,000	10 W x 2 und x 2 h x 30 días = 1,200
Secadora de Pelo	675 W x 1 und x 0.05 h x 30 días = 1,012	101.3 W x 1 und x 0.05 h x 30 días = 151.95
Equipo de Sonido	50 W x 1 und x 0.05 h x 30 días = 75	7.5 W x 1 und x 0.05 h x 30 días = 11.25
Horno	1,000 W x 1 und x 0.5 h x 30 días = 15,000	150 W x 1 und x 0.5 h x 30 días = 2,250
Estufa sin Horno	1,000 W x 1 und x 4 h x 30 días = 120,000	150 W x 1 und x 4 h x 30 días = 18,000
Iluminación	160 W x 8 h x 30 días = 38,400	23 W x 8 h x 30 días = 5,520
Aporte de Agua Caliente	4,500 W x 1 und x 1 h x 30 días = 36,000	7.5 W x 1 und x 24 h x 30 días = 5,400
TOTAL	342,487 Wh/mes ó 342.50 kWh/mes	54,133.2 Wh/mes ó 54.10 kWh/mes

Pérdidas de Calor por los Materiales que forman la Envolvente del Edificio:

Son causadas por la transmisión de calor a través de los materiales que forman parte de las paredes, techos, suelos, puertas y ventanas. Considerando condiciones estables, la pérdida de calor para cada elemento se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

 $P_m = U A (T_i - T_o)$

Donde:

P_m = Tasa de pérdida de calor de los materiales = pérdida de energía térmica en el tiempo (Watt)

U = Medida de unidad de transferencia de calor (valores bajos son los más indicados) (W/m² K)

A = Area

T_i = Temperatura adentro (°C)

T_o = Temperatura media exterior (°C)

Nuestra vivienda en estudio cuenta con las siguientes áreas, que serán necesarias para el cálculo de las pérdidas de calor, tal y como se mostró en fórmula anterior.

Tabla 18: Áreas de los Componentes de la Envolvente de la Edificación en Estudio

Componente de la Envolvente de la Edificación	Área m²
Piso	63.00
Paredes Exteriores	178.00
Techo	93.00
Ventanas	15.00
Puertas	4.20

Para el cálculo de U se deben considerar las siguientes características térmicas de la envolvente:

1 Conductividad Térmica (k), que es la capacidad de transmitir el calor a través de los materiales por transferencia de energía cinética o movimiento de sus moléculas a otras moléculas adyacentes. Esto se produce cuando hay una diferencia en la temperatura. Se calcula midiendo el flujo de calor (W) que pasa de un lado a otro de un material considerando 1 metro lineal. Estos valores están ampliamente tabulados pero dichos datos deben de considerarse con reservas lógicas dado que se han obtenido por métodos experimentales y existe una amplia dispersión de características físicas entre materiales semejantes.

k = W/(m °C)

 $k = W/(K \cdot m)$ en el sistema internacional de unidades

2 Conductancia Térmica (C), es el valor de la conductividad en un espesor determinado.

C = k/e, donde e, es el espesor de la capa en metros

3 Resistencia Térmica (R), representa la capacidad del material de oponerse al flujo de calor. Es la razón entre el espesor y la conductividad térmica del material; también se considera que la resistencia es el inverso de la conductancia térmica.

$$R = \frac{e}{k}$$

4. Transmitancia Térmica (U), es la cantidad de energía que atraviesa, en una unidad de tiempo, una unidad de superficie de un elemento constructivo de caras planas paralelas, cuando entre dichas caras hay un gradiente térmico. Es el inverso a la resistencia térmica Total.

$$U = \frac{W}{S \cdot K} \qquad \underline{O} \qquad U = \frac{1}{R_T}$$

En donde:

U = transmitancia en W/m² K

W = potencia en watts

S = superficie en m²

K = diferencia de temperaturas en kelvin o en Celsius

Se procede ahora a calcular los valores U para las paredes y techo de la envolvente:

Paredes Externas

Para el diseño de la vivienda considerada en este manual, se definen paredes de bloque de concreto. Estas paredes no estarán aisladas térmicamente ya que el costo de aislarlas puede ser alto, incidiendo en la rentabilidad de la inversión; adicionalmente las mayores ganancias de calor se producen a través del techo ya que es ahí donde el sol incide casi perpendicularmente ya que Honduras está muy cerca del Ecuador.

^{77/} Kreider J., Curtiss P. y Rabl A. Heating and cooling for buildings. Design for efficiency.

^{78/} Rizzi E. Design and estimating for heating, ventilating, and air conditioningional de Energía Eléctrica, Sub Dirección de Planificación. Año 2012.

Considerando los materiales de que están formadas las paredes exteriores se puede calcular la transmitancia térmica que habrá a través de este elemento (U).

Tabla 19: Cálculo del Valor de U para las Paredes Externas de la Vivienda

Componente	Espesor (m)		Resistencia Térmica (R) en m² K/W
Bloque de Concreto	0.15	1.1	0.14
Mortero de Cemento	0.15	0.72	0.21

 $R_{\tau} = 0.35 \text{ m}^2 \text{ K / W}$ $U = 2.85 \text{ W / m}^2 \text{ K}$

Techo

El detalle del diseño del techo se puede apreciar en la ilustración # 15. Como se mencionó anteriormente el techo de la vivienda contará con aislamiento por ser esta el área donde se producen más ganancias de calor, siendo la inversión rentable.

Sabiendo los materiales de que está formado el techo se puede calcular la transmitancia térmica (U) que habrá a través de este elemento.

Tabla 20: Cálculo del Valor de U para el Techo de la Vivienda

Componente	Espesor (m)	Conductividad Térmica (k) en W/m K	Resistencia Térmica (R) en m² K/W
Láminas de fibra mineral	0.08	0.049	1.63
Lana Mineral	0.08	0.049	1.63
Aire	0.08	0.026	0.1*
Tabla Yeso	0.04	0.170	0.24

^{*} para la resistencia térmica del aire se consideró un valor práctico usualmente presente en edificaciones residenciales.

 $R_T = 3.6 \text{ m}^2 \text{ K / W}$ $U = 0.3 \text{ W / m}^2 \text{ K}$



Piso

El piso será de concreto simple con cerámica sobre él, tendrá un espesor de 0.10 metros y un perímetro de 32 metros lineales. Este elemento de la vivienda no irá aislado ya que por las condiciones del clima en Honduras, la losa de piso ayuda a mantener fría la vivienda, inclusive si se cubre con piso de cerámica.

Se calculará el coeficiente de pérdida de calor de la losa por metro lineal (perímetro de la vivienda) en W/°C.

Tabla 21: Cálculo del Coeficiente de Pérdida de Calor en la Losa

Componente	Perímetro (ml)	Conductividad Térmica (k) en W/m K	P. k en W/k
Firme de concreto	32	1.6	51.2
Cerámica	32	0.81	25.9
TOTAL			77.1

Ventanas

Según el Consejo Nacional Calificador de Ventanas de los EE.UU. (NFRC), en los climas tropicales donde el consumo de aire acondicionado es un factor de preocupación, se deben utilizar puertas, sistemas de entradas y ventanas que cumplan con un Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) de 0.40 o menos. Esta característica se logra con ventanas corredizas horizontales de doble hoja. Las dos maneras más comunes para reducir el parámetro SHGC es a través de ventanas con vidrios polarizados y de bajo recubrimiento.

十

Aparte de las características anteriores de las ventanas, se considerará para la vivienda bajo análisis, la utilización de persianas exteriores en las fachadas este y oeste debido al enorme potencial de ahorro que estas pueden proporcionar.

El valor de U para las ventanas seleccionadas es de 1.3 W/m2K, que de acuerdo al fabricante, tienen doble paño de cristal o vidrio en un marco de policloruro de vinilo (PVC) o vinilo.

Puertas

Así como en las ventanas las puertas deben tener un valor SHGC de 0.40 o menor. Por lo que para la vivienda en estudio se escogieron puertas que tienen un valor de U de 1.4 W/m2 k

A continuación se presenta en la tabla # 22 un resumen de los valores de U y áreas de los componentes de la envolvente de la edificación:

Tabla 22: Resumen de las Pérdidas de Calor por los Materiales que forman parte de la Envolvente

Componente de la Edificación	U W/m² k	Área m²	U x A W / k
Paredes Exteriores	2.85	178.0	507.3
Ventanas	1.3	15.0	19.5
Puertas	1.4	4.2	5.88
Techo	0.3	93.0	27.9
			U x A W / k
Piso			507.3

Entonces.

$$P_m = U A (T_i - T_o) = 560.58 (24 - 23) = 560.58 Watts$$

$$Energia_{final} = 560.58~W~x~24~horas~x~30~dias = 403,617.6 \frac{wh}{mes}~6~403.62 \frac{kwh}{mes}$$

Pérdidas de Calor por Infiltración o Ventilación:

Son causadas por la pérdida de aire frío y su sustitución por aire que está más caliente, por consiguiente el ambiente interior necesita ser enfriado para volver a un ambiente de confort para el usuario. La edificación en estudio, como está ubicada en un clima seco y húmedo, sus pérdidas de calor totales se dividen en dos componentes: calor sensible (responsable de la temperatura y el aumento o disminución de calor) y el calor latente (que es causado por la humedad que se encuentra en el aire). La adición de ambos términos define el total de pérdidas de calor por ventilación. La tasa de

pérdida de calor por ventilación o infiltración está dada por la siguiente fórmula:

$$P_{v \text{ sensible}} = m s (T_i - T_o)$$

Donde:

P_v = tasa de pérdida de calor por ventilación = pérdida de energía térmica en el tiempo (Watts)

m = aire fresco que fluye en la vivienda (kg/S)

s = calor especifico del aire (1,006.1 kJ/kg K)

T_: = Temperatura adentro (°C)

T。 = Temperatura media exterior (°C)

$$m\left(\frac{m^3}{s}\right) = \frac{n \cdot V}{3600}$$

Donde:

n = número de cambios de aire por hora

V = volumen interior de la vivienda (m³)

$$m = \frac{2 \cdot (7m \times 9m \times 3m)}{3600} = 0.105 \text{ m}^3/\text{s} = 0.12 \text{ kg/s}$$

Para pasar los 0.105 m³/s a kg/s lo multiplicamos por la densidad del aire (ρ =1.1839 kg/m³)

Entonces:

$$P_{\text{Vensible}} = 0.12 \quad 1,006.1 \quad (24-23) = 120.73 \text{ W}$$

$$E_{V \; sensible} = 120.73 \; W \; x \; 24 \; h \; x \; 30 \; dias = 86,927.04 \frac{Wh}{max} \circ 86.93 \frac{kWh}{max}$$

 $P_{V \, latente} = 0.68 \cdot cfm \cdot diferencia de granos de aire$

cfm = es el valor de m en pies cúbicos por minuto = 222.48 pie³/min

$$P_{V \, latente} = 0.68 \cdot 222.48 \cdot (95 - 60) = 5,295.02 \frac{BTU}{h} = 1,551.81 \, W$$

$$E_{V \; latente} = 1,551.81 \; W \; x \; 8 \; h \; x \; 30 \; dias = 372,434.40 \; \frac{Wh}{mes} \circ 372.43 \; \frac{kWh}{mes}$$

Se consideró la hipótesis de 2 cambios de aire por hora (ACH) en la edificación, con un rendimiento de 444.96 ft³/min (0.21 m | /s). Los granos/libra es la cantidad de agua en el aire. La humedad específica en los granos de agua por libra de aire es de 95 granos/lb de aire a 31.7 °C bulbo seco, 22.8 °C bulbo húmedo, y 60 granos/libra de aire a 24 °C bulbo seco, 16.4 °C bulbo húmedo. Estos valores se calcularon con ayuda de la tabla psicométrica con datos proporcionados por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE por sus siglas en inglés).

Ganancias de Calor Solar:

Los factores que afectan los aumentos de radiación solar dependen de la latitud geográfica del sitio en estudio, la orientación del edificio, las condiciones climáticas del sitio, el ángulo entre el sol y las superficies del edificio y la naturaleza de las ventanas, los techos y las paredes de la edificación. Las tasas de ganancias de calor están dadas por las siguientes fórmulas:

Para ventanas y tragaluces:

G_s=A ·SHGC · SC

Donde:

GS = tasa de ganancias de calor solar = energía solar ganada en el tiempo (Watt).

A = área la ventana en m².

SHGC= es una medida que nos dice cuanta energía proviene a través de las ventanas dependiendo de la latitud, orientación, ángulo de inclinación y hora del día y el año. SC = es la relación de cuanta luz solar pasa a través de las ventanas dependiendo del revestimiento de la ventana, las propiedades espectrales del vidrio, el sombreado del marco y el sucio o polvo.

Las ventanas consideradas para el cálculo de las ganancias de calor por efecto del sol son de doble paño de cristal o vidrio en marco de policloruro de vinilo (PVC) o vinilo y en base al tipo de ventana se obtuvo del manual de diseño de la empresa Carrier los valores de SHGC. Estos valores más otros factores como la latitud, orientación, condiciones climáticas, mes del año, coeficiente de sombreado para reducir el factor de las ganancias de calor solar por efectos de la suciedad en los vidrios, área de las ventanas en las fachadas, y el número de horas presentes en el año con condiciones en el cielo claras, medio claras y nubladas (de acuerdo valores estadísticos provistos por el Servicio Meteorológico Nacional – Horas de sol/mes) se calculó para cada mes las ganancias de calor a través de las ventanas. La tabla # 23 resume los cálculos.

Tabla 23: Cálculo de las Ganancias de Calor a través de las Ventanas en una Latitud de 14.1° N y una Elevación de 1,000 msnm.

Tiempo en el Año	Orientación	Radiación Solar Día Claro W/m²	Radiación Solar Día Medio Claro W/m²	Radiación Solar Día Nuboso W/m²	SC	Área Ventanas m²	Horas Claras	Horas Medio Claras	Horas de Nubo- sidad	Ganancias de Calor Solar kWh / mes
	Norte	28.38	26.25	24.12	0.16	8.75	10.41	210.25	-	8.14
Enero	Este	136.82	126.55	116.29	0.16	-	10.41	210.25	-	-
Liloto	Sur	237.25	219.46	201.67	0.16	4.50	10.41	210.25	-	35.00
	Oeste	136.71	126.46	116.21	0.16	1.75	77.42	210.25	-	10.41
	Norte	30.47	28.18	25.90	0.16	8.75	77.42	150.49	-	9.23
Febrero	Este	153.26	141.77	130.27	0.16	-	77.42	150.49	-	-
TODICIO	Sur	165.37	152.97	140.57	0.16	4.50	136.37	150.49	-	32.81
	Oeste	153.26	141.77	130.27	0.16	1.75	136.37	150.49	-	11.83
	Norte	32.57	30.12	27.68	0.16	8.75	136.37	125.52	-	11.50
Marzo	Este	165.92	153.47	141.03	0.16	-	45.37	125.52	-	-
Mai 20	Sur	74.34	68.76	63.19	0.16	4.50	45.37	125.52	-	8.64
	Oeste	165.92	153.47	141.03	0.16	1.75	45.37	125.52	-	7.50
	Norte	39.58	36.61	33.65	0.16	8.75	-	193.42	-	9.91
Abril	Este	177.81	164.48	151.14	0.16	-	-	193.42	-	-
7.51.0	Sur	38.15	35.29	32.43	0.16	4.50	-	193.42	-	4.91
	Oeste	174.30	161.22	148.15	0.16	1.75	-	193.42	-	8.73
	Norte	81.49	75.38	69.27	0.16	8.75	-	188.57	12.06	21.06
Mayo	Este	179.28	165.84	152.39	0.16	-	-	188.57	12.06	-
i i ayo	Sur	34.08	31.53	28.97	0.16	4.50	-	188.57	12.06	4.53
	Oeste	179.28	165.84	152.39	0.16	1.75	_	188.57	12.06	9.27

Tiempo en el Año	Orientación	Radiación Solar Día Claro W/m²	Radiación Solar Día Medio Claro W/m²	Radiación Solar Día Nuboso W/m²	SC	Área Ventanas m²	Horas Claras	Horas Medio Claras	Horas de Nubo- sidad	Ganancias de Calor Solar kWh / mes
	Norte	110.00	101.75	93.50	0.16	8.75	-	96.16	75.56	23.58
Junio	Este	178.33	164.96	151.58	0.16	-	-	96.16	75.56	-
Ounio	Sur	35.07	32.44	29.81	0.16	4.50	-	96.16	75.56	3.87
	Oeste	177.89	164.55	151.21	0.16	1.75	_	96.16	75.56	7.63
	Norte	81.49	75.38	69.27	0.16	8.75		137.54	48.45	19.20
Julio	Este	179.28	165.84	152.39	0.16	-	_	137.54	48.45	-
	Sur	34.08	31.53	28.97	0.16	4.50	_	137.54	48.45	4.13
	Oeste	179.28	165.84	152.39	0.16	1.75	_	137.54	48.45	8.45
	Norte	39.58	36.61	33.65	0.16	8.75	_	162.39	35.42	9.99
Agosto	Este	177.81	164.48	151.14	0.16	-	_	162.39	35.42	-
Agosto	Sur	38.15	35.29	32.43	0.16	4.50	_	162.39	35.42	4.95
	Oeste	174.30	161.22	148.15	0.16	1.75	_	162.39	35.42	8.80
	Norte	32.57	30.12	27.68	0.16	8.75	_	118.59	64.07	7.48
Septiembre	Este	165.92	153.47	141.03	0.16	-	_	118.59	64.07	-
Coptionible	Sur	74.34	68.76	63.19	0.16	4.50	-	118.59	64.07	8.79
	Oeste	165.92	153.47	141.03	0.16	1.75	-	118.59	64.07	7.63
	Norte	30.47	28.18	25.90	0.16	8.75	-	156.37	36.44	7.49
Octubre	Este	153.26	141.77	130.27	0.16	-	-	156.37	36.44	-
octubre	Sur	165.37	152.97	140.57	0.16	4.50	-	156.37	36.44	20.91
	Oeste	153.26	141.77	130.27	0.16	1.75	-	156.37	36.44	7.54
	Norte	28.38	26.25	24.12	0.16	8.75	-	182.43	11.39	7.09
Noviembre	Este	136.82	126.55	116.29	0.16	-	-	182.43	11.39	-
NOVICINDIC	Sur	237.25	219.46	201.67	0.16	4.50	-	182.43	11.39	30.48
	Oeste	136.71	126.46	116.21	0.16	1.75	-	182.43	11.39	6.83
	Norte	27.77	25.69	23.60	0.16	8.75	-	199.49	4.08	7.30
Diciembre	Este	128.90	119.23	109.56	0.16	-	-	199.49	4.08	-
DIGIGIIIDI E	Sur	261.87	242.23	222.59	0.16	4.50	-	199.49	4.08	35.45
	Oeste	128.90	119.23	109.56	0.16	1.75		199.49	4.08	6.79

En la tabla # 24 se presenta un resumen de las ganancias de calor por mes a través de las ventanas que se encuentran en la edificación.

Tabla 24: Resumen de las Ganancias de Calor a través de las Ventanas por Mes

Mes	Ganancias de Calor kWh/mes
Enero	53.55
Febrero	53.87
Marzo	27.64
Abril	23.55
Mayo	34.86
Junio	35.08
Julio	31.78
Agosto	23.74
Septiembre	23.90
Octubre	35.94
Noviembre	44.40
Diciembre	49.54
Promedio	36.49

Para techo y paredes:

 $G_s = A F \alpha J$

Donde:

 G_s = tasa de ganancias de calor solar = energía solar ganada en el tiempo (Watt)

A = área de superficie expuesta (m²)

F = factor de radiación = proporción de la radiación absorbida la cual es transmitida al interior del elemento (techo y paredes en este caso)

- α = coeficiente de absorción = proporción de la radiación incidente que es absorbida por el elemento (techo y las paredes en este caso). Depende del tipo de material y la temperatura de la superficie. Esto depende de la emisividad del elemento. Cuanto mayor sea el factor de emisividad (por ejemplo, α = 0.9 para un techo negro, α = 0.2 para una techo blanco) menor será la cantidad de la radiación que se refleja en el elemento por lo tanto, la temperatura en el elemento es mayor.
- J = intensidad de la radiación solar que incide sobre la superficie horizontal (W/m²)

Área del techo = 93.0 m²

J = 5,500 kWh/m²/día, equivalente a una potencia promedio de 460 W/m² (intensidad promedio de la radiación solar en Honduras)⁷⁹

$$P_S = A \ F \ \alpha \ J = 93 \ x \ 0.006 \ x \ 0.4 \ x \ 460 \ W/m^2 = 102.67 \ W$$

$$E_{\mathcal{S}} = 102.67~W~x~206.5~horas~de~sol~por~mes = 21,201.77 \frac{Wh}{mes}~\acute{o}~21.20 \frac{kWh}{mes}$$

Paredes al Norte = 33.25 m²

 $J = 43.61 W/m^2$

$$P_S = A \ F \ \alpha \ J = 33.25 \ x \ 0.006 \ x \ 0.4 \ x \ 43.61 \frac{W}{m} = 3.38 \ W$$

$$E_{S} = 3.38 \, W \, x \, 206.5 \, horas \, de \, sol \, por \, mes = 697.97 \, \frac{Wh}{mes} = 0.70 \, \frac{kWh}{mes}$$

Paredes al Sur = 37.5 m^2

 $J = 107.56 \text{ W/m}^2$

$$P_S = A F \alpha J = 37.5 \times 0.006 \times 0.4 \times 107.56 \frac{W}{m} = 9.68 W$$

$$E_s = 9.68 W \times 206.5 \ horas \ de \ sol \ por \ mes = 1,998.92 \frac{Wh}{mes} = 1.2 \frac{kWh}{mes}$$

Paredes al Este = 54 m²

 $J = 135.21 W/m^2$

$$P_S = A \ F \ \alpha \ J = 54 \ x \ 0.006 \ x \ 0.4 \ x \ 135.21 \frac{W}{m} = 17.52 \ W$$

$$E_s = 17.52 \ W \ x \ 206.5 \ horas \ de \ sol \ por \ mes = 3,617.88 \ \frac{Wh}{mes} = 3.62 \ \frac{kWh}{mes}$$

Paredes al Oeste = 53 m²

 $J = 148.44 \text{ W/m}^2$

$$P_S = A \ F \ \alpha \ J = 53 \ x \ 0.006 \ x \ 0.4 \ x \ 148.44 \frac{W}{m} = 18.88 \ W$$

$$E_S = 18.88 \ W \ x \ 206.5 \ horas \ de \ sol \ por \ mes = 3,898.72 \ \frac{Wh}{mes} = \frac{3.90 kWh}{mes}$$

Ganancias de Calor Ocasionales:

Estas ganancias de calor provienen del calor y humedad emitida por el cuerpo humano, del calor por iluminación, actividades de cocina, calentamiento de agua y emisiones de calor provenientes de equipos. Se puede observar una lista de fuentes en la tabla # 16.

Persona adulta en trabajos ligeros (calor sensible) = 70 W x 5 personas x 14 h x 30 días = 147,000 Wh/mes.

Persona adulta en trabajos ligeros (calor latente) = 45 W x 5 personas x 14 h x 30 días = 94,500 Wh/mes.

Cálculo de la Demanda de Aire Acondicionado

La demanda de aire acondicionado se puede determinar con el balance de energía y el grafico psicométrico. El valor pico de consumo se da en el verano por esta razón se diseñará para esta condición.

Condiciones climáticas en verano en la ciudad de Tegucigalpa:

Tabla 25: Condiciones Climáticas en Verano para Tegucigalpa

Temperatura exterior:	31.7°C
Temperatura bulbo húmedo:	22.8°C
	4 () 5 (4) (0 1)
Latitud:	14° 5′ 13.43″ N
Humedad específica	95 granos de agua/lb a temperatura
del aire:	del aire de 31.7 °C bulbo seco y 22.8
	°C bulbo húmedo. 60 granos de
	agua/lb a temperatura del aire de
	16.4 °C bulbo húmedo y 24 °C bulbo
	seco.

79/ Fuente: Solar and Wind Energy Resource Assessment (Proyecto de Evaluación del Recurso Solar y Eólico) http://maps.nrel.gov/SWERA

La diferencia en granos / lb (la cantidad de agua que el equipo de aire acondicionado debe remover del exterior para mantener las condiciones de diseño del interior) es: 95 granos de agua/lb - 60 granos de agua /lb = 35 granos de agua/lb.

Entonces de la ecuación del balance energético se puede obtener el consumo de energía que debe tener el sistema de aire acondicionado:

$$403.62 \frac{kWh}{mes} + 459.36 \frac{kWh}{mes} = 67.11 \frac{kWh}{mes} + 396.60 \frac{kWh}{mes} + 241.50 \frac{kWh}{mes} + X$$

$$X = 158 \frac{kWh}{mes}$$

Consumo de energía para A/C: 158 kWh/mes

Asumiendo 6 horas de operación diaria se determina una capacidad instantánea de 870 Watts (poco menos que la potencia de un aire acondicionado de 12,000 BTU/hora).

Cálculo con Software de las Ganancias y Pérdidas de Calor

Home Energy Efficiency Design (HEED)

Este programa fue desarrollado por el equipo de herramientas de diseño computacionales, del Departamento de Arquitectura y Diseño Urbano de la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA), con fondos provenientes de los ciudadanos de California y administrado por la Comisión de Energía de California. Este programa cuenta con una interfaz básica y avanzada que le permite disfrutar de sus características a un gran número de usuarios.

El objetivo de este programa es que el usuario entienda como una vivienda usa la energía comparada con una vivienda del mismo tamaño que cumpla con los requerimientos mínimos del código energético de California así como un esquema más eficiente energéticamente. El programa en términos generales funciona creando una serie de diseños basados en los datos que el usuario le proporciona, de la siquiente manera:

- Crea una vivienda de referencia que cumple con el código energético de California.
- Usando los mismos datos, crea una versión, de la vivienda anterior, más eficiente energéticamente.
- 3. Luego, se le pide al usuario que describa con más detalles el diseño de su vivienda.
- Luego, el usuario puede copiar el diseño en curso para poder ensayar diferentes opciones energéticas y así crear nuevos diseños que reduzcan los costos energéticos.

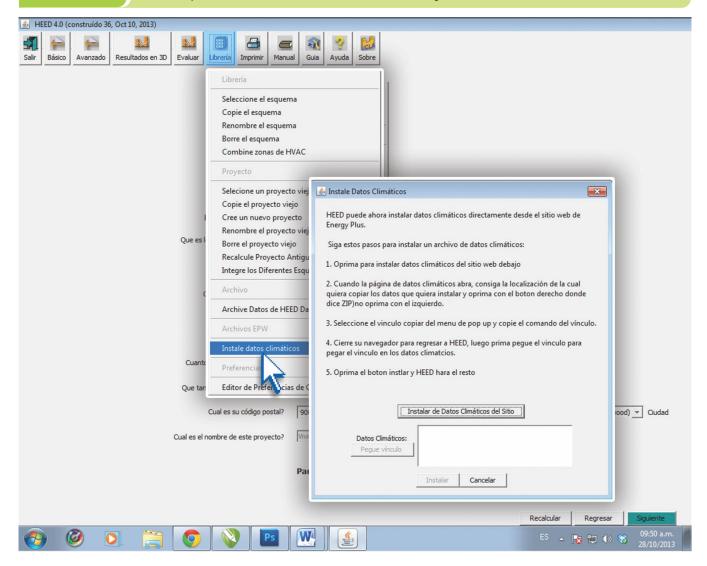
Se debe descargar el software que es gratuito en la siguiente página web: http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/heed/.

Una vez descargado se instala siguiendo las instrucciones de instalación proporcionadas por el software mismo.

Una vez instalado el programa se le debe de añadir la localización donde se desea hacer el análisis de la edificación. Para hacer se deben de instalar los datos climatológicos en el programa ya que este no tiene en su base de datos a Honduras, pero el mismo programa da la opción de añadir base de datos de otros lugares del mundo en el menú librería — instale datos climáticos, tal como se muestra en la ilustración # 16.

Ilustración 16

Ventana que muestra como se añaden datos climatológicos a HEED



HEED importa la base de datos climatológicos del sitio web de Energy Plus que es del Departamento de Energía de los EE.UU. Este sitio no cuenta con todas las ciudades de Honduras sino que solo ciertas ciudades. Desafortunadamente Tegucigalpa no está en esa base de datos por lo que se utilizará la base de datos climatológicos de la ciudad de Santa Rosa de Copán por poseer condiciones climáticas similares a las de Tegucigalpa.

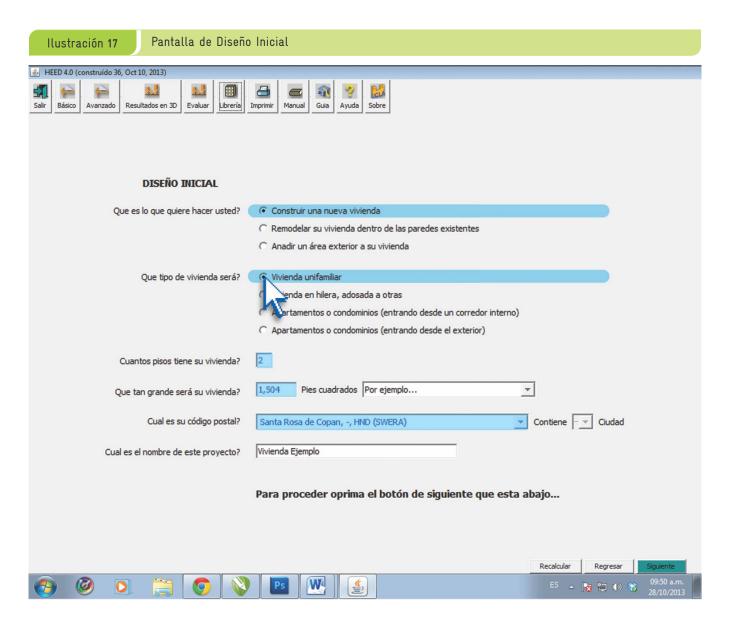
Iniciando el Programa

Una vez instalada la base de datos del clima del lugar que se va a analizar, se inicia con el diseño **básico** de la vivienda, dando click en las opciones de la parte superior en básico y luego aparecerá la ventana de **Diseño Inicial**, donde el programa solicitará los primeros datos de la vivienda, estos

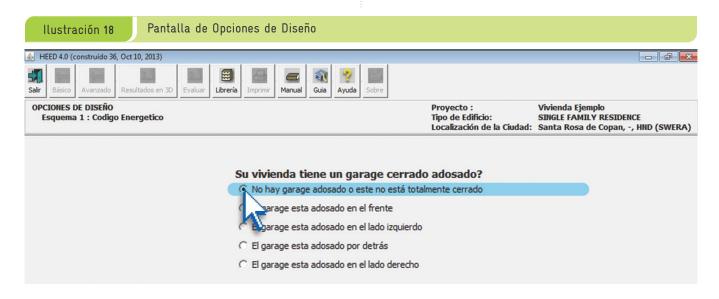
son bastantes generales y son primordialmente para que HEED calcule el primer esquema en base al Código de Energía de California (este primer esquema HEED lo hace automáticamente y no se puede modificar por el usuario). Se piden datos sobre cuál es el propósito (si es nueva construcción, remodelación o ampliación), luego pide que tipo de edificación será (vivienda unifamiliar, vivienda en hilera, etc.), también solicita el tamaño de la construcción (pide el área de la construcción en pie cuadrados) y por último a donde está localizada, tal como se puede apreciar en la ilustración # 17

HEED trabaja con el sistema de medidas inglés, por lo que todas las dimensiones se tendrán que dar al programa en pies.

十



Dar click al botón **siguiente** pasando a la siguiente ventana: **Opciones de Diseño**.



Aquí se selecciona el tipo de garaje de la vivienda (si lo tiene), escogiendo en este caso la opción primera que indica que no hay garaje adosado o este no está totalmente cerrado, ya que la vivienda en análisis de este manual no cuenta con garaje techado.

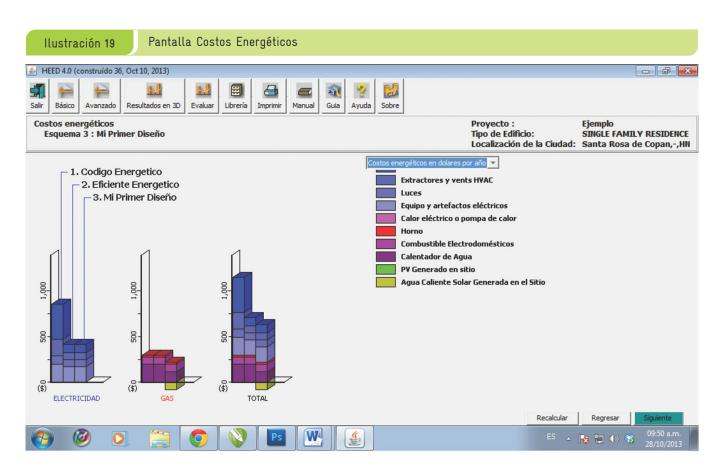
Luego de introducir los datos anteriores HEED genera los dos primeros esquemas, el primero cumple las condiciones mínimas del código de energía de California, y el segundo esquema es un 30% más eficiente que el primer esquema (estos esquemas son generados automáticamente por HEED y no pueden ser modificados por el usuario).

Esta pantalla, ilustración # 19, también muestra el estimado de los costos anuales de electricidad y gas, además de proporcionar un desglose de la utilización de la energía, por ejemplo el aire acondicionado, iluminación, calentador de agua, etc.

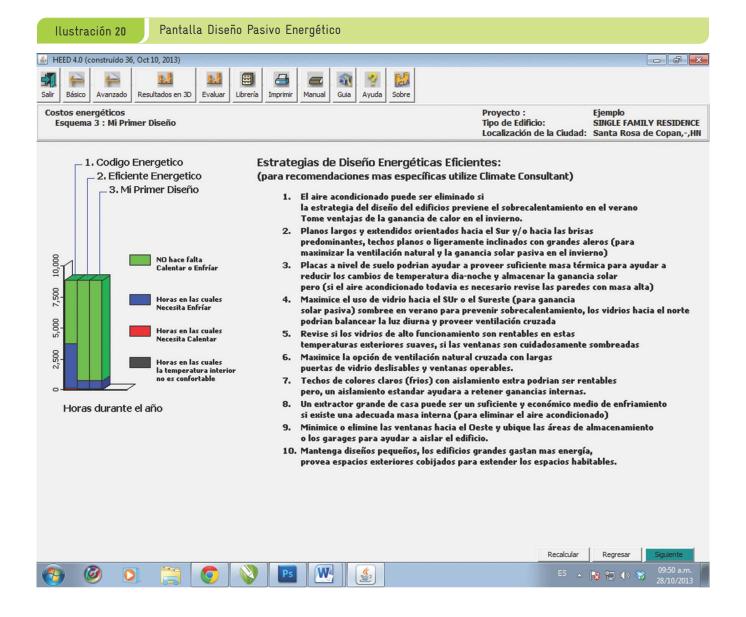
Esta pantalla permite cambiar los gráficos (el eje Y de los gráficos de barra) cambiando en las opciones del cuadro de diálogo.

Haga clic en **siguiente** para copiar el segundo esquema. A continuación, se pueden hacer cambios y ver los efectos que producen estos cambios. El programa le pedirá darle un nombre al tercer esquema (primero que se puede editar).

En la siguiente pantalla, **Diseño Pasivo Energético** (ilustración # 20) se muestra el porcentaje de las horas de confort en los distintos esquemas. Las horas que se muestran en verde no requieren calentamiento ni aire acondicionado. También muestra una lista de estrategias de diseño para lograr un diseño eficientemente energético en la ubicación seleccionada. Se debe tratar de simular la mayor parte o la totalidad de las estrategias listadas.



+

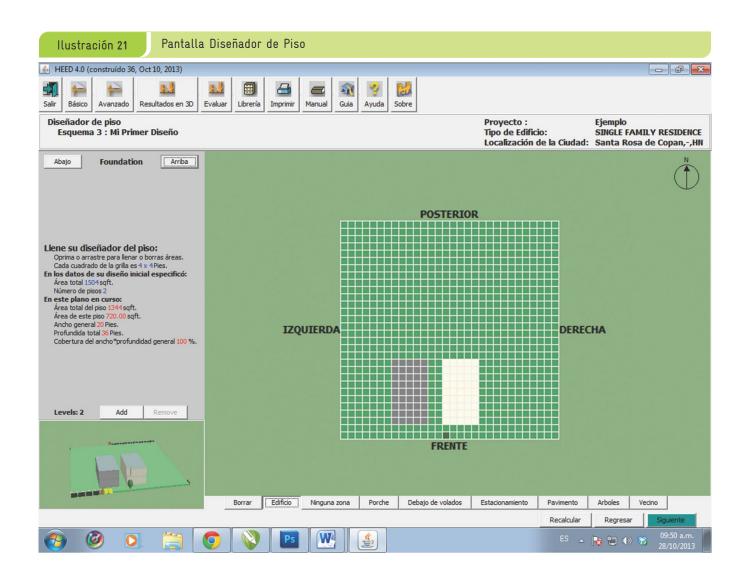


Se da click en **siguiente** y muestra la pantalla **Diseñador de Piso** (ilustración # 21).

La pantalla, **diseñador de piso**, se usa para estimar la masificación de la vivienda (aproximado de las dimensiones). Cada cuadro de la cuadrícula representa un área de 4 pies x 4 pies. Se puede agregar otras características que puedan afectar el rendimiento térmico de la vivienda como por ejemplo: edificios vecinos, árboles, pavimentación entre otros.

Entonces aquí se dibuja la edificación en estudio, en este caso se tiene una vivienda de dos niveles, las dimensiones de la casa en el primer nivel son: 7.0 metros de frente por 9.0 metros de largo, y el segundo nivel: 7.5 metros de frente y 9.0 metros de largo, también se dibuja una vivienda al lado, la del vecino, y un árbol en la parte frontal.

Para viviendas de varios pisos se usan los botones de **arriba** y **abajo** que están ubicados en la parte superior izquierda de la pantalla para agregar pisos.



Se le da click en siguiente que lleva a la pantalla Orientación.

En esta pantalla se indica la orientación de la vivienda. HEED da la opción de girar la vivienda modelada un total de 360°, lo que permite determinar la orientación óptima al posibilitarnos hacer varias modelaciones y comparar los resultados para cada orientación que se hayan seleccionado. No siempre es posible escoger la orientación de la edificación, habitualmente se deberá seguir la trama de calles, pero aun así, la orientación de la vivienda en el lote de terreno será un factor decisivo para el gasto energético.

La influencia de orientación se debe a los hechos siguientes:

La radiación solar sobre una fachada Norte es casi nula, por esto esta fachada será la más fría. Por este hecho, si situamos una entrada de luz hacia el Norte, siempre tendremos radiación difusa útil para la iluminación, pero se deberá instalar un buen aislante térmico en esta abertura.

- La radiación sobre el Este la tendremos a las primeras horas de la mañana. En verano se deberán proteger las aberturas con algún dispositivo que evite la entrada directa de esta radiación (por ejemplo, cortinas externas).
- La radiación sobre el Oeste la tendremos por la tarde. En verano se deberán proteger las aberturas con algún dispositivo que evite la entrada directa de esta radiación (por ejemplo cortinas externas) ya que provoca sobre calentamientos considerables sobre todo por la tarde. Las protecciones tendrán que ser orientables a fin de que permitan el paso de la radiación indirecta y favorecer así la iluminación natural.
- La incidencia de la radiación solar sobre una fachada Sur se producirá durante casi todo el día, con la colocación de pequeños elementos que hagan sombra evitaremos la radiación directa y el calor.

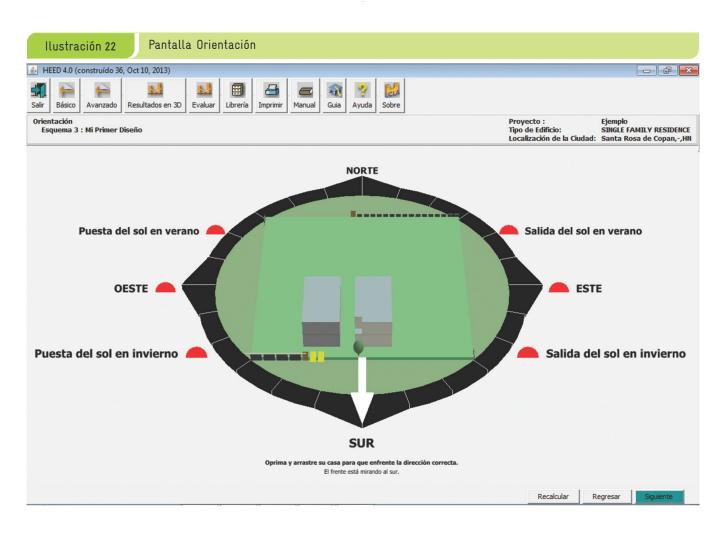
Recomendaciones sobre la orientación y la protección solar:

- Es mejor que la vivienda sea rectangular y que la fachada principal se oriente al sur.
- En climas cálidos-húmedos la ventilación hace disminuir la sensación de calor a causa del efecto de evaporación sobre la piel. Por este motivo, en verano es importante favorecer la circulación de aire entre la fachada Norte y la fachada Sur para posibilitar la ventilación cruzada y producir al mismo tiempo un ahorro en climatización y una mejora de las condiciones interiores del edificio.
- Las fachadas Norte, Este y Oeste son las fachadas térmicamente más problemáticas ya que la radiación solar que reciben es mínima (tanto por la inclinación como por la intensidad). Por tanto, en estas fachadas, es importante poner el mínimo de ventanas posible, las cuales además, serán idealmente de doble vidrio y sin puente térmico.

- En las ventanas en las fachadas Este y Oeste es recomendable instalar protectores solares (cortinas exteriores) para evitar que la radiación solar entre directamente en la vivienda.
- Colocar cortinas exteriores fijas en la fachada Sur.
- Plantar árboles en las fachadas Este y Oeste para dar protección solar en verano.

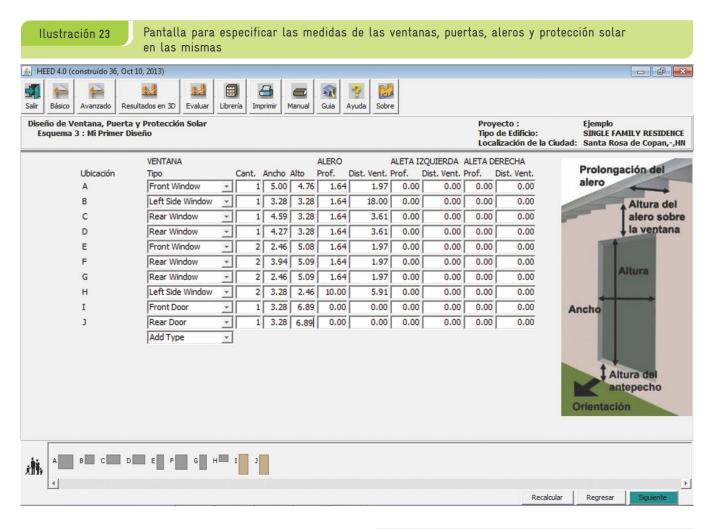
Estas medidas no implican ningún incremento del costo de la vivienda, tan solo requieren una planificación previa.

La orientación de la casa en estudio es la siguiente: parte frontal viendo al Sur tal como se muestra en la ilustración # 22.



+

Se le da click en siguiente, y esto lleva a la pantalla Diseño de Ventanas, Puertas y Protección Solar.



En esta pantalla se debe introducir cuidadosamente la información de todas las ventanas, puertas, aleros y protección solar o cortinas. La pantalla muestra un diagrama en el lado derecho que ilustra como introducir los datos. El programa tiene un límite de 25 unidades entre ventanas y puertas.

Las dimensiones de las puertas y ventanas de la vivienda en estudio se resumen en la tabla # 26:

Tabla 26: Cuadro Dimensiones de Ventanas y Puertas

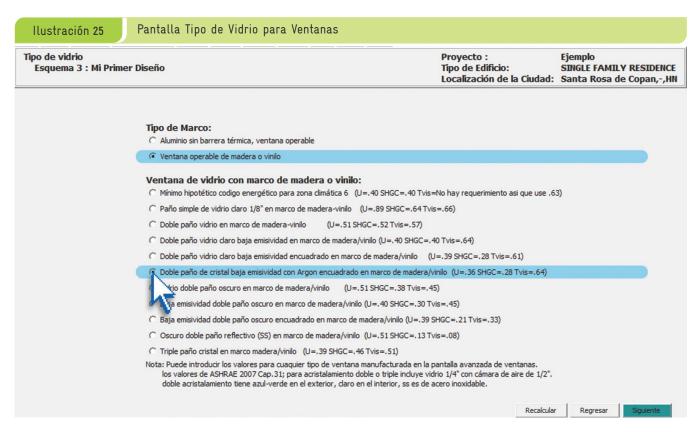
		Dimensiones						
Item	Cant.	Ancho (m)	Alto (m)	Prolon- gación del Alero (m)	Altura Antepecho (m)			
Ventana frontal (sala)	1	1.50	1.45	0.50	0.60			
Ventana frontal (dormitorio principal)	2	0.75	1.55	0.50	0.60			
Ventana trasera (comedor)	1	1.40	1.00	0.50	1.10			
Ventana trasera (cocina)	1	1.30	1.00	0.50	1.10			
Ventana trasera (dormitorio 2)	2	1.20	1.55	0.50	0.60			
Ventana trasera (dormitorio 3)	2	0.75	1.55	0.50	0.60			
Ventana lateral izquierda	1	1.00	1.00	0.50	6.00			
Puerta principal	1	1.00	2.10	3.00	0.00			
Puerta trasera	1	1.00	2.10	0.00	0.00			

Se le da click en siguiente, y esto lleva a la pantalla Ubicación de Ventanas y Puertas.



En esta pantalla se ubican las ventanas y puertas en la vivienda, esto se hace arrastrando la ventana o puerta a su lugar. Se puede rotar la vista para poder ubicar mejor las unidades haciendo click en el botón rotar vista.

Se le da click en **siguiente**, y esto lleva a la pantalla **Tipo de Vidrio**.



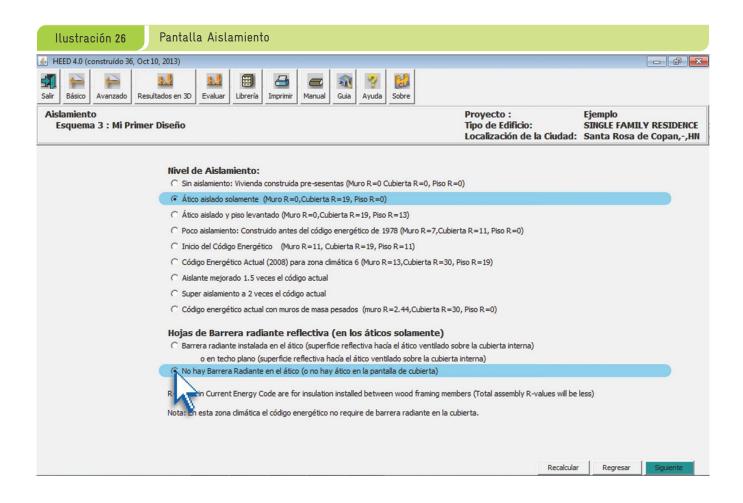
Aquí se define el tipo de ventanas que llevará la vivienda. En este caso, para el análisis de la vivienda eficientemente energética se utiliza la opción tipo de marco para ventanas operables de vinilo o pvc. En la siguiente opción a escoger se utiliza la ventana que tenga los valores más bajos de U y SHGC, tal como se muestra en la ilustración # 25.

HEED provee en esta pantalla los valores de U, SHGC y TVIS para cada tipo de material.

El factor U de la ventana es el coeficiente de pérdida de calor durante el montaje entero de la ventana y es igual al número de BTU por hora que pasan por el equivalente de un pie cuadrado de la envolvente del edificio para cada grado de diferencia que existe entre la temperatura del interior y la temperatura exterior. El factor U es el recíproco de la suma de todos los valores R. Los rangos del factor U pueden variar en aproximadamente

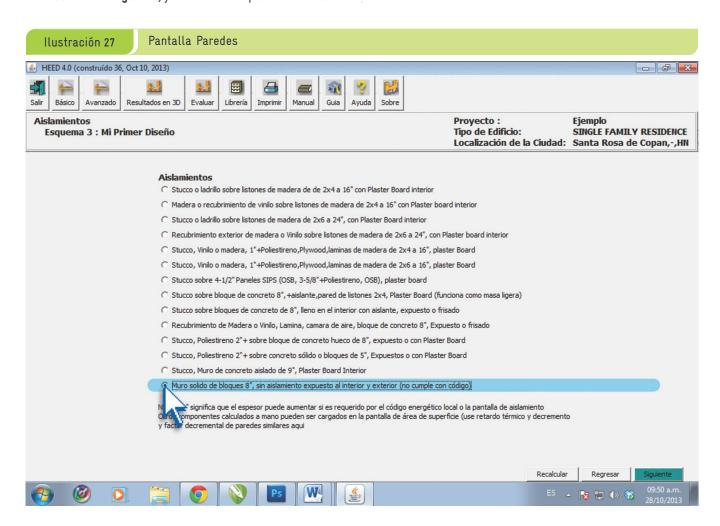
- 1.10 para una sola hoja de vidrio a aproximadamente 0.30 para una ventana de doble acristalamiento con un buen aislamiento.
- El coeficiente de la ganancia de calor solar es la porción de la radiación solar que penetra a través del área ocupada por las ventanas y sus marcos, comparadas con un vano sin vidrio del mismo tamaño.
- Es la proporción de la luz visible que pasa a través del área ocupada por la ventana y su marco, comparada con la que atravesaría por un vano sin vidrio del mismo tamaño. Este valor está impreso en una calcomanía de la ventana o está en los catálogos del fabricante.

Se le da click en **siguiente**, y esto lleva a la pantalla **Aisla- miento**.



Aquí se escoge el tipo de aislamiento adecuado para nuestra vivienda. Para nuestro análisis, se aislará la vivienda solo en el techo, ya que es ahí donde se producen las mayores ganancias de calor en el verano porque estamos cerca del ecuador y los rayos del sol inciden perpendicularmente. Se escoge la opción ático aislado solamente ya que esta característica es la que más se asemeja a nuestra situación, tal como se muestra en la ilustración # 26.

Se le da click en siguiente, y esto lleva a la pantalla Paredes.



Se escoge el tipo de pared de la vivienda, en nuestro caso base escogeremos **paredes de bloque de concreto sin aislamiento**.

Se le da click en siguiente, y esto lleva a la pantalla Techo.

Ilustración 28

Pantalla Techo

Esquema 3: Mi Primer Diseño

Tipo de Edificio: SINGLE FAMILY RESIDENCE Localización de la Ciudad: Santa Rosa de Copan,-,HN

Construcción de la Cubierta:

Sin perdidad de calor por el techo ya que hay unidad habitada encima

Cubierta fría plana o de poca pendiente. (menos de 9.5 grados)

ierta fría plana inclinada, con ático ventilado naturalmente, tejado liviano (menos de 5 lb/sf)

bierta fría inclinada, con ático ventilado con extractor, tejado liviano (menos de 5 lb/sf)

Cubierta fría inclinada, con ático ventilado naturalmente, tejado pesado(más de 5 lb/sf)

C Cubierta fría inclinada, con ático ventilado con extractor, tejado pesado(más de 5 lb/sf)

C Cubierta por defecto plana o de poca inclinación (menos de 9.5 grados)

C Cubierta por defecto inclinada, con ático ventilado naturalmente, tejado liviano (menos de 5 lb/sf)

C Cubierta por defecto inclinada, con ático ventilado con extractor tejado liviano (menos de 5 lb/sf)

C Cubierta por defecto inclinada, con ático ventilado naturalmente, tejado pesado(mas de 5 lb/sf)

C Cubierta por defecto inclinada, con ático ventilado con extractor tejado pesado(mas de 5 lb/sf)

Las cubiertas frías tiene mayor reflectividad lo cual significa que absorben menos radiación solar, y tienen emisividad lo cual significa que re irradian energia continuamente durante el día y la noche

En esta zona climática, los áticos no necesitan una hoja reflectiva radiante debajo de la cubierta expuesta al aire del atico, para cumplir con el paquete prescriptivo "D" (ver pantalla de aislante).

Todos los techos tienen cielos falsos con yeso y viguetas de madera con aislante entre ellos. Los extractores de aticos tienen termostatos para que funcionen solo cuando son necesarios. Otros componentes calculados a mano pueden ser cargados

en la pantalla de área de superficie (use retardo térmico y factor decremental para techos similares aqui)

Una de las formas más rentables de reducir las ganancias de calor en el verano es hacer que el color del techo sea lo más claro posible o que su superficie sea altamente reflectiva, por ejemplo techos livianos de metal. En todos los climas un techo muy bien aislado y con poca masa es lo mejor, especialmente si este está pintado de un color claro. En climas cálidos secos, un techo de losa de concreto almacenará demasiado calor solar en el verano.

Así se escogió el techo para nuestra vivienda como cubierta fría plana o de poca pendiente, ya que las cubiertas frías tienen mayor reflectividad lo cual significa que absorben

menos radiación solar y tienen emisividad lo cual significa que irradian energía continuamente durante el día y la noche.

Se le da click en siguiente, y esto lleva a la pantalla Pisos.

Para las condiciones climáticas de Tegucigalpa una losa de piso puede ayudar a mantener la casa fría. Esta puede seguir siendo efectiva como masa térmica inclusive si esta es cubierta por baldosas de vinilo, cerámicas españolas o alfombras.

Así se escogió la opción de baldosa a nivel de piso expuesto.

Ilustración 29

Pantalla Pisos

Esquema 3: Mi Primer Diseño

Provecto: **Eiemplo**

Tipo de Edificio: SINGLE FAMILY RESIDENCE Localización de la Ciudad: Santa Rosa de Copan,-,HN

Piso de construcción :

- C Pisos de madera expuestos, sobre el nivel del piso
- C Pisos de madera con alformbras, sobre el nivel del piso (si parcialmente cubierto indicar % en ventana de masa térmica)
- Baldosas de cerámica sobre subsuelo de madera, sobre el nivel del piso
- C Concreto liviano, alfombrado sobre subsuelo de madera, sobre nivel del piso

Baldosa a nivel del piso expuesta o con baldosas

os de concreto cubierto por alfombra (si parcialmente cubierto indique % en ventana de masa térmica)

o de concreto estructural, expuesto, sobre el nivel del piso

- Piso de Concreto Estructural, alfombrado sobre el nivel del piso (si parcialmente cubierto indique % en ventana de masa térmica)
- C Sotano, piso inferior en un sotano ocupado y acondicionado
- C Sotano terminado, el piso inferior es un sotano acondicionado

Condiciones del piso debajo del primer piso :

- C Sin perdidas de calor a traves del piso, porque hay otra unidad calentada debajo
- C Espacio ventilado entre el suelo y la losa de piso
- C Garages, estacionamientos o áreas abiertas al exterior sin calefacción
- Tierra (debajo de losa de piso o sotano ocupado)

Se le da click en **siguiente**, y esto lleva a la pantalla **Ventila- ción** e **Infiltración**.

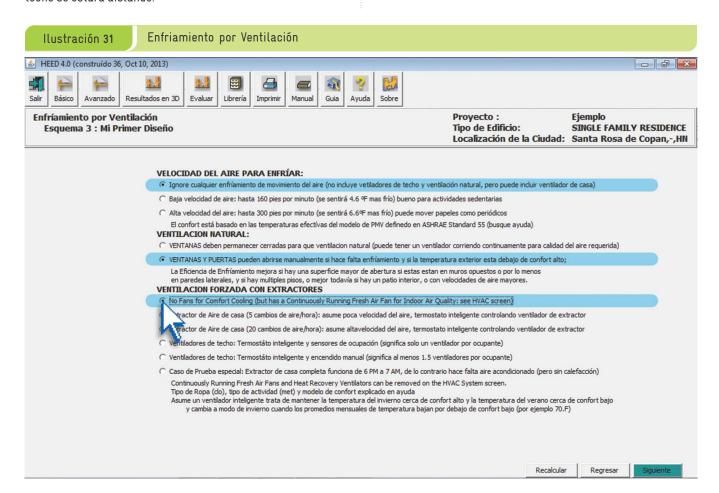
Ilustración 30

Pantalla Ventilación e Infiltración

Ventilación Proyecto: **Eiemplo** Tipo de Edificio: Esquema 3 : Mi Primer Diseño SINGLE FAMILY RESIDENCE Localización de la Ciudad: Santa Rosa de Copan,-,HN INFILTRACION: envolvente de edificio y sellar ductos C Edificio viejo muy mal sellado (estimado en 6.0 SLA, área específica de infiltración: mire ayude para definición) Edificio mal sellado de código energéticos antiguos, 1978 a 2006 (estimado en 4.9 SLA, área específica de infiltración: mire ayude para definición) na de HVAC sin sellado especial de ductos (4.3 SLA, SLA, área específica de de infiltración) SEÑO ESTANDARD POR DEFECTO con un sistema de HVAC con ductos sellados (3.8 SLA) Añadir envoltorio de la vivienda al diseño estandard, todas las uniones selladas (3.3 SLA) C Sistema HVAC sin ductos, o con todos los ductos adentro de la envolvente aislada de la edificacion. C Edificio sellado: Edificación muy bien sellada que requiere ventilación mecánica continua para mantener la calidad del aire (1.5 SLA): Nota: si se usan métodos de diagnóstico para las pruebas de presión, SLA actual se puede ver en la pantalla de HVAC. Nota: Todas las nuevas casas de California requieren de un ventilador funcionando continuamente (para cumplir con ASHRAE 62.2). En otros lugares esta cantidad de aire fresco puede ser provista por infiltración o por ventanas que se abren y se cierran.

Aquí se escoge el nivel adecuado de infiltración. Para nuestro caso se escoge **edificio mal sellado**, ya que solo el techo se estará aislando.

Se le da click en **siguiente**, y esto lleva a la pantalla **Enfria**miento por **Ventilación**.

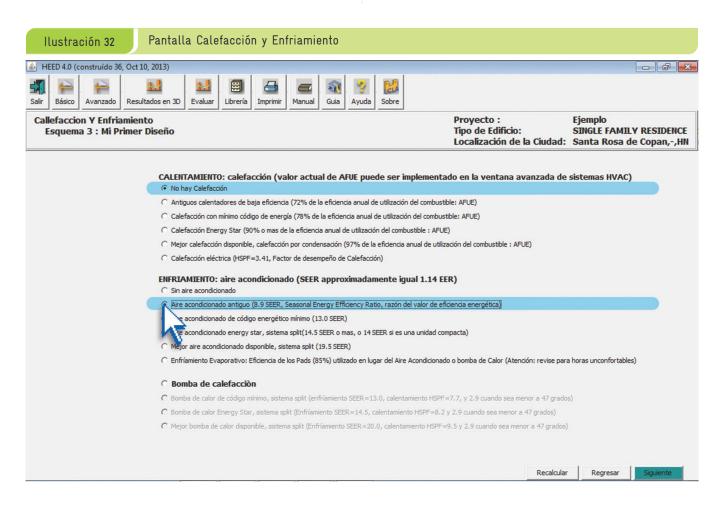


La mejor estrategia en cuanto a relación costo-efectividad para enfriar es simplemente abrir las ventanas cuando las condiciones externas son más confortables que las internas. Para obtener una ventilación cruzada abra las ventanas en los lados de baja y alta presión del edificio; lo cual permitirá alcanzar mayores velocidades del aire (de 10 a 60 cambios de aire por hora). Ventilar la vivienda con un ventilador mecánico es también una excelente estrategia, especialmente si existe masa interior para almacenar el frío en la noche. Los ventiladores de techo son también muy efectivos para incrementar el movimiento del aire interior, este movimiento hace que los ocupantes se sientan más frescos inclusive sin añadir ninguna energía de enfriamiento ya que la temperatura de bulbo seco no cambia.

Aunque todos los edificios son diferentes, se asumen niveles mínimos de ventilación natural de hasta un cambio de aire por hora, que pueden ser logrados abriendo una ventana, en el cual los ocupantes no sentirán el movimiento o corriente del aire. Diseñando el edificio con ventanas operables en paredes opuestas, aún con vientos suaves es posible alcanzar un buen nivel de ventilación natural, igual o superior a los 20 cambios de aire por hora. En este caso los ocupantes podrán sentir una ligera corriente de aire. Abriendo las ventanas en la noche cuando hace mas frió afuera que adentro y cerrándolas en el día se puede mantener el interior mas frió que afuera.

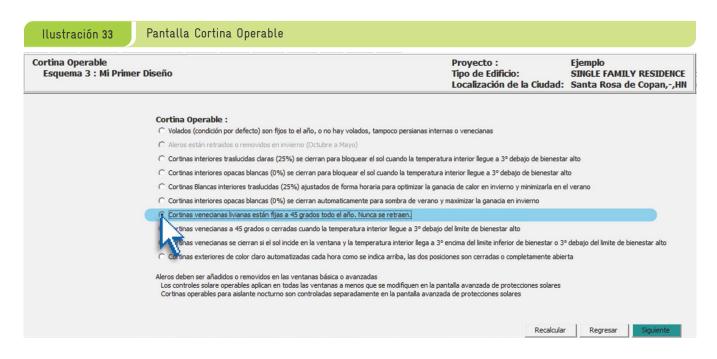
De acuerdo a lo anterior se escoge las opciones mostradas en la ilustración # 31.

Se le da click en **siguiente**, y esto lleva a la pantalla **Calefac- ción y Enfriamiento**.



Aquí se elige los sistemas de calefacción y refrigeración adecuados para nuestro análisis, se muestran en la ilustración # 32.

Se le da click en **siguiente**, y esto lleva a la pantalla **Cortina Operable**.



Aquí se puede especificar si hay dispositivos para dar sombra a las ventanas, ejemplo: cortinas automatizadas. Para nuestro caso se seleccionó **cortinas venecianas livianas fijas a 45°**.

Estas persianas pueden reducir ligeramente el calor

radiante a través de la ventana porque absorberá la ganancia de calor solar, y siendo de un color claro reflejará parte de esta radiación al exterior.

Se le da click en siguiente, y esto lleva a la pantalla Artefactos y Cargas de Enchufle: consumo de energía anual.

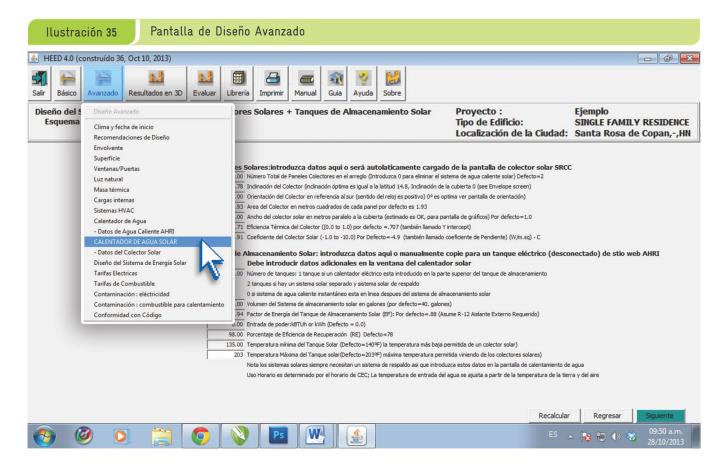
Pantalla Consumo de Energía Anual Ilustración 34 Artefactos y Cargas de Enchufe: Consumo de Energía Anual Proyecto: **Eiemplo** Tipo de Edificio: SINGLE FAMILY RESIDENCE Esquema 3 : Mi Primer Diseño Localización de la Ciudad: Santa Rosa de Copan,-,HN COCINAR Y HORNEAR: ROPAS SECADO ... CARGAS DE ... GAS ELECTRICO ELECTRICO kWh/año kWh/año kWh/año Cocinar (por defecto) 29,100 0.000 Secado de la ropa (por defecto) 37,200 0.000 1242.589 Otros eléctricos (por defecto) 0.000 1152.000 0.000 0.000 0.000 1752.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.00 0.000 0.000 0.000 0,000 0.000 0.000 0,000 0.000 Enegía TOTAL anual 29,100 1152,000 37,200 0.000 2994,589 TIPO DE COMBUSTIBLE puede cambiar en la Pantalla de Combustible Avanzado (secadores suman 10 % de su calor SUME artefactos nuevos y cargas de artefactos carga consumo anual energético aqui, y reste la energía utilizada por los items que fueron removidos. HEED Intenta mantener la carga total de los artefactos y enchufes constante, por lo tanto asegure revisar TODAS las columnas despues de recalcular y ajuste si es necesario. Estimados de energia anuales están en las etiquetas Energy Star de los nuevos productos o en la base de datos de California's DEER.

Los artefactos electrodomésticos incluyen todos los equipos eléctricos o de gas dentro de la vivienda, incluyendo refrigeradores, lavaplatos, lavadoras, computadores y televisores. No se incluyen la calefacción, el aire acondicionado y la luz eléctrica, los cuales son considerados en otra parte del HEED. Sólo necesita incluir en esta tabla cualquier artefacto que usted esté añadiendo o removiendo porque HEED ya incluye o estima la energía consumida por los artefactos típicos en una vivienda de este tamaño. Si la vivienda tiene artefactos inusuales o poco comunes como hornos extra grandes o un refrigerador adicional los puede incluirlos aquí. En esta tabla HEED no incluye los artefactos a gas, pero puede incluirlos si convierte el consumo de gas al consumo de energía eléctrica equivalente: 3.41 kBTU/KWhr (o 3.41 btuh/watt). Si el usuario cree que su vivienda es más eficiente energéticamente que los valores predeterminados

mostrados en esta pantalla pueden remover estas cantidades de esta pantalla.

En esta pantalla de **Artefactos Eléctricos** se definen tres clases específicas de aparatos y equipos eléctricos basado en la forma en que estos contribuyen a la ganancia de calor en el interior del edificio: la sección COCINAR permite que toda la producción de calor vaya al interior de la vivienda; la sección SECADO DE ROPA permite que sólo el 10% de la producción de calor vaya al interior de la vivienda (el resto se ventila al exterior); y la otra sección de APARATOS ELÉCTRICOS deja todo el calor generado se quede en el interior de la vivienda. Los calentadores de agua se asume que todo el calor generado se ventila al exterior.

Luego para agregar el calentamiento de agua a través de energía solar se le da click a la opción **Avanzado- Calentador de Agua Solar**, tal como se muestra en la ilustración # 35.



En esta pantalla se introducirán todos los datos sobre el diseño del sistema de calentamiento solar, se divide en dos secciones, la primera es sobre los colectores solares y la segunda sobre el tanque de almacenamiento solar.

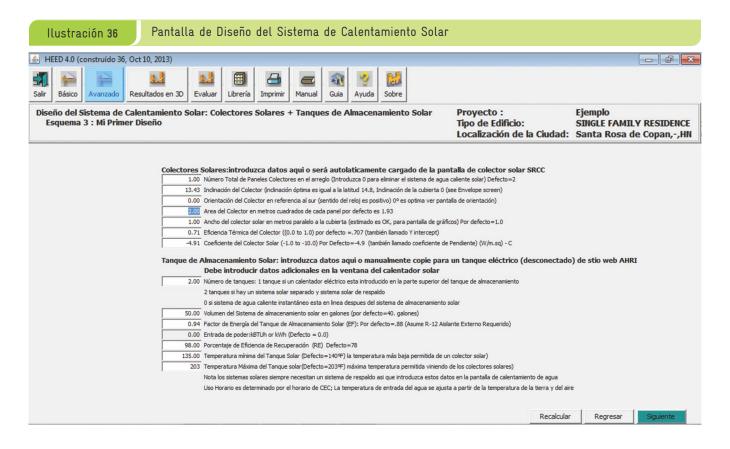
En la primera sección, se entran los datos para el colector solar:

- Número de colectores: 1
- Inclinación del colector: con la fórmula β (°)=3.7+0.69
- La orientación del colector debe ser 0° con respecto al Sur geográfico de la superficie. Como norma general se debe saber que los paneles solares deben orientarse hacia el Sur en caso la ubicación geográfica del sitio esté al Norte del Ecuador de la Tierra (hemisferio norte).

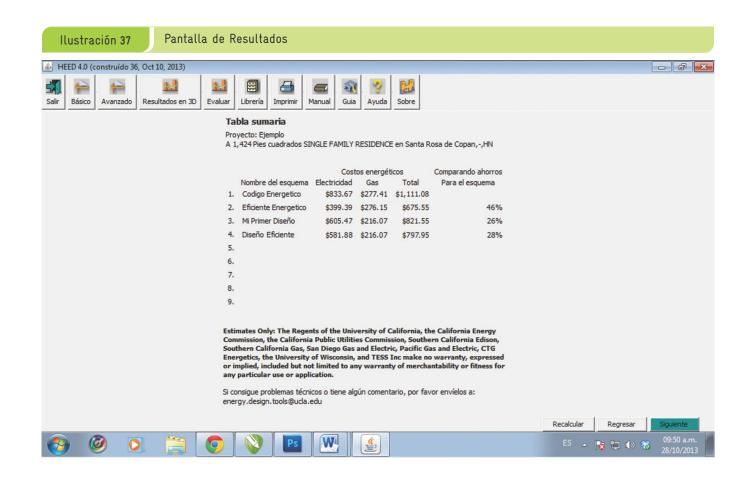
 Y los demás datos son proporcionados por el fabricante del colector que escojamos (área, ancho, eficiencia, etc.)

Para el sistema de almacenamiento se escoge un tanque con capacidad de 50 galones. Los demás datos son parámetros dados por el fabricante.

Todos los datos que se introdujeron están dados en la ilustración # 36.



Y de esta forma se concluye con toda la entrada de datos para el tercer esquema, ahora se le da click a **siguiente** y HEED empezará a calcular todos los resultados. La ilustración # 37 muestra una tabla resumen de todos los esquemas analizados y sus costos energéticos y porcentaje (%) de ahorro comparado con el esquema 1.



Esta pantalla, ilustración # 37, se muestra en la última columna que hay un ahorro del 46% al diseñar la vivienda con todas las medidas que se introdujeron anteriormente.

Ahora para seguir analizando las medidas de eficiencia energética que se pueden tomar y poder compararlas con los esquemas ya hechos se debe darle click a **Librería - Copie el Esquema** y luego:

- Escoger el esquema 3, el que acabamos de definir, y darle click a copiar.
- Darle un nombre apropiado al nuevo esquema, que defina la estrategia que se está aplicando, por ejemplo: ventanas de doble hoja.

Luego darle click en **siguiente**, y empezar a navegar por todas las opciones que da Básico (que son todas las entradas de datos que explicamos anteriormente) el usuario va haciendo cambios en las áreas que él considera que mejorarán la eficiencia energética de la vivienda.

Luego de haber introducido todos los cambios se le da click en el botón de **Recalcular**, y se empieza a analizar los nuevos resultados obtenidos y los compara con los anteriores.

Este proceso se puede hacer 7 veces porque HEED da opción a realizar 9 esquemas incluyendo los dos que el programa realiza automáticamente (que son los dos primeros esquemas).

El usuario se debe hacer la pregunta si hubo alguna mejora para cada esquema que realice. Si intenta algo y no vale la pena guardarlo, entonces modifíquelo a una nueva opción que si presente mejoras, procediendo a guardarlo.

MODELACIÓN ECONÓMICA

Para demostrar la rentabilidad de implementar medidas de eficiencia energética en las viviendas se comparará una residencia que ha sido construida normalmente con una residencia que ha implementado las siguientes medidas en eficiencia energética:

- Orientación optima de la vivienda.
- Uso de generación de energía renovable in situ, la vivienda para proveerse de agua caliente sanitaria tendrá un calentador solar de agua o un colector solar de 2.0 m² con un tanque de almacenamiento de 50 galones.
- 3. Iluminación con lámparas LED, 20 unidades.
- 4. Equipo eléctrico eficientemente energético.
- 5. Aislamiento térmico en el techo.
- Ventanas de doble paño de cristal o vidrio en marco de pvc o vinilo.
- 7. Cortinas externas fijas a 45°

Como un primer paso, se debe determinar el costo de la implementación de las medidas de eficiencia energética en la vivienda en análisis, este costo se muestra en la tabla # 27.

Tabla 27: Costo de Implementar Medidas en EE

Componente de la Edificación	Costo US\$
Orientación	Sin costo
Colector solar de 2.0 m² con tanque de 50 galones	1,200.00
Iluminación con lámparas LED, 20 unidades	200.00
Aislamiento térmico en techo, espesor de 6"	500.00
Ventanas de doble vidrio en marco de vinilo o pvc	2,000.00
Cortinas externas fijas a 45°	600.00
Total	4,500.00

El costo de implementar estas medidas es de US\$ 4,500.00, por lo que en la tabla # 28 se muestran los parámetros financieros para calcular la cuota del préstamo hipotecario para ambas viviendas.

Tabla 28: Parámetros Financieros para Calcular la Cuota del Préstamo Hipotecario de las Viviendas

Parámetros Financieros	Vivienda sin EE	Vivienda con EE
Costo de Construcción	US\$ 100,000.00	US\$ 104,500.00
Prima	20%	20%
Plazo del préstamo	15 años	15 años
Edad del solicitante	32 años	32 años
Ingreso mensual	US\$ 4,000	US\$ 4,000
Tasa de interés	11%	11%
Cuota fija nivelada	US\$ 975.87/mes	US\$ 1,009.68/mes
Diferencia en Cuota		US\$ 33.81/mes

La vivienda diseñada eficientemente energética generará un 46% de ahorros en el consumo de energía, esto de acuerdo a los resultados modelados en el programa HEED, que se vieron en el capítulo anterior. La tabla # 29 muestra una comparación en el ahorro que se obtiene en la factura de energía eléctrica entre la casa diseñada con medidas de eficiencia energética y la casa normal.

Tabla 29: Comparación de Consumo de Energía entre ambas casas

	Vivienda sin EE	Vivienda con EE
Consumo de energía mensual	400 kWh	216 kWh
Promedio tarifa residencial ENEE	US\$ 0.17/kWh	US\$ 0.17/kWh
Total a pagar ENEE	US\$ 68.00 /mes	US\$ 36.72/mes
Ahorro		US\$ 31.28/mes

En la tabla # 30 se muestran los ahorros a lo largo de los 15 años de duración del préstamo hipotecario y el periodo de repago de la inversión (2do. Año).

Tabla 30: Tabla que Muestra el Periodo de Pago de la Inversión

años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Vivienda sin EE															
Tarifa Residencial, US\$/kWh	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25	0.27	0.30	0.33	0.36	0.40	0.44	0.49	0.53	0.59	0.65
Aumento Anual a la Tarifa	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Consumo de Energía, kWh/mes	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
Total a pagar a la ENEE, US\$	68.00	74.80	82.28	90.51	99.56	109.51	120.47	132.51	145.76	160.34	176.37	194.01	213.41	234.75	258.23
Vivienda con EE															
Tarifa Residencial, US\$/kWh	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25	0.27	0.30	0.33	0.36	0.40	0.44	0.49	0.53	0.59	0.65
Aumento Anual a la Tarifa	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Consumo de Energía, kWh/mes	216.00	216.00	216.00	216.00	216.00	216.00	216.00	216.00	216.00	216.00	216.00	216.00	216.00	216.00	216.00
Total a pagar a la ENEE, US\$	36.72	40.39	44.43	48.87	53.76	59.14	65.05	71.56	78.71	86.58	95.24	104.77	115.24	126.77	139.44
Resultado															
Diferencia de pago a ENEE, US\$	31.28	34.41	37.85	41.63	45.80	50.38	55.41	60.96	67.05	73.76	81.13	89.25	98.17	107.99	118.79
Diferencia en cuota préstamo hipotecario, US\$	33.81	33.81	33.81	33.81	33.81	33.81	33.81	33.81	33.81	33.81	33.81	33.81	33.81	33.81	33.81
Periodo de Repago de la Inversión	2.53	-0.60	-4.04	-7.82	-11.99	-16.57	-21.60	-27.15	-33.24	-39.95	-47.32	-55.44	-64.36	-74.18	-84.98

REFERENCIAS

- Asociación Salvadoreña de Industriales (ASI) http://industriaelsalvador.com/index.php?option=com_ content&view=article&id=28&Itemid=19
- Banco Mundial. Promedio Detallado de Precipitaciones (mm anuales). Recuperado de http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.PRCP. MM?disp
- Cálix C. (2008). Diagnóstico del Subsector Eficiencia Energética, para la formulación de la Política Energética de Honduras. SERNA/DGE
- Carrier. Manual de Diseño de Sistemas de A/C: Parte 1 Estimación de la Carga. New York
- Cerna Vásquez, M. (2011). Designing an Energy Efficient Home in a Tropical Location: Manual and Computerassisted Analysis for Tegucigalpa, Honduras. LAP LAMBERT Academic Publishing
- CII-Greenpyme-NDF. (Abril 2012). Programa de Especialización en Eficiencia Energética. CII-Greenpyme-NDF
- Comisión Europea. (Julio 2012). Comprender las políticas de la Unión Europea: Energía. Recuperado de http://europa.eu/pol/ener/flipbook/es/files/energy_es.pdf
- Construible.es. Recuperado de http://www.construible.es/noticiasDetalle.aspx?c=38&i dm=47
- Corral M. (Enero 2013). Nueve de los 10 años más calurosos fueron en el siglo XXI. El Mundo. Recuperado de http://www.elmundo.es/elmundo/2013/01/16/natura/1 358339688.html
- Daniels K. (2003). Advanced Building Systems: A Technical Guide for Architects and Engineers. Alemania. Birkhäuser Publishers for Architecture
- Dirección General de Vivienda y Urbanismo Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda
- Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), Dirección de Planificación y Desarrollo, Estadísticas Anuario 2012 & Boletines Estadísticos
- ENFORCE. (2010). Guía Práctica sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Edificios
- Gobierno de los Estados Unidos Programa General de Gestión de la Energía. Low-Energy Building Design Guidelines

- Instituto Nacional de Estadísticas (INE) Series de Empleo por Rama de Actividad y Ocupación 2001 — 2011
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). Cuarto Informe, basado en el trabajo de Ruosteenoja et al 2003
- Kreider J., Curtiss P. & Rabl A. Heating and Cooling for Buildings: Design for efficiency. Segunda Edición. McGraw Hill
- National Trust for Historic Preservation Preservation Green Lab. (Junio 2013). Realizing the Energy Efficiency Potential of Small Buildings: Saving Energy, Money and Jobs. Recuperado de http://www.preservationnation.org/informationcenter/sustainable-communities/green-lab/smallbuildings/130605_NTHP_factsheet.pdf
- Navigant Research. http://www.navigantresearch.com/
- Manual ASHRAE. (2011). Aplicaciones para Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado
- Ministerio de Energía y Minas Departamento de Eficiencia Energética, Nicaragua
- OLADE. (2009). Indicadores Económicos Energéticos Regionales.
- Organismo Hondureño de Normalización. http://www.hondurascalidad.org/normalizacion.htm
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Bibliografía Comentada Cambios en la Cobertura Forestal Honduras. (Octubre 2010). Recuperado de
 - http://www.fao.org/docrep/007/ac768s/ac768s02.htm
- Passivhaus Institut. Página web: http://www.passiv.de/
- Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA). (2006). Eco-house Guidelines for Tropical Regions
- Programa Informático Photovoltaic Software (PV Syst). http://www.pvsyst.com/en/
- Proyecto PESIC (Proyecto de Eficiencia Energética en los Sectores Industrial y Comercial de Honduras) — Documentos — Auditorías Realizadas. Recuperado de http://www.pesic.org/5_1CE.html
- Red de Ciudades y Pueblos Sostenibles de Castilla La Mancha. (2004). Guía de Buenas Prácticas de Eficiencia Energética en Edificación

- Renewables Academy RENAC. (2012). Train the Trainer Seminar on Solar Thermal Energy
- Revista Mercados & Tendencias (Mayo Junio 2013). Edición No. 73
- Rizzi E.Design and Estimating for Heating, Ventilating, and Air Conditioning. Primera Edición. Van Nostrand Reinhold Company
- UNEP-SBCI. (2009). Buildings and Climate Change Summary for Decision Makers
- Schneider Electric España. (2009). Guía Práctica de Eficiencia Energética. Recuperado de http://www.schneiderelectric.es/documents/local/soluciones/ee/usuarios/ESMKT12001H10-guia-practica-eficiencia-energetica.pdf
- Servicio Meteorológico Nacional. (2013).
- Sistema Iberoamericano de Información sobre el Agua. Honduras. Recuperado de http://www.siagua.org/pais/honduras
- Toshiba. BEMS (Building and Energy Management System).

 Recuperado de http://www.toshibatds.com/tandd/technologies/smartgrid/en/bems.htm
- Williams I., Kemp S., Coello J., Turner D.A. & Wright L.A.(Febrero 2012) A Beginner's Guide to Carbon Foot Printing: Carbon Management. Vol. 3, No. 1
- Whole Building Design Guide a Program of the National Institute of Buildings Sciences. Empire State Building Retrofit. Recuperado de http://www.wbdg.org/references/cs_esb.php
- World Energy Council, French Environment and Energy Management Agency (ADEME). (2004). Energy Efficiency: A worldwide report. Indicators, Policies, Evaluation



Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centroamérica, 4E Col. Lomas del Guijarro, Ave. Alfonso XIII Casa #3633, Bloque D Tegucigalpa, Honduras T +504 2262-0741 E energiaca@giz.de I www.energias4e.com