



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**REVISIÓN DE NORMATIVAS ESPAÑOLAS Y ADAPTACIÓN
DE UNA NORMATIVA GUATEMALTECA PROPUESTA PARA
EL USO EFICIENTE DE ENERGÍA TÉRMICA EN EDIFICIOS NO
INDUSTRIALES**

Edgar Roberto De Leon Navarro

Asesorado por: Inga. Lidia Virginia González García de Bonilla

Guatemala, noviembre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REVISIÓN DE NORMATIVAS ESPAÑOLAS Y ADAPTACIÓN DE UNA
NORMATIVA GUATEMALTECA PROPUESTA PARA EL USO EFICIENTE
DE ENERGÍA TÉRMICA EN EDIFICIOS NO INDUSTRIALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

EDGAR ROBERTO DE LEON NAVARRO

ASESORADO POR: INGA. LIDIA VIRGINIA GONZÁLEZ DE BONILLA

A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA , NOVIEMBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kennet Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PÚBLICO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Lidia Virginia González García de Bonilla
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
EXAMINADORA	Inga. Miriam Patricia Rubio de Aku
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de Graduación
Titulado:

**Revisión de normativas españolas y adaptación de una normativa
guatemalteca propuesta para el uso eficiente de energía térmica en
edificios no industriales,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial, con fecha noviembre de 2006.

Edgar Roberto De Leon Navarro

ACTO QUE DEDICO A:

Dios Por sus múltiples bendiciones en el transcurso de mi vida

Mis Padres Por su apoyo, cariño y paciencia.

Mis hermanos Por su apoyo incondicional

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Universidad de Cádiz

A los ingenieros que le dieron vida a este proyecto

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	1
1.1. Revisión	1
1.1.1. Generalidades	1
1.1.1.1. El ámbito de aplicación	1
1.1.1.2. Procedimiento de verificación	2
1.1.2. Características y cuantificación de las exigencias	3
1.1.2.1. Definición de los parámetros característicos	6
1.1.2.2. Permeabilidad del aire	8
1.1.3. Cálculos y dimensionado	8
1.1.3.1. Clasificación de los espacios	9
1.1.4. Opción simplificada	10
1.1.5. Productos de construcción y ejecución	12
1.2. Adaptación	15
1.2.1. Justificación de la Limitación de Energía Térmica	15
1.2.2. Ámbito de Aplicación	17
1.2.3. Datos Climáticos	18
1.2.4. Cálculo de Zonas Climáticas (SCI y SCV)	24
1.2.4.1. Severidad climática de Invierno (SCI)	25

1.2.4.2. Severidad climática de Verano (SCV)	26
1.2.4.3. Procedimiento de Cálculo	27
1.2.4.3.1. Cálculo de Grados _ día	27
1.2.4.3.1.1. Factor de Seguridad	33
1.2.4.3.2. Cálculo de n/N	34
1.2.4.3.3. Cálculo de Severidad Climática	38
1.2.4.3.4. Severidad Climática de Guatemala	39
1.2.5. Clasificación de Zonas Climáticas	45
1.2.5.1. Divisiones para la Severidad Climática de Invierno	45
1.2.5.2. Divisiones para la Severidad Climática de Verano	50
1.2.5.3. Zonas climáticas de Guatemala	55
1.2.6. Valores Normativos para las Zonas Climáticas	62
1.2.6.1. La envolvente Térmica	62
1.2.6.2. Parámetros Característicos	63
1.2.6.3. Consideraciones de los Parámetros Característicos	
Límite	65
1.2.6.4. Cálculo de Parámetros Característicos para	
Guatemala	66
1.2.6.5. Comprobación de la Limitación de la Demanda	
Energética	80
1.3. Análisis Económico	84
1.3.1. Objetivo de las Soluciones	84
1.3.2. Opción Propuesta	85
1.3.2.1. Opción para calefacción	85
1.3.2.2. Opción para refrigeración	86
1.3.3. Costo y Ahorro de la Propuesta	89
1.3.4. Tiempo de Recuperación de la Inversión	96

2. EFICIENCIA DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS	99
2.1. Revisión	99
2.1.1. Diseño	100
2.1.2. Equipo y Materiales	107
2.1.3. Montaje y Documentación	108
2.2. Adaptación	111
2.2.1. Recomendación de uso de Calefacción y Refrigeración	112
2.2.2. Fundamentos del Acondicionamiento de Locales	113
2.2.3. Enfriamiento Gratuito por aire exterior (<i>free – cooling</i>)	117
2.2.3.1. Definición del sistema <i>free – cooling</i>	117
2.2.3.2. Funcionamiento del sistema <i>free – cooling</i>	118
2.2.3.3. Componentes del sistema <i>free – cooling</i>	119
2.2.3.4. Condiciones de Operación	120
2.2.4. Aire Exterior mínimo de ventilación	125
2.2.4.1. Ventilación y Calidad del aire interior	125
2.2.4.2. Caudal de ventilación mínimo	126
2.2.5. Ruido	128
2.2.5.1. Fuentes de Ruido y Valores Máximos	128
2.2.5.2. Medidas de Control de Ruido	130
2.2.6. Aprovechamiento del suelo para el confort térmico	132
2.2.6.1. Generalidades de las condiciones del suelo	132
2.2.6.2. Bomba de Calor Geotérmica	133
2.2.6.3. Ventajas	137
2.2.6.4. Inconvenientes	137
2.2.7. Recuperación de calor del aire exterior	138
2.3. Análisis Económico	141
2.3.1. Impacto Potencial sobre el ciudadano	141
2.3.2. Costos de Energía para la Calefacción	143

2.3.3. Impacto Potencial General	148
3. INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE SANITARIA	151
3.1. Revisión	151
3.2. Adaptación	157
3.2.1. Generalidades	157
3.2.1.1 Temperatura del ACS	158
3.2.2. Sistemas Individuales de ACS	160
3.2.2.1 Instalaciones Individuales de Preparación Instantáneas	162
3.2.2.1.1. Calentadores de agua a gas	163
3.2.2.1.2. Grupos térmicos mixtos de preparación Instantánea	165
3.2.2.1.3. Calentador eléctrico instantáneo	166
3.2.2.2. Instalaciones individuales con acumulación	166
3.2.2.2.1. Termos eléctricos	166
3.2.2.2.2. Termo-acumuladores de gas de calentamiento Directo	168
3.2.3. Sistemas centralizados de ACS	170
3.2.4. Equipo Solar Domestico (ESD)	173
3.2.4.1. Captador Solar Plano	173
3.2.4.2. Estructura y Funcionamiento de un ESD	174
3.2.5. Zonificación de Guatemala	177
3.2.6. Aportación Solar Mínima para la producción de ACS en Guatemala	182

3.3. Análisis Económico	185
3.3.1. Condiciones actuales	185
3.3.2. Cálculo de la demanda de ACS	188
3.3.3. Cálculo del consumo de ACS	193
3.3.4. Costo del consumo, monto de inversión y ahorro obtenido	195
3.3.5. Ahorro obtenido mediante Equipos Solares Domésticos	199
3.3.6. Beneficios de la implementación de ESD	205
CONCLUSIONES	207
RECOMENDACIONES	211
BIBLIOGRAFÍA	213
APÉNDICE	215
ANEXOS	259

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. (F) LDE - A1	Grados _ día invierno	27
2. (F) LDE - A2	Grados _ día verano	28
3. (G) LDE - A1	Distribución de valores de SCI de Guatemala	46
4. (G) LDE - A2	Intervalos de la Severidad Climática de Invierno	47
5. (F) LDE - A3	Distribución visual de la SCI en Guatemala	49
6. (G) LDE - A3	Distribución de valores de SCV de Guatemala	51
7. (G) LDE - A4	Intervalos de SCV	52
8. (F) LDE - A4	División visual de la SCV de Guatemala	54
9. (F) LDE - A5	Mapa de las Zonas Climáticas de Guatemala	60
10. (F) LDE - A6	Diagrama del flujo de calor en cerramientos	62
11. (F) LDE - A7	Cerramientos del envolvente térmico	64
12. (G) LDE - A5	Transmitancia Límite de muros para España y Guatemala	68
13. (G) LDE - A6	Tendencia de la Transmitancia Límite de Muros para España	69
14. (G) LDE -A7	Comparación entre la transmitancia límite de muros de España y Guatemala	71
15. (G) LDE - A8	Comparación entre la SCV de España y Guatemala, para la adaptación de valores del Factor Solar modificado	75
16. (G) LDE - A9	Tendencia de los valores del Factor Solar modificado de España	75
17. (G) LDE - A10	Comparación entre el factor solar modificado Límite de Huecos para Guatemala y España	77
18. (F) LDE – E	Objetivo de las propuestas de Limitación de la Energía	85
19. (F) LDE - E1	Efecto sombra de un árbol	88
20. (F) LDE - E2	Voladizos en ventanas	88

21. (F) EIT - A1	Proceso de un sistema de refrigeración	114
22. (F) EIT - A2	Esquema del Funcionamiento del sistema <i>Free – Cooling</i>	119
23. (G) EIT - A1	Condiciones de Operación del Sistema <i>Free – cooling</i>	121
24. (F) EIT - A3	Funcionamiento de un sistema de lazo de enterrado	134
25. (F) EIT - A4	Sistema de una Unidad de Tratamiento de Aire	139
26. (F) EIT - E1	Consideración para el cálculo del consumo energético De calefacción en Guatemala	141
27. (F) EIT - E2	Método para el cálculo de costo de la fuente de energía	143
28. (F) EIT - E3	Impacto Potencial General	148
29. (F) ACS - A1	Sistema de agua sanitaria fría y caliente	162
30. (F) ACS - A2	Calentador instantáneo de gas	164
31. (G) ACS - A1	Diagrama para la correlación ACS, con Acumulador mediante una Bomba de Calor	165
32. (F) ACS - A3	Termo Eléctrico	167
33. (F) ACS - A4	Termo acumulador a gas de calentamiento directo	169
34. (F) ACS - A5	Componentes básicos de una Instalación Centralizada De ACS, con acumulador	171
35. (F) ACS - A6	Esquema de un sistema centralizado de producción de ACS, mediante una bomba de calor	172
36. (F) ACS - A7	Estructura de un Captor Solar Plano	174
37. (F) ACS - A8	Diagrama de una Instalación Solar Térmica (ESD)	176
38. (G) ACS - A2	Base para la elaboración de rangos de zonas climáticas	179
39. (F) ACS - A9	Zonas Climáticas de Guatemala (Para la radiación solar global)	181
40. (G) ACS – A3	Diferencias en la aportación de energía de los ESD, entre España y Guatemala	184
41. (F) ACS - E1	Características para el cálculo de la demanda	187
42. (F) ACS - E2	Equipo Solar Domestico	199

TABLAS

I.	LDE - R1	Parámetros característicos	4
II.	LDE - A1	Número máximo de horas sol (Doorenbos y Pruitt, (1977).	22
III.	LDE - A2	Valores de horas máximas	23
IV.	LDE - A3	Temperatura media y temperatura promedio de la ciudad Capital	29
V.	LDE - A4	Salto de temperatura Ciudad Capital	30
VI.	LDE - A5	Horas sol (hrs.) Ciudad de Guatemala	34
VII.	LDE - A6	Promedios de horas sol	35
VIII.	LDE - A7	Estaciones Meteorológicas de Guatemala	40
IX.	LDE - A8	SC del Territorio de Guatemala	43
X.	LDE - A9	Divisiones de SCI	48
XI.	LDE - A10	División de SCV	53
XII.	LDE - A11	Distribución Departamental de acuerdo a las Zonas Climáticas	59
XIII.	LDE - A12	Parámetros Característicos	63
XIV.	LDE - A13	Transmitancia límite de muros de España y División SCI de Guatemala	67
XV.	LDE - A1	Transmitancia límite media de Muros (Guatemala)	70
XVI.	LDE - A15	Datos base para el cálculo de Parámetros Característicos (suelos y cubiertas) de Guatemala	72
XVII.	LDE - A16	Resultados del Procedimiento de cálculo de valores U Límite	72
XVIII.	LDE - A17	Transmitancia límite media de Suelos (Guatemala)	73
XIX.	LDE - A18	Transmitancia límite media de Cubiertas (Guatemala)	73
XX.	LDE - A19	Factor solar modificado límite de España y División SCI de Guatemala	74
XXI.	LDE - A20	Factor solar modificado límite de huecos para Guatemala	77

XXII.	LDE - A21	Transmitancia límite de huecos para Guatemala	78
XXIII.	LDE - A22	Valores Límite de los parámetros característicos medios	79
XXIV.	LDE - A23	Formulario para la Verificación de la Limitación de Energía Térmica en una Edificación	81
XXV.	LDE - E1	Costo de material aislante y energía eléctrica	90
XXVI.	LDE - E2	Resultados de costo y ahorro de Madrid	91
XXVII.	LDE - E3	Tabla de costos y ahorro para las localidades de Guatemala en Euros	92
XXVIII.	LDE - E4	Costo y ahorro de Opción de asilamiento para Guatemala en Q.	93
XXIX.	LDE - E5	Ahorro en refrigeración para una edificación unifamiliar en Madrid	94
XXX.	LDE - E6	Ahorro económico por refrigeración Guatemala	95
XXXI.	LDE - E7	Tiempo de recuperación de la inversión inicial	96
XXXII.	EIT - A1	Caudales de aire exterior en l/s por unidad	127
XXXIII.	EIT - A2	Niveles sonoros máximos tolerables dB(A)	129
XXXIV.	EIT - A3	Comparación de temperaturas de aire exterior y de suelo	135
XXXV.	EIT - E1	Costo de la energía para algunos sistemas de calefacción	145
XXXVI.	EIT - E2	Ahorro y Costo de Inversión de los Sistema de Calefacción	146
XXXVII.	ACS – R1	Frecuencia de mantenimiento de instalaciones de ACS	152
XXXVIII.	ACS – A1	Temperaturas de la demanda	159
XXXIX.	ACS - A2	Potencia demandada por el caudal	164
XL.	ACS - A3	Datos de entrada para la obtención de Radiación	177
XLI.	ACS - A4	Rangos de Radiación Solar Global	179
XLII.	ACS - A5	Zonas Climáticas de Guatemala	180

XLIII.	ACS - A6	Porcentaje (%) de contribución solar mínima. Caso general	182
XLIV.	ACS - A7	Porcentaje (%) de contribución solar mínima. Caso efecto joule	183
XLV.	ACS - E1	Volumen de consumo de ACS en L / uso	188
XLVI.	ACS - E2	Demanda de energía para ACS	191
XLVII.	ACS - E3	Consumo de energía anual	194
XLVIII.	ACS - E4	Inversión, Ahorro y tiempo de Retorno de propuestas	196
XLIX.	ACS - E5	Inversión, Ahorro y Tiempo de Recuperación, para un ESD	202
L		Temperatura de la ciudad capital de Guatemala	217
LI		Horas de Sol Ciudad Capital	223

LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
CEE	Coefficiente de Eficiencia Energética
COP	Coefficiente de Operación
CO ₂	Dióxido de carbono
Cp	Calor específico
dB	Decibel
GLP	Gas Licuado del Petróleo
Hrs	Horas
J	Joul
Kg	Kilogramo
kWh	Kilowatt hora
L/seg	Litros por segundo
msnm	metros sobre el nivel del mar
m ²	metros cuadrados
m ³	metros cúbicos
Q.	Quetzal (moneda Guatemala)
W	Watt
W / m ² K	Transmitancia
°C	Grados centígrados
°K	Grados kelvin
€	Euro (moneda comunidad europea)
Δ	Diferencial
Σ	Sumatoria

RESUMEN

Este proyecto, desarrolla una serie de valores estándares para el uso eficiente de energía térmica, así como recomendaciones para utilización de fuentes alternas de energía en edificaciones no industriales, conformando así una normativa propuesta y/o documento de recomendaciones, basado fundamentalmente en el RITE y CTE, que son las dos normativas españolas, que desempeñan este papel en el territorio español.

Compuesto por tres capítulos, este proyecto se divide en: limitación de la demanda de la energía térmica en edificaciones, eficiencia en las instalaciones térmicas (calefacción y refrigeración) y por último la producción de agua caliente sanitaria. Donde la estructura básica para cada uno de los capítulos se compone de tres fases: revisión, adaptación y análisis económico respectivamente.

La revisión es la fase inicial de cada uno de los capítulos en donde se describe de forma crítica los puntos más relevantes de dos de las normativas españolas en la que se basa el proyecto; el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificaciones (RITE) y el Código Técnico de Edificios (CT), para este último específicamente el Documento Base HE - 1, HE - 2 (incorporación del RITE) y HE - 4.

Posteriormente la fase de adaptación de los capítulos es donde se crea, con base a las normativas antes mencionadas, la normativa propuesta para el territorio guatemalteco, considerado una gran cantidad de factores particulares del país, quienes definen los resultados para cada uno de los valores plasmados en el apartado. Entre dichos factores se encuentran las características meteorológicas del territorio, las condiciones socio - económicas de la población, etc.

En el análisis económico que se efectúa en cada uno de los capítulos se exponen los resultados monetarios que obtendrían la implementación o cumplimiento de las propuestas contenidas en la adaptación. Resultados que incluyen montos de consumo, ahorro, inversión y valores de tiempo de recuperación de las respectivas inversiones. En esta fase algunas opciones son ejemplificadas con situaciones que se crearon para la comparación de los resultados.

El primer capítulo es el de mayor relevancia en el proyecto, ya que se crean las bases para las recomendaciones de los capítulos posteriores. En este primer capítulo se realiza la zonificación del país de acuerdo a la severidad climática de la región, abarcando cada uno de los departamentos del territorio. Y su importancia radica en que no existen precedentes para este trabajo, ya que se crearon bases de datos que se requieren para cálculos de exigencias posteriores. Dentro de este primer capítulo se involucran los valores límite para el consumo de energía en edificaciones.

El segundo capítulo se enfoca en la obtención de un uso eficiente de las instalaciones térmicas de las edificaciones, que involucra sistemas de refrigeración y de calefacción, recomendando ciertos sistemas que utilizan energías renovables para la satisfacción de este servicio.

Por último, en el tercer capítulo se analiza el tema de la producción de agua caliente sanitaria, en donde se analizan los sistemas actuales de generación y la propuesta de sistemas que utilicen fuentes de energía renovable (energía solar), para el cubrimiento de esta demanda. Este capítulo también posee bases (zonificación de acuerdo con su radiación solar) independientes para la orientación de las propuestas

OBJETIVOS

General

Desarrollar la base para una normativa guatemalteca, que proponga recomendaciones de instalaciones térmicas en edificaciones que logren alcanzar mayor eficiencia de la energía consumida, analizando desde el punto de vista económico cada una de las propuestas, reflejando los beneficios que se pueden obtener con su implementación.

Específicos

1. Generar una zonificación climática del territorio guatemalteco para el uso de las limitaciones energéticas de calefacción y refrigeración en las edificaciones no industriales.
2. Determinar el impacto económico y social que tiene la creación de estándares (límites) de consumo de energía térmica en las edificaciones nacionales.
3. Proponer una serie de opciones, económicamente factibles, para la limitación del consumo de energía térmica.
4. Uso de la zonificación climática creada, para establecer recomendaciones de demanda límite de refrigeración y calefacción.

5. Analizar los sistemas de climatización mas rentables para cubrir la demanda de confort térmico, y que a la vez utilicen energías renovables para su cometido.
6. Crear las zonas climáticas de Guatemala para la radiación solar global, que permita proponer una aportación mínima en la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS).
7. Plantear los beneficios económicos que se obtienen al implementar sistemas que utilicen energía solar para la producción de ACS en edificaciones.

INTRODUCCIÓN

El consumo de energía para confort térmico a nivel global es uno de los actuales temas de discusión, al enfrentar el desarrollo humano y el daño que este produce al medio en el que vive. Temas como la producción de CO₂, fuentes y costos de energía son consecuencias de esta problemática.

Actualmente, países desarrollados de América y de la Comunidad Europea, apuestan por el uso de recursos renovables para la satisfacción de esta creciente demanda. Tal es el caso de España, quien posee reglamentos que le dan solución a este problema y entre sus enfoques se encuentra el uso racional y eficiente de la energía térmica en las construcciones habitacionales y el uso de fuentes renovables de energía. Es mas que obvio que países en vías de desarrollo como Guatemala, no se tiene el mismo consumo de energía que en países antes mencionados, pero al existir un crecimiento de la nación surge una demanda y oferta de energía, que entra en el mismo circulo del problema de crecimiento del consumo de energética global y sus respectivas consecuencias económicas y ambientales.

En este contexto, en el mes de agosto de 2002 se presentó y aprobó en la Primera Reunión Extraordinaria del Foro del Ministerio de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, en Johannesburgo, la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible, en donde se promueve entre otras cosas, mayor participación de la fuentes renovables en el ámbito regional y global, marcando como primera una participación mínima del 10% de fuentes renovables en la Oferta Total de Energía Primaria (OTEP), para los países participantes.

Como marco previo de esta convención, un estudio indicó que Guatemala reflejaba una débil utilización de combustibles fósiles, lo cual representa un factor positivo para el país, pero a la vez resulta negativo a causa del fuerte impacto sobre los recursos forestales nacionales y sobre todo, en la calidad de vida de los usuarios.

Lo anterior esta fundamentado con el alto Índice de Sostenibilidad Residencial (ISR mayor al 60%) que presenta Guatemala, el cual informa sobre la importancia de la leña en el abastecimiento de los requerimientos térmicos (o calóricos) básicos de las familias, resaltando la cocción, calefacción y agua caliente sanitaria, cuyas condiciones repercuten en la eficiencia energética, afectando de manera negativa la salud de sus usuarios.

Es por ello que un equilibrio entre la fuente y el uso de energía, es el enfoque que este proyecto plantea para darle solución al problema del consumo de energía, y de forma conjunta aumentar el nivel de vida de la población guatemalteca.

La solución se presenta con la normativa nacional propuesta, que en primera instancia buscara regular el consumo de energía en las edificaciones, para luego proponer sistemas de climatización y de producción de agua caliente sanitaria que utilicen fuentes renovables de energía, logrando el equilibrio antes mencionado.

1. LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

1.1. Revisión

1.1.1. Generalidades

1.1.1.1. El ámbito de aplicación

El Código técnico, inicia la limitación de demanda energética, describiendo las instalaciones en las que se puede aplicar el documento.

Las cuales son:

1. Nuevas edificación a construir y
2. Modificaciones o rehabilitaciones a edificios ya existentes, que tengan una superficie mayor a los 1000 m², en donde se trabajará más del 25% de sus instalaciones físicas.

A estas dos opciones se exceptúan las siguientes instalaciones:

1. Edificios que permanezcan abiertos.
2. Edificios o monumentos declarados como valor histórico o arquitectónico.
3. Edificios usados para actividades religiosas o cultos.
4. Construcciones temporales cuya utilización será igual o menor a dos años.
5. Plantas o instalaciones industriales, de manufactura o talleres.
6. Edificios aislados con una superficie total útil inferior a los 50 m².

1.1.1.2. Procedimiento de verificación

Para la aplicación de la limitación de demanda energética se deben seguir los siguientes pasos:

1. El código técnico, presenta dos opciones para el procedimiento de comprobación de la demanda energética en los edificios, los cuales son:
 - a. La opción Simplificada y
 - b. La opción General

En el código técnico se detallan las dos opciones, pero por razones de estudio únicamente se analizará la opción simplificada. La opción general requiere el manejo de un software diseñado para este procedimiento de comprobación llamado LIDER (Limitación de Demanda Energética), el cual puede ser descargado desde páginas Web para su uso.

Opción Simplificada: Esta opción se basa en el control indirecto de la demanda energética de los edificios, mediante la limitación de los parámetros característicos de los *cerramientos*¹ y *particiones interiores*², que constituyen y encierran su ambiente térmico. La comprobación se realiza al comparar los datos calculados (parámetros característicos) con los valores limitados permitidos (contenidos en el código técnico).

2. Por otra parte, existen procedimientos de verificación que se deben cumplir durante la ejecución del proyecto, los cuales se desglosan en el apartado 6 de esta revisión (Construcción).

1.1.2. Características y cuantificación de las exigencias

La demanda energética de los edificios, de acuerdo con el código técnico, se encuentra en función de las **condiciones climáticas** en donde se ubica, y de la **carga interna** en sus espacios (dentro del edificio).

Los parámetros característicos, que el código técnico compara y que definen la envolvente térmica de un edificio, son:

1. **Cerramiento:** Elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios.

2. **Partición interior:** Elemento constructivo del edificio que divide su interior en recintos independientes. Pueden ser verticales u horizontales (suelos y techos).

*Definiciones del Apéndice A, Sección HE-1, Código Técnico.

Tabla I. LDE – R1: Parámetros característicos

Parámetro Característico	Símbolo
Transmitancia térmica de muros de fachada	U_M
Transmitancia térmica de cubiertas	U_C
Transmitancia térmica de suelos	U_S
Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno	U_T
Transmitancia térmica de huecos	U_H
Factor Solar modificado de huecos	F_H
Factor Solar modificado de lucernario	F_L
Transmitancia térmica de medianeras	U_{MD}

Fuente: Documento HE – 1, Del Código Técnico

1.1.2.1. Definición de los parámetros característicos

Transmitancia Térmica (U):

Es el flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.

$$U = Q / (A \cdot \Delta T) \quad (\text{Fórmula 1})$$

Donde:

U: Transmitancia Térmica (Watts / $m^2 \cdot ^\circ K$)

Q: Es el flujo de calor (Watts)

A: Área por la que pasa el flujo (m^2)

ΔT : La diferencia de temperatura entre los ambientes que separa el área ($^\circ K$).

Consideraciones:

1. Factores como el clima que rige el cambio de temperatura no puede ser modificado.
2. Al igual que el clima, el espacio que necesita el ser humano para habitar no puede ser modificado.

Por lo tanto se reduce el Flujo de calor, reduciendo la Transmitancia Térmica.

Al reducir el flujo de Calor, se reduce la demanda.

A partir de esta expresión:

$$\text{Consumo Energético} = \frac{\text{Demanda energética}}{\text{Eficiencia de las instalaciones}}$$

Se puede afirmar entonces que al reducir la demanda y aumentar la eficiencia energética de las instalaciones térmicas (Sección HE-2 del DB, Código Técnico), se reduce el consumo energético.

A partir de estas consideraciones, se definen los siguientes parámetros característicos:

Transmitancia térmica de muros de fachada: es la transmitancia que se calcula en los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación sea superior a 60° respecto a la horizontal.

Transmitancia térmica de cubiertas: transmitancia en aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal.

Transmitancia térmica de suelos: calculada en aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el aire, con el terreno, o con un *espacio no habitable*.

Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno.

Transmitancia térmica de huecos: entiéndase ventanas, agujeros, etc., que forman parte de lo cerramientos.

Factor Solar modificado de huecos: Es el producto *del factor solar*¹ por el *factor de sombra*², de un agujero, ventana, etc.

Factor Solar modificado de lucernario: producto *del factor solar*¹ por el *factor de sombra*², de cualquier hueco situado en una cubierta, por tanto su inclinación será menor de 60° respecto a la horizontal.

Transmitancia térmica de medianeras: calculada en aquellos *cerramientos* que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común.

(1) **Factor solar:** Es el cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente.

(2) **Factor de sombra:** Es la fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachadas tales como retranqueos, voladiza, toldos, salientes laterales u otros

*Definiciones del Apéndice A, Sección HE-11, Código Técnico.

Establecidas las características a limitar y comparar, el código técnico establece los valores correspondientes para dichas características, dependiendo de la zona climática en donde se encuentre el edificio, especificando en una tabla los valores máximos por zona climática, y otra donde se especifican los valores límites.

Un factor que se considera para los interiores es la transmitancia que existe por la diferencia de condiciones de calefacción entre ciertas partes del edificio, es decir que se limita también la transmitancia térmica en los casos en que en espacios vecinos, exista una diferencia de sistemas de calefacción, y por lo tanto la temperatura de un espacio sea diferente al vecino, dentro del mismo edificio.

Cada uno de los valores límites para las transmitancias térmicas, se encuentran detallados en tablas, dentro del código técnico, en donde se especifica la zona climática a la que pertenece, la transmitancia térmica (suelo, muros, etc.), y en el caso de la transmitancia térmica de huecos se requiere el dato del porcentaje que representa el hueco en el cerramiento y su orientación (N, S, E/O, SE/SO).

De la misma manera que se limitan las transmitancias térmicas, se dan a conocer los valores límites para los dos factores solares modificados; de lucernarios, y de huecos, en donde este último requiere el porcentaje que el hueco representa en el cerramiento, su orientación y el tipo de carga interna (alto o bajo).

Cada uno de los valores límites se encuentra identificado de la siguiente manera:

Transmitancia límite de los suelos: U_{Slim}

Transmitancia límite de cubiertas: U_{Clim}

....

....

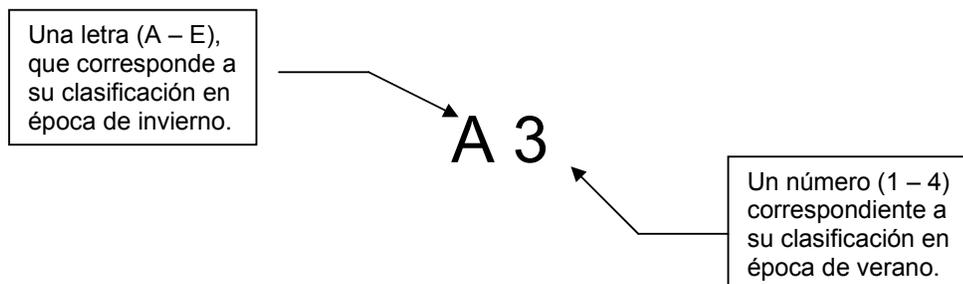
Factor solar modificado límite de lucernarios: F_{Lim}

1.1.2.2. Permeabilidad del aire

Los lucernarios y huecos, son caracterizados también por los marcos que los componen, limitando en cada una de ellos la permeabilidad del aire. Para ello existen valores máximos permitidos dependiendo de la zona climática, expresados en $(m^3 / h m^2)$.

1.1.3. Cálculos y dimensionado

Las zonas climáticas utilizadas por el código técnico se encuentran expresadas de la siguiente forma:



La primera parte del identificador de la zona climática es una letra cuyo rango va desde la letra A representando un invierno menos frío y la letra E, un invierno mas frío. Mientras que el segundo carácter (un numero), va desde el numero 1 que representa un verano menos intenso y el numero 4 un verano mas calido o intenso.

Dentro del contenido del código técnico se especifican los cálculos para establecer las zonas climáticas, tomando como datos los grados _ días de verano e invierno en base 20, la media de la radiación global acumulada, y el ratio entre las horas de sol y las horas de sol máximas. Para cada país existen combinaciones diferentes de numero y letras, por lo que no en todos se presentan las mismas zonas climáticas.

1.1 3.1. Clasificación de los espacios

Los espacios interiores de un edificio se clasifican en no habitables y habitables donde este último, a su vez se clasifica en espacios con alta carga interna y espacios con baja carga interna, los cuales dependen de el tipo de actividad que se efectúa en el espacio y la cantidad de tiempo de utilización del espacio.

- Espacios de baja carga interna: lugares destinados a viviendas con una frecuencia de estancia permanente o eventual, y espacios que cumplan dichas funciones como habitaciones de hoteles, de hospitales, etc.
- Espacios de alta carga interna: son todos los espacios que no cumplen con la definición anterior. Como oficinas donde exista equipo que disipen calor (computadoras), artefactos de iluminación específicos, etc.

Existe otra clasificación para los cerramientos de espacios habitables, en la cual entran en juego factores como su comportamiento térmico y el cálculo de sus parámetros característicos:

- Cerramiento en contacto con el aire.
- Cerramiento en contacto con el terreno.
- Particiones interiores en contacto con espacios no habitables.

Cada una de estas a su vez se clasifican en otras subdivisiones las cuales se encuentran detalladas en el código técnico, sección HE-1, del documento Base.

1.1.4. Opción simplificada

Limitar la demanda energética de los edificios mediante el uso de la opción simplificada, dispone una forma indirecta de realizarlo.

Para la opción simplificada se requieren los parámetros característicos descritos en el inciso 2.1 de esta revisión, los cuales componen la *envolvente térmica*¹ de un edificio.

A su vez, de manera implícita se disminuyen las condensaciones (humedad) tanto en la superficie como en el interior de los cerramientos, que provocan el deterioro de las instalaciones físicas del edificio.

(1) Envolvente Térmica: son todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

**Definiciones del Apéndice A, Sección HE'1, Código Técnico.*

La limitación del paso del aire por los huecos y lucernarios, y la limitación de la transmisión térmica entre espacios climatizados y no climatizados, son ambos, también, objetivos que se logran alcanzar con la opción simplificada.

La opción simplificada presenta ciertas limitaciones para su aplicación entre las que se pueden mencionar:

- el porcentaje de huecos en cada fachada debe ser inferior al 60% de su superficie.
- el porcentaje de lucernarios debe ser inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.
- Se excluyen construcciones cuyos cerramientos presenten características no convencionales, como *muros Trombe*¹, etc.

Para todos los edificios que no presenten las limitaciones anteriores, deben ser analizadas con la opción general (Software LIDER).

Básicamente el análisis de la opción simplificada se realiza sobre los cerramientos y particiones interiores mencionadas en los parámetros característicos que son: cubiertas, fachadas, suelos, medianeras, cerramientos en contacto con el terreno, particiones interiores, los espacios habitables, *puentes térmicos*² (menor a 0.5 m²),

(1) **Muro Trombe:** Cerramiento que aprovecha la energía solar para el calentamiento por recirculación del aire interior del edificio. Generalmente está formado por una hoja interior de fábrica, una cámara de aire y un acristalamiento exterior. La circulación del aire puede ser natural (termosifón) o forzada. También se denomina muro solar ventilado.

(2) **Puente térmico:** Se consideran puentes térmicos las zonas de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento, de los materiales empleados, por penetración de elementos constructivos con diferente conductividad, etc., lo que conlleva necesariamente una minoración de la resistencia térmica respecto al resto de los cerramientos.

*Definiciones del Apéndice A, Sección HE-1, Código Técnico.

En el código técnico se describe el procedimiento de aplicación, para la opción simplificada, el cual será adaptado en el siguiente capítulo de esta sección, tomando como base las condiciones climatológicas de Guatemala, sin olvidar que la base para sus cálculos y procedimiento es el mismo código técnico. Por lo que su detalle puede ser observado en el Documento Base del Código Técnico, en la Sección HE-1.

1.1.5. Productos de construcción y ejecución

Tanto para edificios nuevos, como para modificaciones a instalaciones ya existentes, el código técnico establece ciertos requerimientos que garanticen los resultados de la limitación de la demanda energética, en cuanto a los productos utilizados para la construcción, y estos son:

- Las especificaciones técnicas de los materiales utilizados, las cuales deben ser garantizadas por el fabricante y que cumplan las respectivas normas de calidad, de la región.
- El control de la entrega de materiales en el área de construcción, comparando de manera documentada las características antes mencionadas, y que todos los requerimientos que se soliciten antes de la utilización de los mismos en la ejecución del proyecto.

Nota: Es importante mencionar que los edificios se caracterizan térmicamente por las propiedades higrotermicas de sus materiales de construcción, como lo son para los muros la conductividad térmica, el factor de resistencia a la difusión del vapor, su densidad, entre otros.

El código técnico, en la sección HE-1, hace énfasis en el control sobre la ejecución del proyecto, para obtener los resultados óptimos del mismo.

Se hacen hincapié los siguientes puntos:

- Ejecución de los puentes térmicos integrados en los *cerramientos* tales como pilares, contornos de huecos y cajas de persiana, atendiéndose a los detalles constructivos correspondientes.
- Control del aislamiento térmico, en cuanto a su colocación, posición, dimensión y tratamiento de puntos singulares.
- Ejecución de los puentes térmicos tales como frentes de forjado y encuentro entre *cerramientos*.

1.2. Adaptación

1.2.1. Justificación de la Limitación de Energía Térmica

A principios del siglo XXI, de acuerdo con un balance energético realizado para Guatemala, el 63% del consumo final de energía en el país lo constituye la leña, luego el diesel y gasolinas en un 12 % y 8 % respectivamente, donde este alto consumo de leña obedece a que la mayor parte de la población viven en el área rural del país, y son de escasos recursos económicos, lo que les impide tener acceso y disponibilidad a otras fuentes de energía. Esta fuente de energía, desaprovecha el 90% de su consumo, pero para regiones con bajas temperaturas, el calor desaprovechado, mantiene una temperatura confortable en el interior de las viviendas.

Aunque la leña ha sido un recurso renovable utilizado por los habitantes del área rural de Guatemala, para uso residencial como lo es el confort térmico, su continuo uso presenta las siguientes desventajas que ya hoy en día, son perceptibles: el encarecimiento de los alimentos, problema que afecta en gran medida a un país cuya base económica es la agricultura. Y por otra parte las secuelas en el medio ambiente, por la tala de árboles.

Cuando se habla de energía utilizada para uso residencial se involucra la destinada al confort térmico de la vivienda, es decir la utilizada para la climatización de espacios habitables.

Aunque la búsqueda de fuentes renovables de energía es una de las alternativas para satisfacer la demanda energética creciente del país, el siguiente estudio propone como medida alterna la **regulación** de dicha demanda, la cual trata de disminuir el consumo y proporcionale al usuario de la vivienda un confort térmico.

Es por ello que se ha tomado como fuente de información el Código Técnico de Edificación en España, el cual en su documento Básico de HE sobre el ahorro de Energía, se instituye como objetivo del mismo, establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía, a través de su uso racional en edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir así mismo que una parte de este proceda de fuentes renovables, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

El apartado HE-1 del documento base, del CTE, tiene como objetivos el dotar a los edificios de una envolvente exterior que resulte adecuada en relación a las exigencias necesarias para alcanzar el confort térmico en su interior, teniendo en cuenta condiciones climáticas, estacionales o de uso.

En el se estudia las características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales y con un correcto tratamiento de los puentes térmicos limitando las pérdidas y ganancias de calor con el objeto de evitar problemas higrotérmicos. Para conseguir este objetivo se ha procedido a una actualización de la Normativa de Aislamiento Térmico NBE-CT-79, encuadrada dentro del CTE.

Por tanto, la adaptación de este tipo de normativa para el país de Guatemala, conlleva beneficios como el ahorro económico y el cuidado del medio ambiente, así como una mejor calidad de vida para el guatemalteco en general.

1.2.2. Ámbito de Aplicación

Este documento puede ser aplicado a construcciones (edificaciones) nuevas o a modificaciones de edificios ya existentes, ubicados en el país de Guatemala, cuyos espacios interiores sean destinados para la residencia de personas, con una permanencia frecuente o parcial. Como por ejemplo: edificios en general, oficina de trabajo, viviendas, hoteles, hospitales, colegios, institutos, restaurantes, centros comerciales, reclusorios, etc. Dentro de las limitaciones de las construcciones mencionadas se encuentran:

- Instalaciones INDUSTRIALES, en las que se incluyen, plantas de manufacturas, talleres de ensamble, naves industriales de procesamiento, bodegas de almacenamiento, etc.
- Toda edificación que por su utilidad deba permanecer abierta, como por ejemplo estadios, gasolineras, parques de recreación, etc.
- Edificios Históricos que formen parte del Patrimonio Cultural o Social del país, cuyas modificaciones pudiesen alterarlos.
- Cualquier edificación destinada para actividades religiosas o cultos (ejemplo: iglesias).

1.2.3. Datos Climáticos

Los fenómenos meteorológicos otorgan diversas características a los distintos puntos del planeta de acuerdo su comportamiento a través de las distintas épocas del año.

La base para la limitación de la demanda energética se encuentra conformada por las cargas internas del edificio y por las condiciones o características climáticas, de donde se encuentre el edificio de análisis.

El país de Guatemala se encuentra conformado por 22 departamentos los cuales independientemente presentan condiciones climáticas diferentes, debido entre otros factores a su variada topografía.

Las ocho regiones en las que se divide la geografía guatemalteca actualmente son:

- Área Metropolitana
- Centro
- Norte
- Noreste
- Sueste
- Sur-oriente
- Nororiente
- Peten

Gran cantidad de los datos que se presentan a continuación fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrológica (INSIVUMEH), de Guatemala.

Las características climáticas utilizadas para el cálculo de la limitación de energía son:

Temperatura

Definida como la medida del contenido de calor de un cuerpo o sistema, la temperatura, para este estudio, se define como la componente del clima que indica el grado de calentamiento del aire atmosférico.

La base de datos de temperatura para los diferentes departamentos de la republica de Guatemala, en su mayoría se presentan en un rango de 10 años, proporcionando un dato de temperatura media por mes.

Ejemplo:

El siguiente ejemplo corresponde a la Temperatura Media de la Ciudad Capital de Guatemala, cuyos datos provienen de la estación meteorológica del INSIVUMEH. (véase tabla L)

Para cada uno de los departamentos la cantidad de años, de la base de datos, varia dependiendo de la estación meteorológica y del departamento.

Insolación solar o Brillo Solar:

La insolación solar, es la cantidad de horas de sol que se percibe en un área determinada la cual es modificada por la cantidad de nubes en el área, durante un día (24 horas). Y varía también por la época del año es decir estación de invierno o verano.

De la misma forma que se presenta la temperatura para cada uno de los departamentos, las horas de sol, se despliega con datos promedio, para cada mes del año.

Ejemplo:

Al igual que en el ejemplo anterior los datos corresponden a la Ciudad Capital de Guatemala, y los datos provienen de la estación meteorológica del INSIVUMEH. (véase tabla LI).

Debido a que los datos para ambos casos (temperatura y horas sol), corresponden a la misma estación climatológica, los datos varían en la cantidad de años para cada departamento.

Horas de Sol Máxima

Es la cantidad de horas sol que se percibirían en una superficie, si el cielo estuviera despejado completamente.

El dato de las horas de sol máxima se puede obtener a partir de la latitud del país, de la siguiente manera:

- Primero se debe establecer la ubicación del país de Guatemala, en la latitud norte:

Ubicación: entre los 13°44" y 18°30" latitud Norte.

- Haciendo referencia a la Tabla LDE- A1. "Numero máximo de horas sol" (Doorenbos y Pruit, 1977), en donde se encuentran los valores de horas sol al día, distribuida por cada uno de los meses del año.

Tabla II. LDE - A1. Número máximo de horas sol (Doorenbos y Pruit, 1977).

Lat. Norte	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Lat. Sur	Dic	Nov	Oct	Sep	Ago	Jul	Jun	May	Abr	Mar	Feb	Ene
50	8.5	10	11.8	13.7	15.3	16.3	15.9	14.1	12.6	10.7	9	8.1
48	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46	9.1	10.4	11.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	11	11.5	12	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
15	11.3	11.6	12	12.5	12.8	13	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
10	11.6	11.8	12	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ecuador	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Ubicacion de la latitud Norte de Guatemala.

Fuente: Articulo publicado en la Web (autor desconocido).

Se puede observar en la tabla que no existe un valor exacto para la latitud de **13°44"** y **18°30"**, por lo que se toma el valor de latitud **15°**, como intervalo medio. Con una diferencia promedio de 0.1917 horas entre valores cercanos (20° y 10°), aproximadamente 11 minutos y 30 segundos de sol de error para cada uno de los valores, para efectos de cálculos esta diferencia será despreciada.

- Una vez que se tiene el valor de horas máximas al día se multiplica por el numero de días que tiene cada mes, para obtener horas/mes, que es la dimensional que se tiene en las tablas de la base de datos para las estaciones meteorológicas del país.

- La tabla LDE - A2 contiene los valores de horas máximas de sol que serán utilizados para el cálculo del ratio de horas de sol, en la severidad climática.

Tabla III. LDE - A2. Valores de horas máximas

mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
dias/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
hrs. max /dia	11.3	11.6	12	12.5	12.8	13	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
hrs. mas/mes	350.3	324.8	372	375	396.8	390	399.9	390.6	366	365.8	342	347.2

Datos de la Tabla de "Horas Maximas de sol"

1.2.4. Cálculo de Zonas Climáticas (SCI y SCV)

Para este inciso se define como zona climática, el área o región del país conformada por varios departamentos que poseen condiciones climáticas similares. Donde la finalidad de separar los departamentos por zonas climáticas es facilitar la ubicación del edificio en el país para la limitación de su demanda energética.

Básicamente las zonas climáticas surgen de la severidad climática de invierno y verano de la localidad y se define como el resultado de dividir la demanda energética de un edificio en dicha localidad y la correspondiente al mismo edificio en una localidad de referencia.

Se dice que dos localidades tienen la misma severidad climática de invierno (o de verano), cuando un edificio tendría la misma demanda energética de calefacción (o de refrigeración) en ambas localidades.

Por otra parte, se dice que un clima es “n” veces más severo que otro cuando la demanda energética de un mismo edificio es “n” veces mayor en el primer clima que en el segundo.

Como se menciono anteriormente la severidad climática se analiza desde dos puntos de vista:

- Severidad Climática de Invierno (SCI) y
- Severidad Climática de verano (SCV).

Datos base de la severidad Climática:

Grados _ día: Los grados _ día de un determinado periodo de tiempo es la suma, para todos los días de ese periodo de tiempo, de la diferencia entre la temperatura fija, o base de los grados _ día, y la temperatura media del día, siempre y cuando esta temperatura sea inferior a la temperatura base.

Ratio de horas sol: Este valor depende de dos datos, el número de horas sol, y el número de horas sol máximo. Ambos datos definidos en el apartado anterior (Datos climáticos).

1.2.4.1. Severidad Climática de Invierno (SCI)

Para el cálculo de la severidad climática de invierno se toma como referencia los datos climáticos para 3 de los meses que componen el invierno, los cuales con frecuencia son Enero, Febrero y Diciembre, que corresponden a la época de invierno más severa durante el año en la mayoría de las regiones del país.

A partir de los datos climáticos disponibles para los meses mencionados anteriormente la severidad climática de invierno se calcula a partir de:

- **(Gd)** La media de los grados _ día de invierno en base 20 (grados Celsius).
- **(n/N)** El cociente entre el número de horas de sol (n) y el número de horas de sol máximas (N), en invierno.

Estos datos son substituidos en la siguiente correlación:

$$SCI = a*(Gd) + b*(n/N) + c*(Gd)^2 + d*(n/N)^2 + e$$

Donde:

$$a = 2.395E-3$$

$$b = -1.111$$

$$c = 1.885E-6$$

$$d = 7.026E-1$$

$$e = 5.709E-2$$

La correlación como los valores que contiene (a, b, c, d, e) son los descritos por el Código Técnico en la sección HE-1, del Documento Base, en su apéndice D, para el de SC.

1.2.4.2. Severidad Climática de Verano (SCV)

De manera análoga, los datos para el cálculo de la severidad climática de verano, son los correspondientes a los meses de verano, donde marzo, abril, mayo y julio, son los mese con mayor impacto en esta época. Pero en ciertos cálculos se toman valores diferentes, con un máximo de 4 meses. Al igual que SCI, la severidad climática de verano se calcula a partir de:

- **(Gd)** La media de los grados _ día de verano en base 20 (grados Celsius).
- **(n/N)** El cociente entre el número de horas de sol (n) y el número de horas de sol máximas (N), en verano.

La correlación para SCV es:

$$SCV = a*(Gd) + b*(n/N) + c*(Gd)^2 + d*(n/N)^2 + e$$

Donde:

$$a = 1.090E-2$$

$$b = 1.023$$

$$c = -1.638E-5$$

$$d = -5.977E-1$$

$$e = -3.370E-1$$

La correlación como los valores que contiene, son los descritos por el Código Técnico en la sección HE-1, del Documento Base, en su apéndice D.

1.2.4.3. Procedimiento de Cálculo

El procedimiento para el cálculo de las severidades climáticas a partir de los datos disponibles es el que se describe en los pasos siguientes:

1.2.4.3.1. Cálculo de Grados _ día

Los grados días se definen como la integral a lo largo del periodo de interés (invierno o verano), entre la curva de temperatura de aire exterior, y una temperatura base que se toma igual a 20°C. Gráficamente se representa como el área limitada por la temperatura diaria y la constante de 20 ° centígrados.

Para el cálculo de los grados días de invierno, se consideran únicamente las horas en las que la temperatura exterior es inferior a 20°C, mientras que para verano se consideran únicamente las horas en las que la temperatura exterior es superior a 20 ° C. En la figura LDE - A1 y figura LDE - A2, se puede observar el área que conforma los grados _ día tanto para invierno como para verano respectivamente.

Figura 1. (F) **LDE - A1**: Grados _ día invierno

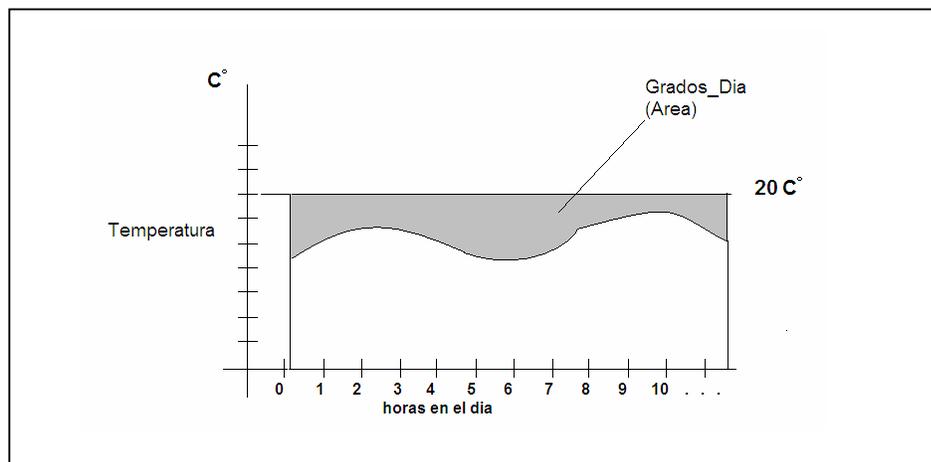
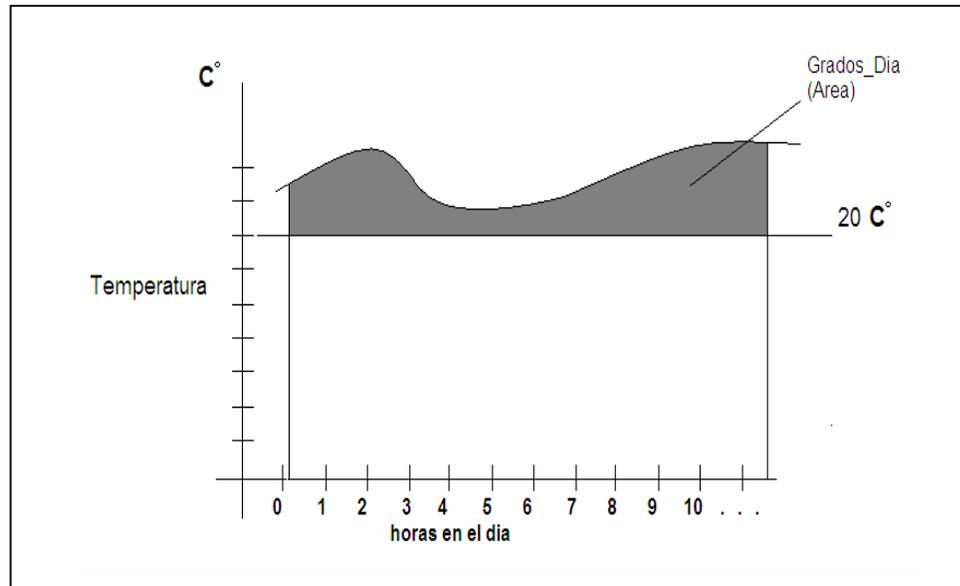


Figura 2. (F) LDE - A2: Grados _ día verano



Observación:

- En el caso en que alguno de los datos de verano sean menores a los 20 grados centígrados, dicho valor no es contabilizado, y por tanto se considera 0, en otras palabras no pueden existir valores negativos a sumar en los grados _ día.

Como fue mencionado en el punto anterior (3. Datos Climáticos), la temperatura que se obtuvo de la base de datos para el cálculo, es una temperatura media, por lo que los valores se obtienen de la siguiente manera:

- Se calcula para cada uno de los meses el promedio de las temperaturas medias.

$$\text{Temperatura promedio mensual} = \left(\sum_{i=0}^{i=n} T_i \right) / n = T_{pm}$$

Donde:

n = es el número de años presentados en la base de datos, el cual varia dependiendo de la estación meteorológica.

Ti = es la temperatura media mensual en grados Celsius, para cada uno de los diferentes años.

Ejemplo:

Tabla IV. LDE - A3: Temperatura media y temperatura promedio de la ciudad Capital

Temperatura media y Promedio de Temperatura Media, Ciudad de Guatemala												
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	17.6	18.2	19.2	20.6	21.4	20.6	20.4	20.5	20.1	19.8	18.6	18.2
1991	18.4	18.8	21	21.8	21.5	20.6	20.3	20.6	20.1	19.6	18.4	17.9
1992	18.8	19.1	20.6	20.7	20.7	20.4	19.7	20	19.6	19.5	19.6	18.2
1993	18.4	18.7	19.7	21.2	21.8	20.4	20.2	19.6	19.7	19.5	18.1	17.5
1994	17.5	18.8	19.5	20.5	20.8	19.7	20	19.4	19.3	20	19.6	18.5
1995	18	19.4	20.5	19.4	21.5	20.6	20.1	20.3	19.4	19	18.7	18.4
1996	17	18.2	18.9	20.8	20.5	20.1	19.5	19.9	20	19.8	18.5	18.4
1997	15.5	19.4	20.5	21.6	20.7	20.5	20	20.7	19.3	20	19.9	18.3
1998	19.8	20.3	20.7	22.2	22.5	20.3	20.9	20.8	19.6	21.5	19	18.1
1999	17.4	17.3	19.6	20.9	20.7	19	19	19.3	18.4	18.4	17.3	17.8
2000	18	18.6	19.6	23.6	19.9	19.2	20.1	19.7	19.5	18.8	19.3	18
2001	16.8	18.1	19.2	20.3	20.4	19.5	20.1	19.9	19.2	19	17.3	18.3
2002	17.3	18.6	18.6	19.8	20.3	20.1	21	19.6	18.9	18.5	17.1	17.9
2003	16.8	17.8	24.8	20.6	20.7	19.1	20.3	20	19.7	20.2	19.2	17.5
promedio	17.7	18.7	20.2	21.0	21.0	20.0	20.1	20.0	19.5	19.5	18.6	17.9

Promedi de temperatura media mensual, en grados celcius.

En la tabla LDE - A3 se puede observar el promedio de temperatura media mensual, y este esquema es para cada uno de los departamentos de la republica de Guatemala.

- Se realiza la diferencia entre la Temperatura promedio mensual y la temperatura base, para los meses de verano y para los de invierno.

$$\begin{aligned} \text{Diferencia invierno} &= \text{Temperatura base} - \text{Temperatura promedio mensual} \\ &= 20 - T_{pm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diferencia verano} &= \text{Temperatura promedio mensual} - \text{Temperatura base} \\ &= T_{pm} - 20 \end{aligned}$$

Tabla V. LDE - A4: Saltos de temperatura Ciudad Capital

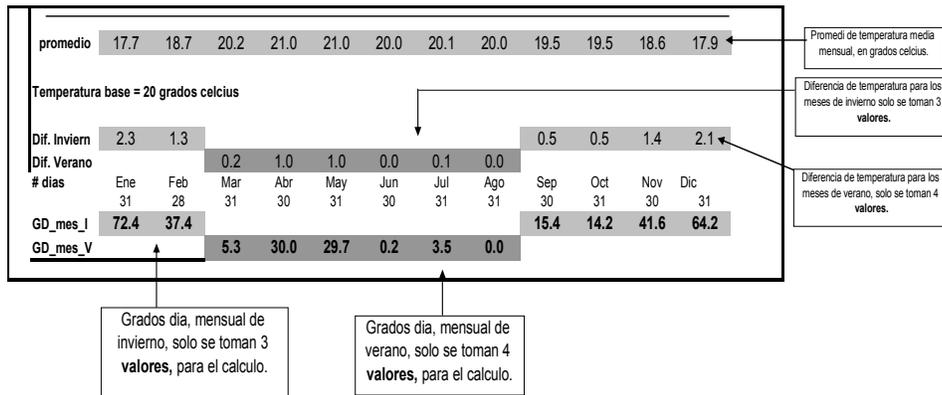
Temperatura media y Promedio de Temperatura Media, Ciudad de Guatemala												
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	17.6	18.2	19.2	20.6	21.4	20.6	20.4	20.5	20.1	19.8	18.6	18.2
1991	18.4	18.8	21	21.8	21.5	20.6	20.3	20.6	20.1	19.6	18.4	17.9
1992	18.8	19.1	20.6	20.7	20.7	20.4	19.7	20	19.6	19.5	19.6	18.2
1993	18.4	18.7	19.7	21.2	21.8	20.4	20.2	19.6	19.7	19.5	18.1	17.5
1994	17.5	18.8	19.5	20.5	20.8	19.7	20	19.4	19.3	20	19.6	18.5
1995	18	19.4	20.5	19.4	21.5	20.6	20.1	20.3	19.4	19	18.7	18.4
1996	17	18.2	18.9	20.8	20.5	20.1	19.5	19.9	20	19.8	18.5	18.4
1997	15.5	19.4	20.5	21.6	20.7	20.5	20	20.7	19.3	20	19.9	18.3
1998	19.8	20.3	20.7	22.2	22.5	20.3	20.9	20.8	19.6	21.5	19	18.1
1999	17.4	17.3	19.6	20.9	20.7	19	19	19.3	18.4	18.4	17.3	17.8
2000	18	18.6	19.6	23.6	19.9	19.2	20.1	19.7	19.5	18.8	19.3	16
2001	16.8	18.1	19.2	20.3	20.4	19.5	20.1	19.9	19.2	19	17.3	18.3
2002	17.3	18.6	18.6	19.8	20.3	20.1	21	19.6	18.9	18.5	17.1	17.9
2003	16.8	17.8	24.8	20.6	20.7	19.1	20.3	20	19.7	20.2	19.2	17.5
promedio	17.7	18.7	20.2	21.0	21.0	20.0	20.1	20.0	19.5	19.5	18.6	17.9
Temperatura base = 20 grados celcius												
Dif. Inviern	2.3	1.3							0.5	0.5	1.4	2.1
Dif. Verano			0.2	1.0	1.0	0.0	0.1	0.0				

Diferencia de temperatura para los meses de verano, solo se toman 4 valores.

Promedi de temperatura media mensual, en grados celcius.

Diferencia de temperatura para los meses de invierno solo se toman 3 valores.

- Una vez obtenidas las diferencias se multiplica las diferencias por el número de días que tiene el mes, para obtener los grados _ día por mes.



- Con los Grados _ Día mensual se calcula los Grados – Día para la severidad Climática. Sacando un promedio de los grados _ día mensual correspondiente.
 - Grados _ día de invierno, es el promedio de 3 valores de grados _ día mensual, entre los meses de esta época.

$$GD \text{ Invierno} = \frac{GD \text{ mensual } 1 + GD \text{ mensual } 2 + GD \text{ mensual } 3}{3}$$

- Grados _ día de verano, es el promedio de 4 valores de grados _ día mensual, entre los meses de verano.

$$GD \text{ Verano} = \frac{GD \text{ mensual } 1 + GD \text{ mensual } 2 + GD \text{ mensual } 3 + GD \text{ mensual } 4}{4}$$

Ejemplo:

Tomando como base los datos de la tabla LDE - A4, correspondiente a la ciudad de Guatemala, se obtienen los siguientes resultados:

promedio	17.7	18.7	20.2	21.0	21.0	20.0	20.1	20.0	19.5	19.5	18.6	17.9	
Temperatura base = 20 grados celcius													
Dif. Inviern	2.3	1.3								0.5	0.5	1.4	2.1
Dif. Verano			0.2	1.0	1.0	0.0	0.1	0.0					
# dias	Ene 31	Feb 28	Mar 31	Abr 30	May 31	Jun 30	Jul 31	Ago 31	Sep 30	Oct 31	Nov 30	Dic 31	
GD_mes_I	72.4	37.4							15.4	14.2	41.6	64.2	
GD_mes_V			5.3	30.0	29.7	0.2	3.5	0.0					

Grados día, mensual de invierno, solo se toman 3 valores, para el calculo.

Grados día, mensual de verano, solo se toman 4 valores, para el calculo.

$$GD_Invierno = \frac{72.4 + 64.2 + 41.6}{3}$$

$$GD_Verano = \frac{30.0 + 29.7 + 5.3 + 3.5}{4}$$

$$GD_Invierno = 59.4$$

$$GD_Verano = 17.1$$

GD Invierno = 59.4

GD Verano = 17.1

Obsérvese que para el cálculo de la GD Invierno se tomaron los 3 valores más altos de invierno, para el cálculo, mientras que para verano se realizo de la misma manera, únicamente que se tomaron 4 valores.

Es importante mencionar que los Grados _ día es un valor adimensional, al ser una diferencia entre dos temperaturas.

1.2.4.3.1.1. Factor de Seguridad

Hipótesis 1

Los valores con los que se ha trabajado el procedimiento de cálculo de GD en este apartado, no son los valores suficientes para tener resultados exactos por lo que se debe aplicar un **FACTOR DE SEGURIDAD**.

El Factor de Seguridad para este caso consiste en asignar para el valor de Grados _ día, el valor máximo de GD mensual, en ambos casos (verano e invierno).

Grados _ día _ Invierno = Grados _ día mensual máximo de invierno

Grados _ día _ Verano = Grados _ día mensual máximo de verano

Ejemplo:

Para el caso de la ciudad capital de Guatemala los valores serán los siguientes:

GD Invierno = 72.4

GD Verano = 30

Cada uno de los valores que se encuentran en este recuadro corresponde a los valores máximos de GD tanto de invierno como para verano, según la hipótesis 1.

Para todos los departamentos el cálculo de los GD de verano e invierno se realizara aplicando el factor de riesgo

1.2.4.3.2. Cálculo de n/N

Como se ha mencionado anteriormente, la base de datos de las características del clima, provienen de diferentes estaciones meteorológicas, por lo que no se tiene la misma cantidad de información para cada departamento. De la misma manera en que se realizó para la temperatura, a continuación se presenta la forma de la base de datos para las horas sol.

Tabla VI. LDE - A5

Horas de Sol (hrs) Ciudad de Guatemala												
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	252.8	231.2	271.2	232.7	211.1	151.2	209.9	201.3	160.6	218.8	164.9	227.1
1991	254.6	240.1	285.9	243.1	220.4	165.5	239.1	208.6	181.1	175.1	224.1	215.2
1992	258.5	226.9	248.5	238.0	178.1	142.1	171.1	199.5	149.6	183.2	206.1	214.9
1993	265.9	241.1	234.2	141.1	200.0	232.2	197.0	173.6	151.3	185.5	251.8	253.0
1994	255.6	238.6	160.8	244.5	204.8	176.0	248.1	209.1	189.0	201.7	229.5	216.3
1995	261.2	238.2	270.5	243.9	257.5	172.9	182.3	143.9	123.9	145.4	232.8	159.1
1996	252.3	260.4	274.3	210.6	156.5	156.8	195.3	223.2	178.5	168.3	186.6	169.1
1997	241.8	215.6	241.8	240.1	222.0	170.6	116.1	285.0	122.5	183.7	151.8	145.1
1998	154.3	257.6	226.8	252.0	187.2	182.7	130.6	152.1	309.6	145.9	119.5	114.9
1999	164.8	247.9	267.4	267.0	204.6	111.0	138.7	170.5	94.6	183.6	222.0	209.3
2000	273.3	247.9	247.1	247.8	123.1	133.7	248.0	195.4	142.1	203.8	213.0	223.2
2001	266.6	221.2	254.2	257.3	155.0	192.0	195.3	207.7	177.1	195.3	237.1	220.1
2002	262.0	236.4	266.2	284.0	176.6	169.0	197.6	197.5	123.0	244.9	234.0	207.7
2003	263.9	235.2	235.6	261.0	170.5	138.0	213.9	223.2	165.0	164.3	225.0	229.4
2004	248.0											

Horas de sol al mes

- Para cada uno de los meses del año se saca promedio.

$$\text{Número de horas de sol promedio mensual} = \left(\sum_{i=0}^{i=m} n_i \right) / m = n_{pm}$$

Donde:

m = es el número de años de los que se tiene información (base de datos)

n = es el número de horas al mes.

Tabla VII. LDE - A6: Promedios de horas sol

Horas de Sol (hrs) Ciudad de Guatemala												
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	252.8	231.2	271.2	232.7	211.1	151.2	209.9	201.3	160.6	218.8	164.9	227.1
1991	254.6	240.1	285.9	243.1	220.4	165.5	239.1	208.6	181.1	175.1	224.1	215.2
1992	258.5	226.9	248.5	238.0	178.1	142.1	171.1	199.5	149.6	183.2	206.1	214.9
1993	265.9	241.1	234.2	141.1	200.0	232.2	197.0	173.6	151.3	185.5	251.8	253.0
1994	255.6	238.6	160.8	244.5	204.8	176.0	248.1	209.1	189.0	201.7	229.5	214.3
1995	261.2	238.2	270.5	243.9	257.5	172.9	182.3	143.9	123.9	145.4	232.8	159.1
1996	252.3	260.4	274.3	210.6	156.5	156.8	195.3	223.2	178.5	168.3	186.6	169.1
1997	241.8	215.6	241.8	240.1	222.0	170.6	116.1	285.0	122.5	183.7	151.8	145.1
1998	154.3	257.6	226.8	252.0	187.2	182.7	130.6	152.1	309.6	145.9	119.5	114.9
1999	164.8	247.9	267.4	267.0	204.6	111.0	138.7	170.5	94.6	183.6	222.0	209.3
2000	273.3	247.9	247.1	247.8	123.1	133.7	248.0	195.4	142.1	203.8	213.0	223.2
2001	266.6	221.2	254.2	257.3	155.0	192.0	195.3	207.7	177.1	195.3	237.1	220.1
2002	262.0	236.4	266.2	284.0	176.6	169.0	197.6	197.5	123.0	244.9	234.0	207.7
2003	263.9	235.2	235.6	261.0	170.5	138.0	213.9	223.2	165.0	164.3	225.0	229.4
2004	248.0											
npm	245.0	238.5	248.9	240.2	190.5	163.8	191.6	199.3	162.0	185.7	207.0	200.3

Horas de sol por mes

Numero de horas promedio al mes

- Las correlaciones establecidas en el Código Técnico, establecen que los valores de horas deben ser correspondiente únicamente a 3 meses para invierno y 4 meses para verano, por lo que se hace la sumatoria de horas mes para los siguientes meses.

Invierno: enero, noviembre y diciembre.

Verano: junio, julio, agosto y septiembre

Ejemplo:

Horas de Sol (hrs) Ciudad de Guatemala												
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	252.8	231.2	271.2	232.7	211.1	151.2	209.9	201.3	160.6	218.8	164.9	227.1
1991	254.6	240.1	285.9	243.1	220.4	165.5	239.1	208.6	181.1	175.1	224.1	215.2
1992	258.5	226.9	248.5	238.0	178.1	142.1	171.1	199.5	149.6	183.2	206.1	214.9
1993	265.9	241.1	234.2	141.1	200.0	232.2	197.0	173.6	151.3	185.5	251.8	253.0
1994	255.6	238.6	160.8	244.5	204.8	176.0	248.1	209.1	189.0	201.7	229.5	214.3
1995	261.2	238.2	270.5	243.9	257.5	172.9	182.3	143.9	123.9	145.4	232.8	159.1
1996	252.3	260.4	274.3	210.6	156.5	156.8	195.3	223.2	178.5	168.3	186.6	169.1
1997	241.8	215.6	241.8	240.1	222.0	170.6	116.1	285.0	122.5	183.7	151.8	145.1
1998	154.3	257.6	226.8	252.0	187.2	182.7	130.6	162.1	309.6	145.9	119.5	114.9
1999	164.8	247.9	267.4	267.0	204.6	111.0	138.7	170.5	94.6	183.6	222.0	209.3
2000	273.3	247.9	247.1	247.8	123.1	133.7	248.0	195.4	142.1	203.8	213.0	223.2
2001	266.6	221.2	254.2	257.3	155.0	192.0	195.3	207.7	177.1	195.3	237.1	220.1
2002	262.0	236.4	266.2	284.0	176.6	169.0	197.6	197.5	123.0	244.9	234.0	207.7
2003	263.9	235.2	235.6	261.0	170.5	138.0	213.9	223.2	165.0	164.3	225.0	229.4
2004	248.0											
npm	245.0	238.5	248.9	240.2	190.5	163.8	191.6	199.3	162.0	185.7	207.0	200.3

Horas de sol por mes

Numero de horas al mes para verano

Numero de horas al mes para invierno

Número de horas sol Invierno = 207.0 + 200.3 + 245.0 = 652.4

Número de horas sol Verano = 163.8 + 191.6 + 199.3 + 162.0 = 716.8

- El valor de las horas máximas de sol, por mes se obtiene de la tabla LDE - A2, de donde se toman los valores para verano e invierno correspondiente de la siguiente manera:

- Horas máximas de sol para invierno, en base a los meses de enero, febrero y diciembre, dando como resultado.

$$i = 3$$

$$\text{Horas máximas de sol Invierno} = \left(\sum_{i=1}^3 (h)_i \cdot (d)_i \right) = N_{\text{max}_I}$$

$$i = 1$$

- Horas máximas de sol para verano, en base a los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

$$\text{Horas máximas de sol Invierno} = \left(\sum_{i=1}^{i=3} (h)_i * (d)_i \right) = N_{\text{max_V}}$$

Donde en ambos casos:

h = número de horas al día, de acuerdo con la tabla LDE - A2.

d = número de días que tiene el mes.

Ejemplo:

Al sustituir los valores para cada una de las fórmulas, se obtienen los siguientes valores que son constantes en el cálculo de n/N .

$$N_{\text{max_I}} = [(11.3 * 31) + (11.6 * 28) + (11.2 * 31)] = \mathbf{1022.3 \text{ horas.}}$$

$$N_{\text{max_V}} = [(13 * 30) + (12.9 * 31) + (12.6 * 31) + (12.2 * 30)] = \mathbf{1546.5 \text{ horas.}}$$

- Al tener la suma de las horas de sol mensual y la suma de las horas de sol máximas, se calcula el ratio entre ambos valores, para obtener el valor n/N , utilizado para la severidad climática. Se debe calcular un ratio para verano y un ratio para invierno.

$$(n/N)_{\text{I}} = \text{Número de horas sol invierno} / N_{\text{max_I}}$$

$$(n/N)_{\text{V}} = \text{Número de horas sol verano} / N_{\text{max_V}}$$

Ejemplo:

Con los datos de la ciudad de Guatemala se obtienen los siguientes resultados:

$$(n/N)_I = 683.80 / 1022.3 = \mathbf{0.6680}$$

$$(n/N)_V = 716.8 / 1546.5 = \mathbf{0.4635}$$

Hipótesis 2:

Para algunos departamentos del territorio guatemalteco no se ha podido detectar información acerca del brillo solar (horas de sol), por lo que se ha realizado la siguiente consideración:

Para departamento que no tengan un valor de (n/N) , este valor será igual al valor de (n/N) de departamentos que tengan semejanza en su latitud o altitud y que si posean un valor de horas sol.

1.2.4.3.3. Cálculo de Severidad Climática

Para el cálculo de la severidad climática se hace referencia a los incisos 3.1 y 3.2 de este apartado, en donde se encuentra la correlación a utilizar, así como los valores predeterminados de la misma, todos establecidos por el Código Técnico.

Las correlaciones para sustituir los datos $(GD$ y $n/N)$ son:

$$SCI = 2.395E-3*(Gd) + -1.111*(n/N) + 1.885E-6*(Gd)^2 + 7.026E-1*(n/N)^2 + 5.709E-2$$

$$SCV = 1.090E-2*(Gd) + 1.023*(n/N) + -1.638E-5*(Gd)^2 + -5.977E-1*(n/N)^2 + -3.370E-1$$

Ejemplo:

A continuación se encuentran los valores de GD y de n/N para verano e invierno de los ejemplos anteriores y se ha calculado la Severidad Climática para cada uno de ellos sustituyendo los valores (GD y n/N) en las correlaciones que se encuentran en el párrafo anterior.

		SCInvierno
GD_Invierno	72.407	-0.18841
(n/N)_Invierno	0.6689	
		SCVerano
GD_Verano	30	0.32101
(n/N)_Verano	0.4635	

1.2.4.3.4. Severidad Climática de Guatemala

Una vez establecido el procedimiento, se procede a utilizar la base de datos de temperaturas y horas de sol en cada una de las estaciones meteorológicas del país. De manera general se presenta la lista de estaciones meteorológicas de donde proviene la base de datos para el cálculo de la severidad climática en el país de Guatemala, y su respectiva ubicación (departamento).

Tabla VIII. LDE - A7. Estaciones Meteorológicas de Guatemala

	REGION	DEPARTAMENTO	LATITUD	ESTA. METEOROLOGICA	altitud (msnm)
I	METROPOLITANA	Ciudad Capital	14° 38' 29"	Insivumeh	930-2101
II	NORTE	Alta Verapaz	15° 28' 07"	Coban	300-3000
				Cahabon	250
		Baja Verapaz	15° 06' 05"	San Jeronimo	940-1570
III	NORORIENTE	Izabal	15° 44' 06"	Las Vegas	77
				Puerto Barrios	0.67
		Chiquimula	14° 47' 58"	Camotan	-----
				Esquipulas	1700
		Zacapa	14° 58' 21"	La Fragua	230
				La Union	880
		El Progreso	14° 51' 14"	Morazan	245-1240
Albores	-----				
IV	SURORIENTE	Jutiapa	14° 16' 58"	Montufar	150
		Jalapa	14° 38' 02"	Asuncion Mita	407
		Santa Rosa	14° 16' 42"	Ceibita	960
				Los Esclavos	-----
V	CENTRAL	Chimaltenango	14° 39' 38"	San Martin Jilotepeque	1817
				Balanya	2125
		Sacatepequez	14° 33' 24"	Suiza Contenta	1530
				Puerto San Jose	43
		Escuintla	14° 18' 03"	Camatulul	69
				Sabana Grande	110
VI	SUROCCIDENTE	San Marcos	14° 57' 40"	San Marcos	2397
				Catarina	660
		Quetzaltenango	14° 50' 16"	-----	350-2280
		Totonicapán	14° 54' 39"	-----	2495
		Solola	14° 46' 26"	Santiago Atitlan	1573
				El Tablon	2113
		Retalhuleu	14° 32' 07"	Retalhuleu	239
Suchitepequez	14° 32' 02"	-----	371		
VII	NOROCCIDENTE	Huehuetenango	15° 19' 14"	Todo Santos	2250
				Huehuetenango	1901
				Cuilco	1150
		Quiche	15° 02' 12"	Chinique	1800
				Chuitinamit	-----
				Nebaj	1700
		Chixoy Quiche	147		
VIII	PETEN	Peten	16° 55' 45"	Flores	127

Fuente: Sitio en la red del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrológica (INSIVUMEH), de Guatemala.

La tabla LDE - A8, que se encuentra a continuación (SC del territorio de Guatemala) contiene todas las severidades climáticas del territorio guatemalteco, detalladas para cada departamento y distribuidas de acuerdo a la región en la que se encuentra cada uno de ellos.

Básicamente la estructura de la tabla se divide en tres secciones:

- **Ubicación**

En esta sección se encuentra la región, la latitud, la altura y la altura sobre el nivel del mar de cada departamento, así como las estaciones meteorológicas que este tiene.

- **Severidad Climática de Invierno**

Se incluye los Grados _ día de invierno y el ratio de horas sol de invierno, así como el valor de SCI, para cada uno de los departamentos.

- **Severidad Climática de Verano**

De manera similar a la sección anterior (grados _ día, ratio de horas sol), correspondientes a la época del verano y su respectivo valor de SCV.

Observaciones de la Tabla de SC de Guatemala:

- Para los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán y Suchitepequez, no existen datos, por lo que no se realizara el cálculo climático para estos departamentos.
- Los Grados _ día que tienen un valor igual a cero, es debido a que su cálculo a resultado negativo, lo cual puede presentar dos opciones:
 - En el caso del GD Invierno, ningún valor de la temperatura media es inferior la temperatura base (20 grados Celsius) o es exactamente 20°C.

- En GD Verano, ningún valor de la temperatura media es superior a la temperatura base, o la temperatura media es 20°C .

En ciertas estaciones climáticas no se encontró el valor de las horas sol, por lo que se realizó una aproximación de acuerdo a la altitud y latitud de regiones similares.

Tabla IX. LDE - A8 SC del Territorio de Guatemala

SC DEL TERRITORIO DE GUATEMALA												
REGION	UBICACION				EST. METEOROLOGICA	altitud (m.snm)	INVIERNO			VERANO		
	DEPARTAMENTO	LATITUD	EST. METEOROLOGICA	altitud (m.snm)			GD	n/N	SCI	GD	n/N	SCV
I METROPOLITANA	Ciudad Capital	14° 38' 29"	Insivumeh	930-2101	72.4000	0.6689	-0.1884	30.0000	0.4635	0.3210		
II NORTE	Alta Verapaz	15° 28' 07"	Coban	300-3000	112.8400	0.4287	0.0042	27.2357	0.4042	0.2636		
	Baja Verapaz	15° 06' 05"	Cahabon	250	0.0000	0.4287	-0.2901	225.6357	0.4042	1.6044		
	Izabal	15° 44' 06"	San Jeronimo	940-1570	31.0000	0.5235	-0.2559	76.1714	0.4325	0.7289		
III NORORIENTE			Las Vegas	77	0.0000	0.5178	-0.3298	294.7214	0.4996	1.8146		
			Puerto Barrios	0.67	0.0000	0.5178	-0.3298	260.3077	0.4996	1.7523		
			Camotan	-----	0.0000	0.4585	-0.3046	246.6714	0.4765	1.7068		
			Esquipulas	1700	7.3923	0.4585	-0.2868	120.4286	0.4765	1.0899		
			Zacapa	230	0.0000	0.6229	-0.3623	268.1538	0.5898	1.8035		
IV SURORIENTE			La Union	880	8.5846	0.6229	-0.3416	128.6500	0.5898	1.1896		
			Morazan	245-1240	0.0000	0.6229	-0.3623	329.3571	0.5898	1.8716		
			Albores	-----	156.3286	0.5235	0.0885	0.0000	0.4325	-0.0063		
V CENTRAL			Montufar	150	0.0000	0.5364	-0.3367	317.2500	0.4404	1.8070		
			Asuncion Mita	407	0.0000	0.5364	-0.3367	268.1538	0.4404	1.7426		
			Celbita	960	0.0000	0.5364	-0.3367	156.0000	0.4404	1.2994		
VI SUROCCIDENTE			Los Esclavos	-----	0.0000	0.5364	-0.3367	184.3846	0.4404	1.4505		
			San Martin Jilotepeque	1817	105.8400	0.5345	-0.0614	9.4200	0.4021	0.0790		
			Balanva	2125	159.5300	0.5345	0.0940	0.0000	0.4021	-0.0223		
			Suiza Contenta	1530	90.6000	0.5345	-0.1035	43.2857	0.4021	0.4189		
			Puerto San Jose	43	0.0000	0.5364	-0.3367	270.8071	0.4404	1.7481		
VII NOROCCIDENTE			Camatulum	69	0.0000	0.5364	-0.3367	196.1857	0.4404	1.5056		
			Sabana Grande	110	0.0000	0.5364	-0.3367	168.3538	0.4404	1.3684		
			San Marcos	2397	218.5500	0.5235	0.2815	0.0000	0.4325	-0.0063		
			Catarina	660	0.0000	0.7171	-0.3783	243.4615	0.4057	1.6625		
			Quetzaltenango	350-2280	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
VIII PETEN			Totonicapán	2495	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
			Santiago Atitlan	1573	77.5000	0.7171	-0.1814	1.1923	0.4057	-0.0074		
			El Tablon	2113	221.1333	0.7171	0.2435	0.0000	0.4057	-0.0203		
			Retalhuleu	239	0.0000	0.6578	-0.3697	259.6364	0.4509	1.7286		
			Suchitepequez	371	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
VII NOROCCIDENTE			Todo Santos	2250	225.0083	0.7360	0.2543	0.0000	0.4986	0.0245		
			Huehuetenango	1901	137.5071	0.7360	-0.0150	-6.4286	0.4986	-0.0463		
			Cuicico	1150	0.0000	0.7360	-0.3800	174.7923	0.4986	1.4293		
VIII PETEN			Chiniqué	1800	93.2818	0.7360	-0.1402	0.0000	0.4986	0.0245		
			Chufinamit	-----	0.0000	0.7360	-0.3800	149.5154	0.4986	1.2880		
			Nebaj	1700	178.6929	0.7360	0.1081	0.0000	0.4986	0.0245		
		Chixoy Quiche	147	0.0000	0.7360	-0.3800	218.6692	0.4986	1.6247			
		Flores	127	0.0000	0.5364	-0.3367	290.1600	0.4021	1.7614			

Observaciones:

Los valores que se presentan en la tabla son valores aproximados a los datos reales ya que la información con la que se dispone así lo establece, para una mayor exactitud en futuras investigaciones se debe tomar como mínimo 20 años, para cada una de las estaciones meteorológicas así como contar con la información de todas ellas, y rehacer nuevamente los cálculos con el procedimiento descrito en este documento.

1.2.5. Clasificación de Zonas Climáticas

Es obvio que cada una de las regiones del país no presentan las mismas condiciones climáticas (observar tabla “SC de Guatemala”), por lo que se deben clasificar aquellas que si lo presenten, para facilitar la búsqueda de la información dentro del documento.

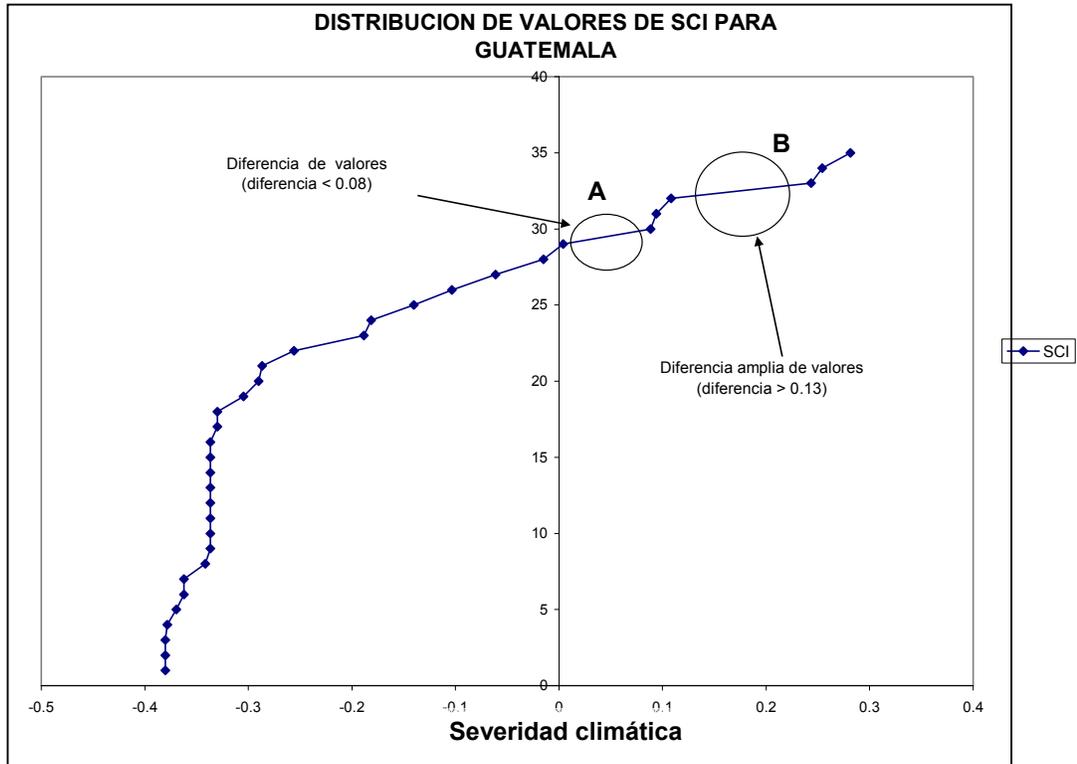
1.2.5.1. Divisiones para la Severidad Climática de Invierno

Las severidades climáticas de invierno serán agrupadas de acuerdo a un rango de valores, tomado como base para cada una de las divisiones los siguientes criterios:

- En base a una gráfica, generada por una hoja electrónica, los valores de SCI de Guatemala serán representados, distribuidos y agrupados.
- Existirá una división donde se produzca una separación grande entre los valores de la SCI, es decir que la diferencia entre un valor y otro sea considerablemente alta.
- Se analiza los rangos para los valores de SCI de España, contenidos en el código técnico, para identificar la media de los rangos de esos valores y realizar una adaptación a los valores de SCI de Guatemala, si es posible.

En el siguiente gráfico se puede observar la distribución de los datos de SCI de Guatemala.

Gráfico 3. (G) LDE - A1: Distribución de valores de SCI para Guatemala



- Se puede observar en el gráfico LDE - A1 que la mayoría de datos de SCI poseen un valor inferior a 0, lo cual describe el clima tropical que existe en la mayoría de los departamentos de la Republica de Guatemala.
- En el área A, del gráfico, se ve una diferencia de valore de SCI, menor a 0.08, por lo que no se considera como un intervalo o división para zonas climáticas, por lo siguiente:
 - La escala automática generada por el gráfico, nos indica que la unidad mínima en ella es de 0.1, y la diferencia de 0.08, se considera entonces como poco amplia.

- De acuerdo al Código Técnico, el valor de la primera zona climática es inferior a 0.3, y el valor para el punto más cercano a esta diferencia (en el área A) es de 0.088.
- El área B, al contrario del punto anterior, si se considera como una diferencia significativa para establecer un límite de zona climática, ya que el valor de la diferencia es mayor a 0.13 y el valor mínimo de la diferencia es 0.24, lo cual se acerca bastante al primer límite del Código Técnico.

En el siguiente gráfico se puede observar, como queda la división para la severidad climática de invierno.

Gráfico 4. (G) **LDE - A2**: Intervalos de la Severidad Climática de Invierno

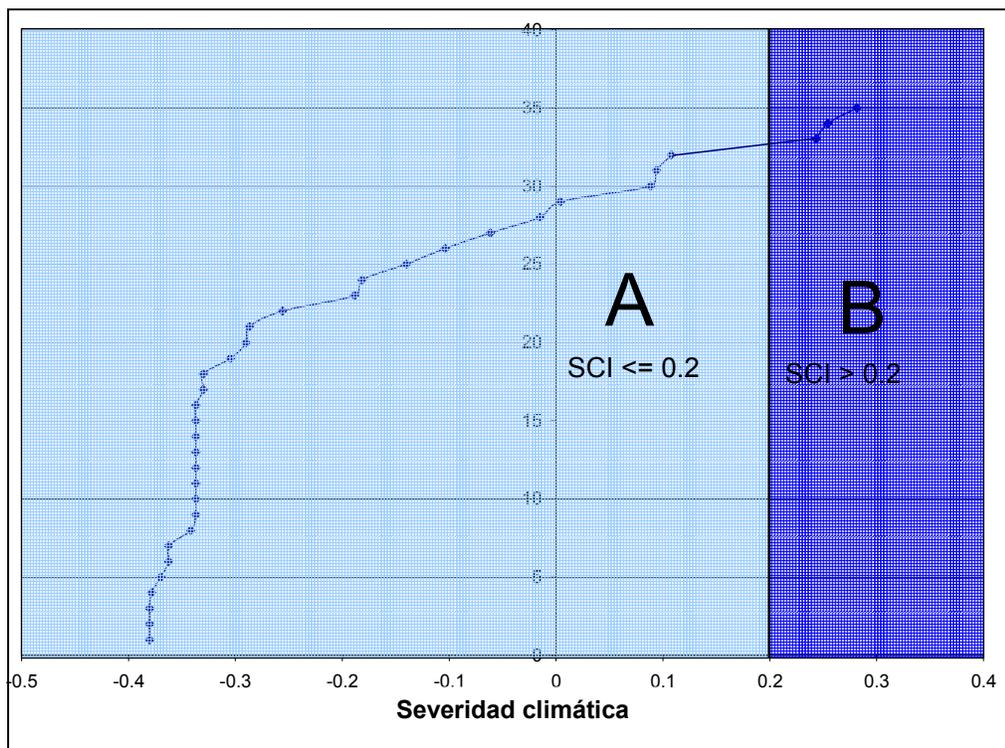


Tabla X. LDE - A9. Divisiones de SCI

A	B
SCI ≤ 0.2	SCI >0.2

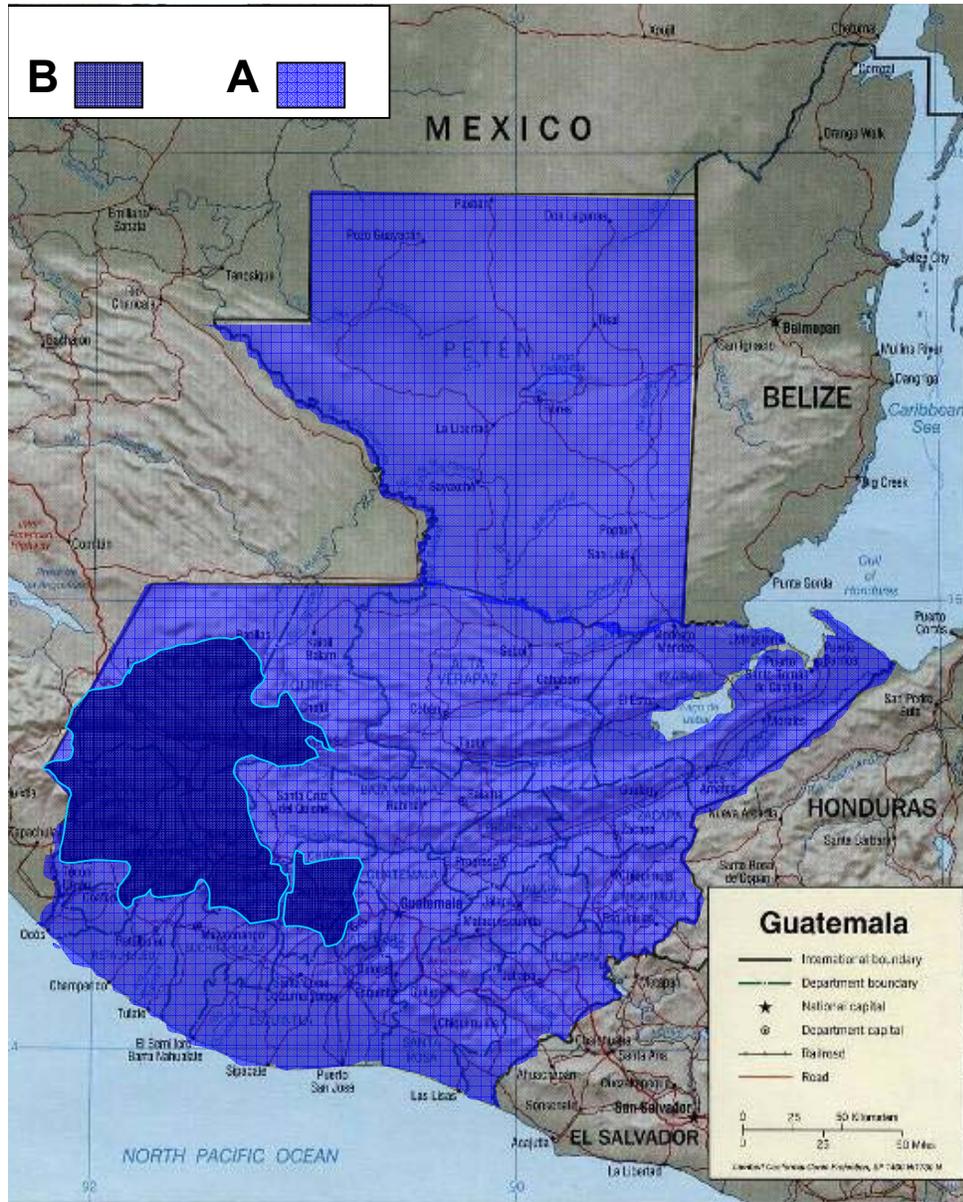
En la tabla a2-2, del apéndice A2, se especifica la severidad climática de invierno de cada uno de los departamentos del territorio guatemalteco, los cuales se clasificaron de acuerdo a la División de SCI, contenida en la anterior tabla.

Observaciones:

- Los departamentos de Quetzaltenango y Totonicapán son incluidas en la división B, debido a sus características climáticas, y su ubicación en latitud y altitud. Para estos departamentos se debe realizar cálculos con una mayor cantidad de datos.
- De la misma manera el departamento de Suchitepéquez fue colocado en la división B (características climáticas y ubicación).

Algunas de las conjeturas de los puntos anteriores surgen de observaciones en la demografía del territorio guatemalteco, que puede ser observado en la figura LDE - A3, donde se muestra el territorio guatemalteco y sus divisiones de severidad climática de invierno.

Figura 5. (F) LDE – A3: Distribución visual de la SCI en Guatemala



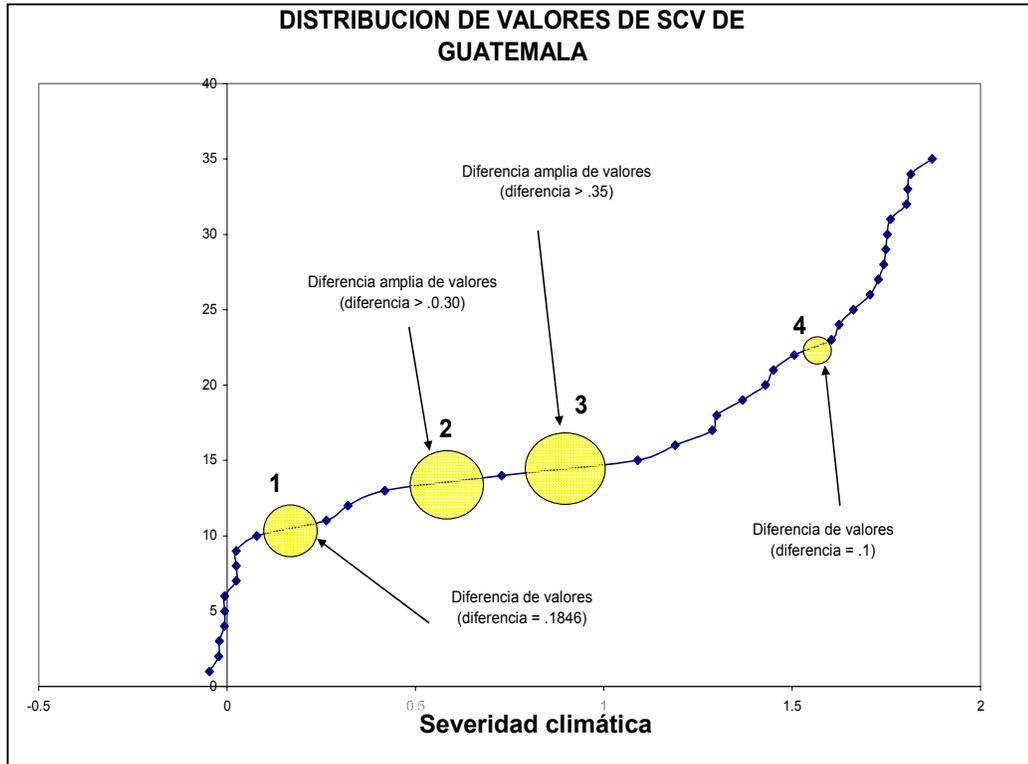
1.2.5.2. Divisiones para la Severidad Climática de Verano

La severidad climática de verano de los departamentos, al igual que la de invierno, se agrupan de acuerdo a sus valores, y los criterios para las divisiones son:

- Con base a una gráfica, generada por una hoja electrónica, los valores serán representados, distribuidos y agrupados.
- Existirá una división donde se produzca una separación grande entre los valores de la SCV, es decir que la diferencia entre un valor y otro sea considerablemente alta.
- Se analiza los rangos para los valores de SCV de España, contenidos en el código técnico, para identificar la media de los rangos de esos valores y realizar una adaptación a los valores de SCV de Guatemala, si es posible.

La gráfica LDE - A3, muestra los datos de Severidad Climática de Verano del territorio guatemalteco, colocando en el eje x, la escala de valores para la SCV.

Gráfico 6. (G) LDE - A3: Distribución de valores de SCV de Guatemala

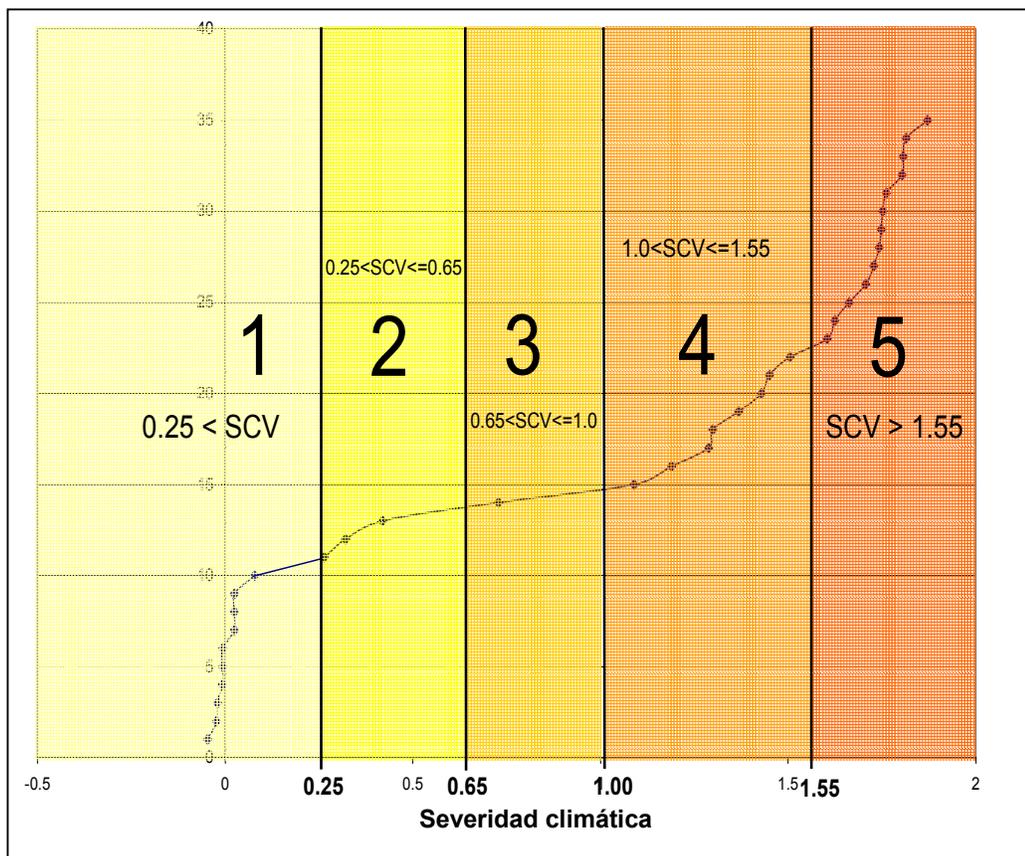


- Para las divisiones de SCV, no se tomara como referencia la escala de la gráfica, ya que la distribución de datos a diferencia de la SCI, es más compleja, en el sentido de que existen más diferencias de valores en varios puntos de la gráfica.
- Los valores que se encuentran por debajo del cero son menos que los correspondientes a la SCI, y con esto se reitera la existencia de un clima tropical en el territorio guatemalteco.

- Las divisiones de la SCV, serán realizadas en los puntos 1, 2, 3 y 4 que se muestran en el gráfico LDE - A3, ya que son los puntos en donde existen las mayores diferencias de SCV (0.18, 0.31, 0.36 y 0.1 respectivamente).

En el gráfico LDE - A4 se puede observar las 5 divisiones realizadas para agrupar la Severidad Climática de Invierno, estableciendo los parámetros o rangos sobre los cuales se clasifican los departamentos.

Gráfico 7. (G) LDE - A4 Intervalos de SCV



La siguiente tabla muestra el resumen de las divisiones para la severidad climática de verano, y en base a las cuales se clasificarán los departamentos de Guatemala, como se muestra en la tabla a3-1 del apéndice A3.

Tabla XI, LDE - A10: División de SCV

1	2	3	4	5
SCV<=0.25	0.25<SCV<=0.65	0.65<SCV<=1.00	1.00<SCV<=1.55	SCV>1.55

El apéndice A3, contiene los valores puntuales de severidad climática de verano para cada uno de los departamentos del territorio nacional.

Observaciones: De la misma forma que se realizó para la SCI, los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán y Suchitepéquez, fueron incorporados a la clasificación cuyos departamentos tengan características climáticas parecidas y cuya ubicación sea similar.

- Quetzaltenango y Totonicapán han sido incluidos en la clasificación 1 de la SCV, ya que poseen características similares y ubicación a cercanías de los departamentos de San Marcos y Solotá.
- Suchitepéquez ha sido incluido en la clasificación 5, debido a que pertenece a la zona costera del país, y por lo tanto su severidad climática de verano es semejante a departamentos como los son Escuintla o Jutiapa.

En la siguiente figura se puede observar la agrupación de los departamentos de acuerdo a su severidad climática de verano, asignándole a cada uno de las divisiones de SCV, un color representativo.

Figura 8. (F) LDE - A4: División visual de la SCV de Guatemala



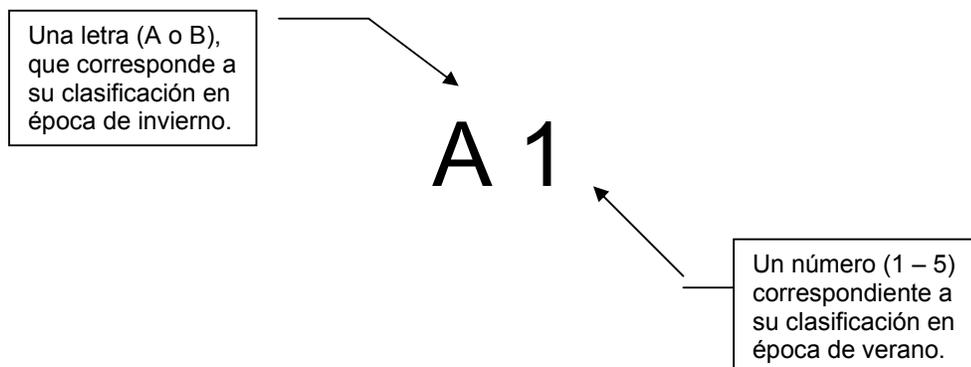
NOTA:

- La división de los departamentos que se representa en las figuras LDE - A3 y LDE - A4, son áreas trazadas en base a las tablas a2-1 y a3-1 (del apéndice A2 y A3) respectivamente, por lo que debe ser aclarado que las áreas en el mapa no son exactas, ya que se han tomado como referencia los municipios en donde se ubican las estaciones meteorológicas especificadas en cada una de las tablas antes mencionadas y se ha trazado como área de severidad climática los alrededores de dicha ubicación.
- Para el departamento de Petén debido a su extensión territorial y la carencia de información climática, se ha asignado para todo el territorio del departamento la SC del municipio de Flores, como representante de la totalidad de la zona.

1.2.5.3. Zonas climáticas de Guatemala

Como se ha mencionado en ocasiones anteriores las zonas climáticas dependen de la SC de verano e Invierno. De acuerdo a las divisiones que se han realizado para verano y para invierno se hace una combinación de estas, para formar la representación simbólica de la zona. La utilización de esta forma de representar las zonas climáticas (combinación de letra y número) es el mismo utilizado por el código técnico.

La adaptación para este documento es la siguiente:



En el apéndice A4 (tabla a4-1) se muestran las zonas climáticas de los diferentes departamentos del país, agrupados de acuerdo a la región a la que pertenecen. En base a sus valores de SCI y SCV, indicados en la misma tabla.

Para varios departamentos existe más de una estación meteorológica, de donde surgen zonas climáticas diferentes para el mismo departamento, debido a la demografía tan irregular del territorio guatemalteco, por lo que se harán las siguientes consideraciones:

- Para el departamento de **Alta Verapaz**, se presentan dos zonas climáticas A3 y A5, por lo que para la ubicación de la zona en la que se ubique un municipio, debe buscar su ubicación más cercana contenida en la Tabla a4-1 (del apéndice A4). Por ejemplo, para el municipio de Chahal su zona climática sería A5, la cual corresponde al municipio de Cahabón, que es lugar más cercano.
- En las dos estaciones de **Izabal**, se tiene la misma zona climática, por lo que NO se tomara por separado los datos obtenidos.
- Los departamentos de **Zacapa** y **Chiquimula**, poseen dos zonas climáticas A5 y A4, el procedimiento para los municipios no mencionados en la Tabla a4-1 (del apéndice A4), en cuanto a su identificación de zona climática, es el mismo que el utilizado para el departamento de Alta Verapaz.

- Para el departamento **El Progreso**, el cual posee dos zonas climáticas A5 y A1, deben asignarse a los municipios no mencionados, las zonas de Morazán (A5) y de San Agustín Acasaguastlán (estación Albores zona A1), dependiendo de su cercanía a dichos municipios. Ambos datos pueden ser observados en Tabla a4-1 (del apéndice A4).
- El municipio de **Jutiapa**, cuenta en sus dos ubicaciones con la zona climática de A5, por lo que será representativa de todo el municipio.
- **Chimaltenango**, tendrá en todo su territorio la zona climática de A1, ya que las dos estaciones del municipio registran el mismo resultado.
- Para los siguientes departamentos, que presentan zonas climáticas diferentes, el procedimiento como se menciono anteriormente para los municipios que no registran una estación meteorológica de acuerdo a la tabla a4 -1 (del apéndice A4), será el de ubicar el municipio más cercano y tomar el dato de su zona climática, para los estudios a efectuar:
 - **Escuintla**
 - **San Marcos**
 - **Sololá**
 - **Huehuetenango y**
 - **Quiche**
 -
- En el punto anterior puede apreciarse que todos los municipios, con excepción de Escuintla, presentan dos o más zonas climáticas y esto es debido a los accidentes geográficos que allí se ubican, como por ejemplo la Sierra Madre, que atraviesa el país, y debido a esta demografía aparecen estas diferencias en las severidades climáticas y por tanto en la zonas climáticas de un mismo departamento.

- Es de importancia mencionar que las zonas climáticas que se presentan en la tabla son las únicas que pueden presentarse en el territorio guatemalteco debido a las características del clima, sin dejar lugar a las combinaciones: B2, B3, B4 y B5, que no se presentan en ningún departamento de Guatemala, ya que la combinación de sus severidades climáticas no se existen en ningún lugar del país, en base a los datos de la estaciones meteorológicas utilizados.

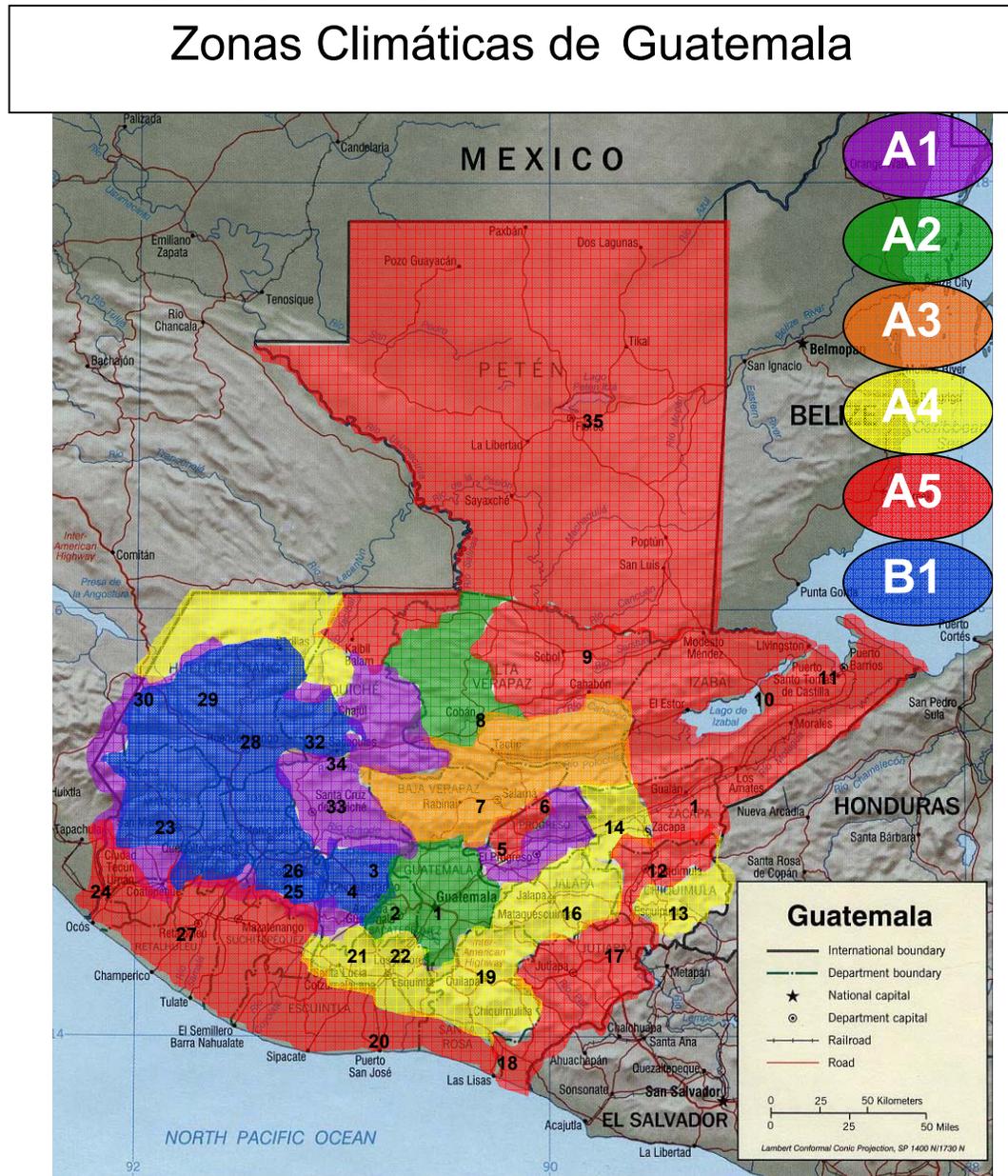
A continuación se presentan los departamentos divididos de acuerdo a su zona climática, con las observaciones de los puntos anteriores.

Tabla XII. LDE - A11. Distribución Departamental de acuerdo a las Zonas Climáticas

ZONA CLIMATICA	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO DE LA ESTACION METEOROLOGICA
A1	El Progreso	San Agustín Acasaguastlán
	Chimaltenango	Balanya y/o Sn. Martin Jilotepeque
	Solola	Santiago Atitlan
	Huehuetenango	Huehuetenango
	Quiche	Chinique y Nebaj
A2	Ciudad Capital	Ciudad Capital (Insivumeh)
	Alta Verapaz	Coban
	Sacatepequez	Santiago Sacatepequez
A3	Baja Verapaz	San Jeronimo
A4	Chiquimula	Esquipulas
	Zacapa	La Union
	Jalapa	Monjas
	Santa Rosa	Cuilapa
	Escuintla	Sn. L. Cotzumalguapa y/o Escuintla
	Huehuetenango	Cuilco
	Quiche	Sacapulas
A5	Alta Verapaz	Cahabon
	Izabal	Los Amates y/o Puerto Barrios
	Chiquimula	Camotan
	Zacapa	Zacapa
	El Progreso	Morazan
	Jutiapa	Moyuta y/o Asuncion Mita
	Escuintla	San Jose
	San Marcos	Catarina
	Retalhuleu	Retalhuleu
	Suchitepequez	-----
	Quiche	Chicaman
	Peten	Flores
B1	San Marcos	San Marcos
	Quetzaltenango	-----
	Totonicapán	-----
	Solola	San Jose Chacaya
	Huehuetenango	Todo Santos Cuchumatan

Para un mejor manejo de las zonas climáticas, la tabla LDE - A11, se representada en un mapa del territorio guatemalteco, los departamentos que pertenecen a cada zona climática. las estaciones meteorológicas correspondientes, identificadas en la tabla a4-2 del apéndice A2.

Figura 9. (F) **LDE- A5.** Mapa de las Zonas Climáticas de Guatemala



Los números que aparecen en el mapa son los IED, que se encuentran en la tabla a4-2 del apéndice A4, los cuales representan las estaciones meteorológicas que se encuentran ubicadas en los diferentes departamentos.

1.2.6. Valores Normativos para las Zonas Climáticas

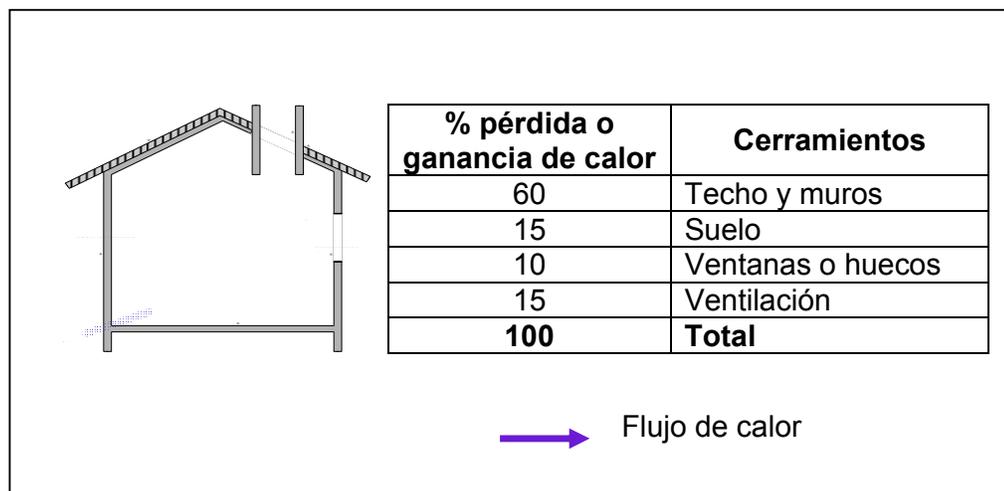
Las zonas climáticas obtenidas en el apartado anterior nos permiten delimitar los valores normativos para los cerramientos de las construcciones, lo cual se desarrolla en este apartado.

1.2.6.1. La envolvente Térmica

Son todos los cerramientos de una construcción que separan los espacios habitables del ambiente exterior y de los espacios no habitables que a su vez los separa también del ambiente exterior.

Los **Componentes** de la envolvente térmica proveen por tanto una barrera entre el espacio interior y exterior, los cuales incluyen suelos, techos y muros de la edificación, donde este último componente (muros) conforma la parte opaca de la envolvente, y las ventanas la parte transparente. En los cerramientos que componen la envolvente térmica es donde se produce el flujo de calor (pérdida o ganancia) entre la edificación y el ambiente exterior, como se puede observar en la figura LDE - A6.

Figura 10. (F) **LDE - A6**: diagrama del flujo de calor en cerramientos



Fuente: Informes publicados en la Web sobre el consumo de energía en edificaciones.

1.2.6.2. Parámetros Característicos

Los parámetros característicos a calcular, son los utilizados por el Código Técnico, para la limitación de la demanda energética, por ello se han extraído de dicho documento y son los contenidos en la siguiente tabla.

Tabla XIII. LDE - A12. Parámetros Característicos

Parámetro Característico	Símbolo
Transmitancia térmica de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	U_M
Transmitancia térmica de cubiertas	U_C
Transmitancia térmica de suelos	U_S
Transmitancia térmica de huecos	U_H
Factor Solar modificado de huecos	F_H

Fuente: Documento Base HE – 1, Del Código Técnico

Cada uno de estos parámetros característicos corresponde a los cerramientos que conforman la envolvente térmica, desarrollada en el punto anterior. Los cerramientos se clasifican entonces en:

- CUBIERTAS (C)

C_1 = Cubierta en contacto con el exterior.

C_2 = Cubierta en contacto con un espacio no habitable (menor a 60 grados con respecto a la horizontal).

- MUROS DE FACHADAS (M)

M_1 = Muro en contacto con el exterior.

M_2 = Muro en contacto con una zona no habitable.

M_3 = Muros en contacto con el terreno

- SUELOS (S)

S_1 = Suelo apoyado sobre el terreno

S_2 = Suelo en contacto con espacios no habitables

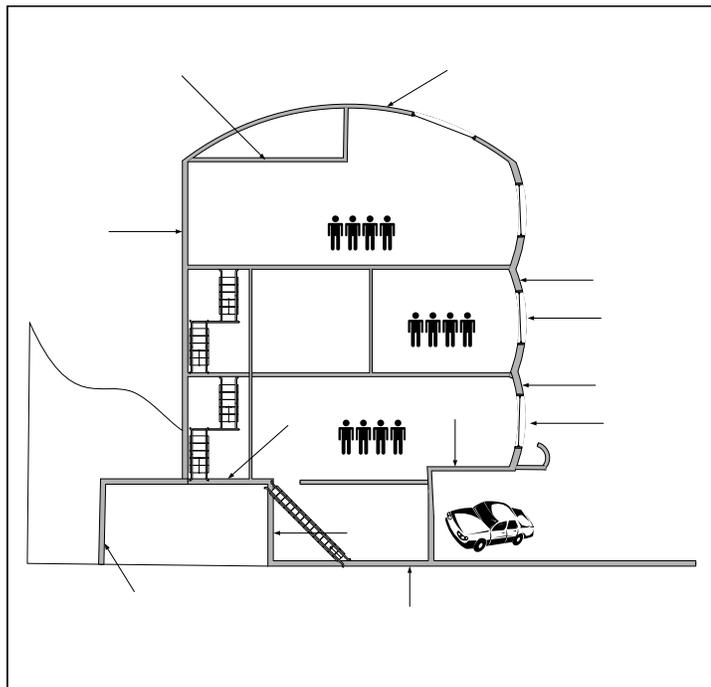
S_3 = Suelo en contacto con el aire exterior

- VENTANAS / HUECOS (H)

Donde el valor para los límites de la transmitancia térmica será general para cada clasificación de los cerramientos, por ejemplo la transmitancia de suelos será la misma tanto para los que se encuentran sobre el terreno, como los que es tan en contacto con el aire y espacios no habitables.

Cada uno de las divisiones se muestra en la siguiente figura, donde se puede observar las posibles variaciones que pueden tener en una misma construcción.

Figura11. (F) **LDE - A7**. Cerramientos del envolvente térmico



1.2.6.3. Consideraciones de los Parámetros Característicos Límite

El cálculo de los parámetros característicos es sumamente sencillo, ya que a partir de los datos que posee la Normativa Española (Código Técnico), se adaptan los nuevos valores para Guatemala utilizando la Severidad Climática (SCI y SCV) del territorio guatemalteco.

Los cálculos de los valores para los parámetros característicos límite de Guatemala van a especular tres niveles de rigurosidad en cuanto a la exigencia:

- Exigencia Alta
- Exigencia Media
- Exigencia Baja

Cada uno de los niveles de exigencia será calculado para cada parámetro, con el fin de que el usuario de este documento posea tres opciones para la limitación de energía, teniendo en cuenta que el ahorro mínimo de energía lo va a obtener con la exigencia baja.

Los niveles de exigencia también fueron creados, pensando en la diferencia de ingresos económicos de la población guatemalteca, ya que la implementación de aislantes u otros materiales que limiten la energía, varían en costo de acuerdo a su nivel de exigencia, y a la vez varían la cantidad de ahorro económico obtenido.

Los valores de la transmitancia límite son valores medios, que se deben tener entre los cerramientos, por ejemplo si una casa posee cuatro paredes, se debe calcular la transmitancia de las cuatro paredes, para luego calcular la media de dichas paredes, y ese valor debe ser inferior o igual a los Valores de Transmitancia Límite (U_{lim}) especificados en este documento. Consideración de cálculo:

Los valores de transmitancia límite para Guatemala en su nivel de exigencia alto, va a ser igual a los valores de transmitancia límite medio españoles, para con ello contemplar un factor de seguridad en cuanto a cálculos se refiere.

Todos los valores de transmitancia límite españoles se encuentran en el Documento Base del Código Técnico en la sección HE-1, que corresponde a la Limitación de la Energía.

1.2.6.4. Cálculo de Parámetros Característicos para Guatemala

El procedimiento de cálculo para las transmitancias límites medias, se desarrolla a continuación, pero únicamente se especifica para la muros, ya que es el mismo procedimiento para el resto de cerramientos (suelos y cubiertas). Para el cálculo se utilizan las divisiones de SCI de Guatemala (A y B), las divisiones de SCI de España (A-E) y los valores de U límite respectivos de este país.

Por otra parte para las ventanas si se especificara el procedimiento ya que involucra el cálculo del factor solar, que considera las divisiones de SCV para su cálculo.

- **Transmitancia Límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno (U_{Mlim})**

El cálculo de los valores de transmitancia inicia con los valores límites españoles para la transmitancia de muros, distribuidos por la severidad climática de invierno, y las divisiones de SCI guatemaltecas.

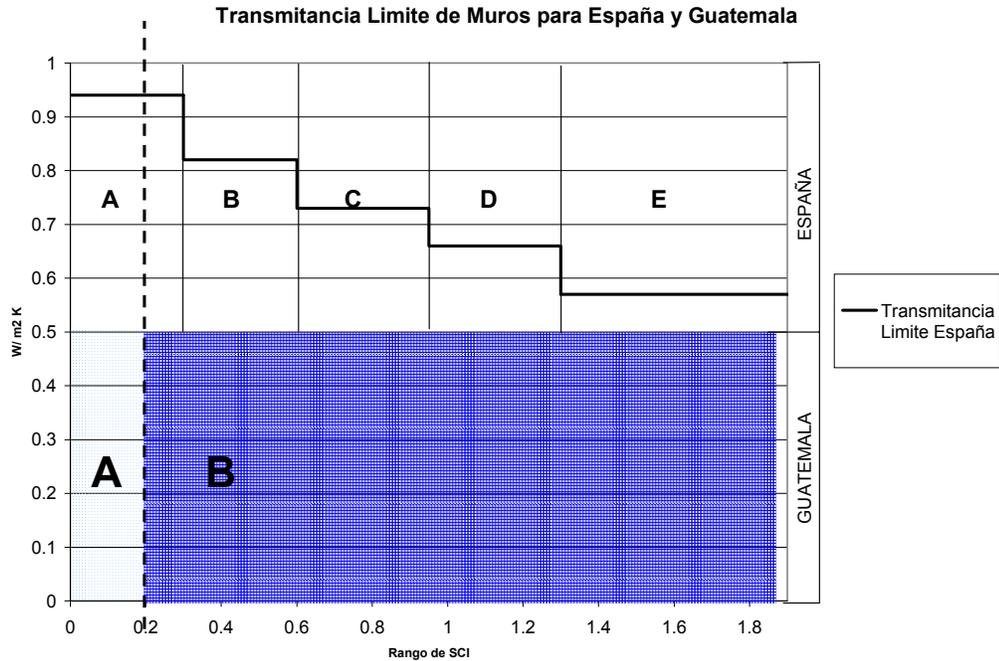
Tabla XIV. LDE - A13. Transmitancia límite de muros en España y División SCI Guatemala

ESPAÑA			GUATEMALA	
Transmitancia Límite de Muros				
Invierno	Rango SCI	U_{Mlim} (W/m ² K)	Invierno	Rango SCI
A	0 < SCI <=0.30	0.94	A	SCI <= 0.2
B	0.30 < SCI <=0.60	0.82	B	SCI > 0.2
C	0.60 < SCI <=0.95	0.73		
D	0.95 < SCI <=1.30	0.66		
E	SCI > 1.30	0.57		

Fuente: Documento Base HE – 1 del CT y Desarrollo del Trabajo de investigación

Los valores contenidos en la Tabla LDE - A13, son representados en una gráfica que nos permita observar cuales son los datos coincidentes en cuanto al rango de severidad climática de invierno se refiere, para poder adaptar los valores de transmitancia límite de España hacia Guatemala. Lo anterior puede ser observado en la gráfica que se encuentra a continuación:

Gráfico 12. (G) **LDE - A5:** Transmitancia límite de muros para España y Guatemala

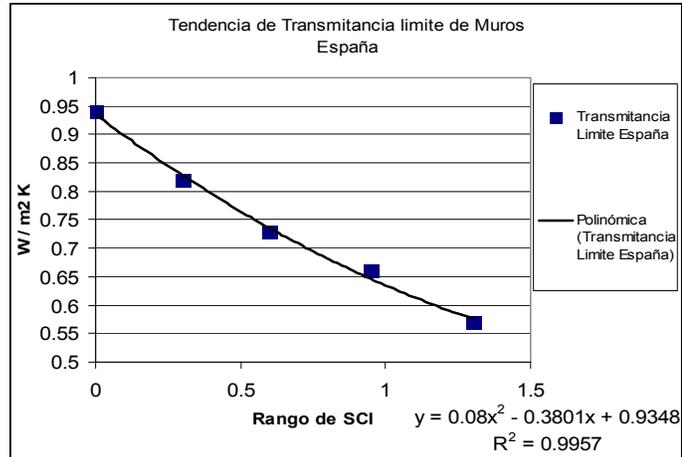


El gráfico muestra en la parte superior las divisiones de la SCI y la Transmitancia Límite de Muros de España, y en la parte inferior la división de SCI para Guatemala.

El único valor de división que existe para el país de Guatemala es de 0.2, y se encuentra dentro del primer rango de España que corresponde a la División A, que va de 0 a 0.3, por lo que el primer valor de transmitancia límite de muros medio guatemalteco será igual a 0.94 W/m² K.

Para el cálculo de los valores restantes de U_{Mlim} , guatemaltecos, se saca una tendencia de los valores de U_{Mlim} españoles, y mediante una hoja electrónica se obtiene una correlación que nos permita sustituir el valor de SCI que corresponde a la siguiente división (B), dicho valor a utilizar será de 0.2001, ya que el valor límite es 0.2 y aún pertenece a la división A.

Gráfico 13. (G) LDE - A6: Tendencia de Transmitancia límite de Muros España



La correlación propuesta por la hoja electrónica (Excel), nos da un error de correlación igual 0.9957, por lo que puede ser considerada aceptable para la realización del cálculo.

Substituyendo el dato de SCI = 0.2001 en la correlación tendremos:

$$U_{Mlim} \text{ para B} = 0.08 \cdot (0.2001)^2 - 0.3801 \cdot (0.2001) + 0.9348$$

$$= 0.87 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

El dato anterior es del nivel bajo de exigencia.

Una vez que se tienen los dos valores (U_{Mlim}) para las divisiones A y B, del nivel alto de exigencia, se calcula la diferencia de estos valores para poder calcular la exigencia media y baja de A y B, obteniendo los siguientes valores:

Tabla XV. LDE - A14. Transmitancia límite media de Muros (Guatemala)

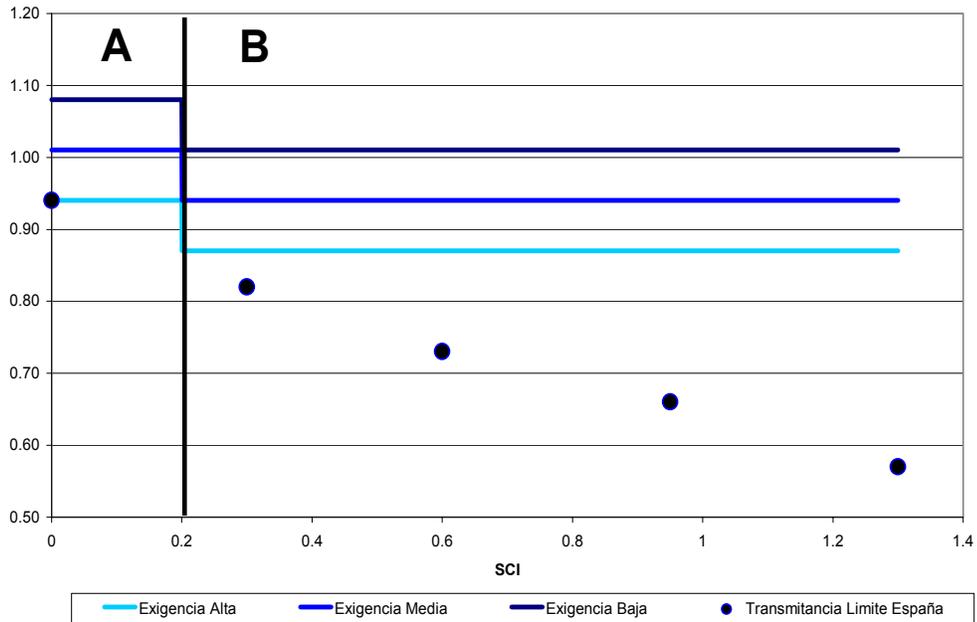
GUATEMALA		U _{Mlim} (W/m ² K)		
		Exigencia		
Invierno	Rango SCI	Alta	Media	Baja
A	SCI ≤ 0.2	0.94	1.01	1.08
B	SCI > 0.2	0.87	0.94	1.01

Diferencia =	0.07
--------------	------

Los valores de la tabla LDE - A14 son comparados en el siguiente gráfico con los valores de España. De donde se puede decir que la exigencia más alta de U para muros de Guatemala de ambas divisiones climáticas de SCI (A Y B), no supera el valor la división de SCI B en España, por lo que el invierno de Guatemala no requiere de complejas instalaciones y sistemas de calefacción como lo necesita el territorio español, pero no quiere decir que no se pueda utilizar para el ahorro de energía sistemas de asilamiento térmico

Gráfico 14. (G) LDE -A7

COMPARACION ENTRE LA TRANSMITANCIA LIMITE DE MUROS DE GUATEMALA Y LA DE ESPAÑA



- **Transmitancia Límite de suelo (U_{Slim}) y Cubiertas (U_{Clim}).**

Aunque los cálculos son los mismos para cada uno de los valores de transmitancia límite de suelo y cubiertas, a continuación se resumen en una tabla los valores base para la cada uno de los parámetros característicos.

Tabla XVI. LDE - A15. Datos base para el cálculo de Parámetros Característicos (suelos y cubiertas) de Guatemala

ESPAÑA				GUATEMALA	
Invierno	Rango SCI	U_{clim} (W/m ² K)	U_{slim} (W/m ² K)	Invierno	Rango SCI
A	$0 < SCI \leq 0.30$	0.50	0.53	A	$SCI \leq 0.2$
B	$0.30 < SCI \leq 0.60$	0.45	0.52	B	$SCI > 0.2$
C	$0.60 < SCI \leq 0.95$	0.41	0.50		
D	$0.95 < SCI \leq 1.30$	0.38	0.49		
E	$SCI > 1.30$	0.35	0.48		

Fuente: Documento Base HE – 1 del CT y Desarrollo del Trabajo de investigación

En la siguiente tabla se especifican las correlaciones para la obtención de la transmitancia térmica de la división B de Guatemala, y la respectiva diferencia entre los valores del nivel alto de exigencia, para el cálculo de los valores de exigencia baja y media.

El motivo de utilizar la diferencia y no una correlación para el cálculo de los valores de exigencia media y baja, es que únicamente existen dos valores, en la exigencia alta y una correlación no tendría sentido debido a la mínima cantidad de datos existentes.

Tabla XVII. LDE - A16. Resultados del Procedimiento de cálculo de valores U límite

Parametro Caracteristico	Correlacion $y = U_{lim}$	Valor a evaluar $x = SCI$	Division B en exigencia alta		Diferencia entre valores (A y B)
			U_{clim} (W/m ² K)	U_{slim} (W/m ² K)	
Transmitancia limite de suelo	$y = 0.0112x^2 - 0.0544x + 0.5315$	0.2001	-----	0.47	0.01
Transmitancia limite de cubierta	$y = 0.0449x^2 - 0.1718x + 0.4989$	0.2001	0.52	-----	0.03

La diferencia que se observa en la última columna de la tabla LDE - A16, es la que existe entre el valor de la división A y B, de la exigencia alta de los valores límite de transmitancia, y es la que se utiliza para sumar, en la exigencia media y baja, para los valores de la división A.

Con los valores de la tabla LDE - A16 se puede obtener los valores de U límite para las exigencias medias y bajas, para ambas divisiones de la SCI.

Tabla XVIII. LDE - A17 Transmitancia límite media de Suelos (Guatemala)

GUATEMALA		U _{lim} (W/m ² K)		
		Exigencia		
Invierno	Rango SCI	Alta	Media	Baja
A	SCI ≤ 0.2	0.53	0.54	0.55
B	SCI > 0.2	0.52	0.53	0.54

Tabla XIX. LDE - A18 Transmitancia límite media de Cubiertas (Guatemala)

GUATEMALA		U _{clim} (W/m ² K)		
		Exigencia		
Invierno	Rango SCI	Alta	Media	Baja
A	SCI ≤ 0.2	0.50	0.53	0.56
B	SCI > 0.2	0.47	0.50	0.53

- **Factor solar modificado límite de huecos (ventanas) F_{Hlim}.**

Para el cálculo de este parámetro característico se tomaron las siguientes consideraciones para los valores extraídos del código técnico:

- Se toman los valores para el 30% de huecos, que es el porcentaje de ventana que existe en el muro.
- La orientación de la ventana utilizada es la de Este/Oeste, ya que es la que posee los valores más exigentes.
- En cuanto a la carga interna de los espacios se tomo como Alta Carga Interna, debido a que posee los valores de mayor exigencia.

Para el cálculo del factor solar modificado se utiliza la severidad climática de verano de ambos países. La siguiente tabla contiene entonces los valores en los que se basara el cálculo del factor solar modificado límite.

Tabla XX. LDE - A19. Factor solar modificado límite de España y División SCI Guatemala

ESPAÑA			GUATEMALA	
Factor solar modificado de huecos			Verano	Rango SCV
Verano	Rango SCV	Fhlim	Verano	Rango SCV
1	$0 < SCV \leq 0.60$	0.53	1	$0 < SCV \leq 0.25$
2	$0.60 < SCV \leq 0.90$	0.52	2	$0.25 < SCV \leq 0.65$
3	$0.95 < SCV \leq 1.25$	0.50	3	$0.65 < SCV \leq 1.00$
4	$SCV > 1.25$	0.48	4	$1.00 < SCV \leq 1.55$
			5	$SCV > 1.55$

Fuente: Documento Base HE – 1 del CT y Desarrollo del Trabajo de investigación

Al igual que se hizo con la Transmitancia límite de muros, se procede a graficar los datos de la tabla con los valores base, para observar la adaptación a realizar, así como la gráfica que contenga los valores del Factor Solar modificado de huecos, solo de España, para obtener la correlación que se utilice para la obtención de los datos de los distintos niveles de exigencia.

Gráfico 15. (G) LDE - A8:

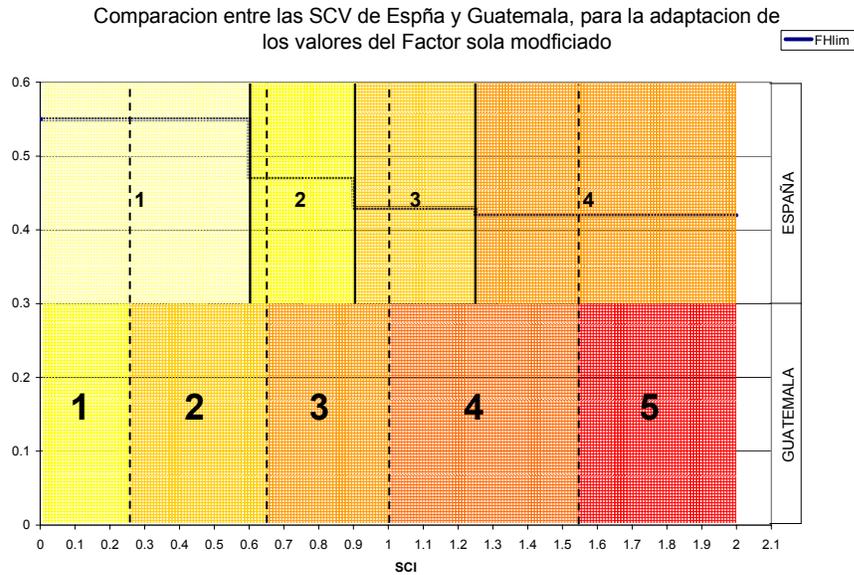
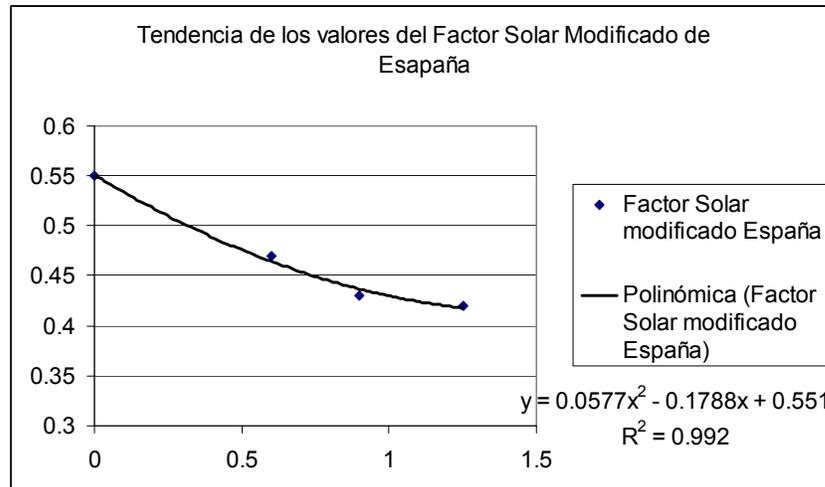


Gráfico 16. (G) LDE - A9



De forma similar a la transmitancia de muros, los valores para el factor solar modificado en su exigencia máxima serán los valores expresados en el código técnico, en las condiciones mencionadas anteriormente en cuanto a la orientación, carga interna y porcentaje de hueco.

Ahora bien se sustituyen los datos en la siguiente correlación para la obtención de los valores de exigencia media y mínima.

$$F_{\text{Hlim}} \text{ para 1 en exigencia media} = 0.0577*(-0.6)^2 - 0.1788*(-0.6) + 0.551 \\ = 0.68$$

$$F_{\text{Hlim}} \text{ para 1 en exigencia media} = 0.0577*(-1.2)^2 - 0.1788*(-1.2) + 0.551 \\ = 0.84$$

En ambas correlaciones se puede observar que el valor a sustituir es negativo y esto es que por se busca un desplazamiento horizontal en la correlación, y al colocar un valor negativo del primer punto obtendremos un valor positivo en el siguiente.

Por otra parte, la diferencia de valores utilizados para x, en la correlación varían en 0.6 (en la parte negativa del eje x), y esto es debido a que es el rango de la primera división de la SCV en España, y la correlación esta en base a dichos datos.

Los valores para el Factor solar modificado límite de huecos en Guatemala se encuentran en la siguiente tabla:

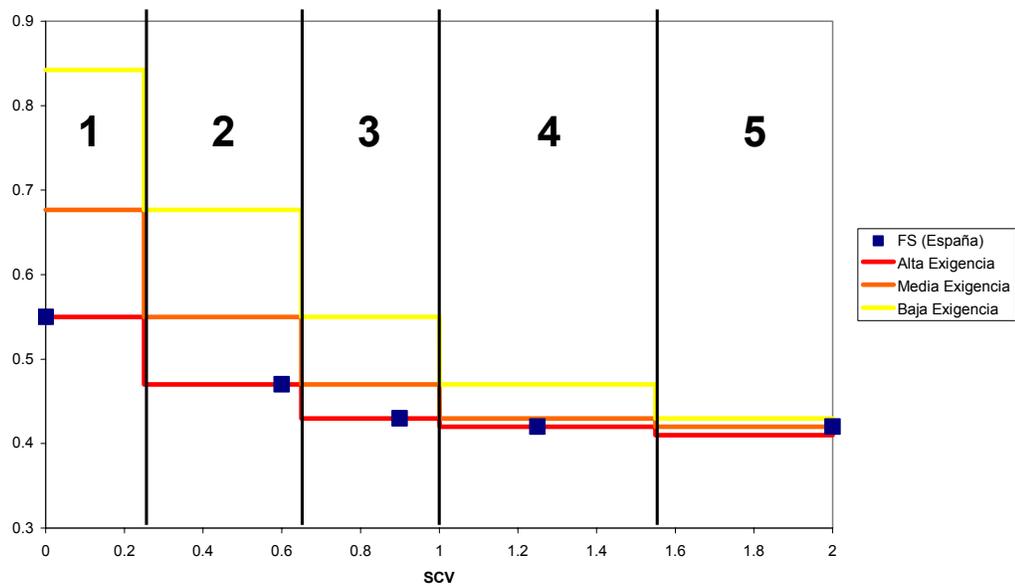
Tabla XXI. LDE – A20. Factor solar modificado límite de huecos para Guatemala

GUATEMALA		Factor solar modificado límite de huecos		
		Nivel de Exigencia		
Verano	Rango SCV	Alta	Media	Baja
1	$0 < SCV \leq 0.25$	0.55	0.68	0.84
2	$0.25 < SCV \leq 0.65$	0.47	0.55	0.68
3	$0.65 < SCV \leq 1.00$	0.43	0.47	0.55
4	$1.00 < SCV \leq 1.55$	0.42	0.43	0.47
5	$SCV > 1.55$	0.41	0.42	0.43

El siguiente gráfico ilustra los valores de la tabla LDE - A20.

Gráfico 17. (G) LDE - A10

Comparacin entre el Factor Solar Modificado Limite de Huecos para Guatemala y el de Esapaña



- **Transmitancia Límite de huecos (U_{Hlim})**

El procedimiento para el cálculo de este valor es el mismo que para el resto de valores de transmitancia pero la variación existe en la fuente de datos, ya que se realizaron las siguientes consideraciones para su cálculo:

- Orientación Norte de las ventanas (la más exigente) y
- 30 % de huecos, como el porcentaje de venta en el muro.

Los valores respectivos para esta transmitancia límite de huecos son:

Tabla XXII. LDE - A21: Transmitancia límite de huecos para Guatemala

GUATEMALA		U_{Hlim} (W/m ² K)		
		Exigencia		
Invierno	Rango SCI	Alta	Media	Baja
A	SCI ≤ 0.2	4.60	5.40	5.7
B	SCI > 0.2	3.80	4.60	5.40

La totalidad de los valores de los parámetros característicos límite para el territorio guatemalteco son resumidos a continuación:

Tabla XXIII. LDE - A22: Valores Límite de los parámetros característicos medios

	Parametro Caracteristico	Simbolo	Exigencia			
			Alta	Media	Baja	
A1	Transmitancia Limite de muros de fachada y en contacto con el terreno	U_{Mlim}	0.94	1.01	1.08	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de cubiertas	U_{Clim}	0.50	0.53	0.56	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de suelos	U_{Slim}	0.53	0.54	0.55	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de huecos	U_{Hlim}	4.60	5.40	5.7	$W / m^2 K$
	Factor Solar modificado limite de huecos	F_{Hlim}	0.55	0.68	0.84	
A2	Transmitancia Limite de muros de fachada y en contacto con el terreno	U_{Mlim}	0.94	1.01	1.08	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de cubiertas	U_{Clim}	0.50	0.53	0.56	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de suelos	U_{Slim}	0.53	0.54	0.55	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de huecos	U_{Hlim}	4.60	5.40	5.7	$W / m^2 K$
	Factor Solar modificado limite de huecos	F_{Hlim}	0.47	0.55	0.68	
A3	Transmitancia Limite de muros de fachada y en contacto con el terreno	U_{Mlim}	0.94	1.01	1.08	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de cubiertas	U_{Clim}	0.50	0.53	0.56	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de suelos	U_{Slim}	0.53	0.54	0.55	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de huecos	U_{Hlim}	4.60	5.40	5.7	$W / m^2 K$
	Factor Solar modificado limite de huecos	F_{Hlim}	0.43	0.47	0.55	
A4	Transmitancia Limite de muros de fachada y en contacto con el terreno	U_{Mlim}	0.94	1.01	1.08	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de cubiertas	U_{Clim}	0.50	0.53	0.56	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de suelos	U_{Slim}	0.53	0.54	0.55	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de huecos	U_{Hlim}	4.60	5.40	5.7	$W / m^2 K$
	Factor Solar modificado limite de huecos	F_{Hlim}	0.42	0.43	0.47	
A5	Transmitancia Limite de muros de fachada y en contacto con el terreno	U_{Mlim}	0.94	1.01	1.08	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de cubiertas	U_{Clim}	0.50	0.53	0.56	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de suelos	U_{Slim}	0.53	0.54	0.55	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de huecos	U_{Hlim}	4.60	5.40	5.7	$W / m^2 K$
	Factor Solar modificado limite de huecos	F_{Hlim}	0.41	0.42	0.43	
B1	Transmitancia Limite de muros de fachada y en contacto con el terreno	U_{Mlim}	0.87	0.94	1.01	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de cubiertas	U_{Clim}	0.47	0.50	0.53	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de suelos	U_{Slim}	0.52	0.53	0.54	$W / m^2 K$
	Transmitancia Limite de huecos	U_{Hlim}	3.80	4.60	5.40	$W / m^2 K$
	Factor Solar modificado limite de huecos	F_{Hlim}	0.55	0.68	0.84	

1.2.6.5. Comprobación de la Limitación de la Demanda Energética

La limitación de la demanda energética por lo tanto se realiza al no superar los valores medios de los parámetros característicos, especificados en la tabla LDE – A22, e identificando el tipo de cerramiento al que corresponde el parámetro, como se ve en la figura LDE – A7.

En el siguiente cuadro se muestran los cálculos y datos que deben introducirse para la limitación de la demanda de energía, indicando de manera inicial en nivel de exigencia que el usuario desea utilizar, ya que los valores límites de los parámetros característicos varían de acuerdo a dicha exigencia.

Nota: Los valores de A_x , son los correspondientes al área de cada uno de los cerramientos.

Tabla XXIV. LDE – A23. Formulario para la verificación de la limitación de energía Térmica en una edificación.

Tabla XXIV. LDE – A23: Formulario para la Verificación de la Limitación de Energía Térmica en una Edificación

Nombre del Cerramiento o Partición Interior		Nivel de Exigencia			Comparación con los valores límites
		<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/> Medio	<input type="checkbox"/> Bajo	
Componente	Parámetro Característico	Parámetros Característicos Medios			
CUBIERTAS (C) En contacto con el exterior (C1) En contacto con un espacio no habitable (C2)	U_{C1}	$U_{Cm} = \frac{? (U_{C1} \cdot A_{C1}) + ? (U_{C2} \cdot A_{C2})}{? A_{C1} + ? A_{C2}}$			$U_{Cm} \leq U_{Clim}$
	U_{C2}				
MUROS DE FACHADA (M) En contacto con el exterior. (M1) En contacto con una zona no habitable. (M2) En contacto con el terreno (M3)	U_{M1}	$U_{Mm} = \frac{? (U_{M1} \cdot A_{M1}) + ? (U_{M2} \cdot A_{M2}) + ? (U_{M3} \cdot A_{M3})}{? A_{M1} + ? A_{M2} + ? A_{M3}}$			$U_{Mm} \leq U_{Mlim}$
	U_{M2}				
	U_{M3}				

SUELOS (S)	Apoyado sobre el terreno (S1)	U_{S1}	$U_{Sm} = ? (U_{S1} \cdot A_{S1}) + ? (U_{S2} \cdot A_{S2}) + ? (U_{S3} \cdot A_{S3})$ $? A_{S1} + ? A_{S2} + ? A_{S3}$	$U_{Sm} \leq U_{Slim}$
	En contacto con espacios no habitables. (S2)	U_{S2}		
	En contacto con el aire exterior (S3)	U_{S3}		
VENTANAS (H)		U_H	$U_{Hm} = ? (U_H \cdot A_H)$ $? A_H$	$U_{Hm} \leq U_{Hlim}$
		F_H		$U_{Fm} = ? (F_H \cdot A_H)$ $? A_F$	$F_{Hm} \leq F_{Hlim}$

El formulario que se encuentra en las páginas anteriores es la manera en la que concluye la limitación de la energía, ya que a través de la comparación de los datos que allí se utilizan, se puede concluir si una edificación, cumple o no con los estándares descritos durante el desarrollo de esta primera parte del documento, y resalta las partes los componentes de la envolvente térmica que deben ser modificados para alcanzar dichos estándares.

1.3. Análisis Económico

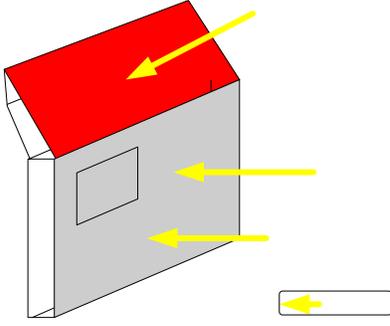
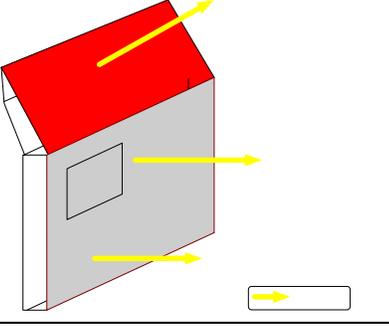
El apartado que contiene los límites de los parámetros característicos, nos indica cual es el máximo de transferencia que se debe tener en los diferentes cerramientos de la edificación para obtener un consumo regulado de energía, pero en algunas ocasiones no se alcanza con construcciones y materiales utilizados convencionalmente en el país, por lo que se propone en este apartado algunas soluciones practicas para obtener una eficiencia energética.

El análisis económico se basa por lo tanto en las posibles soluciones que se mencionan, comparando el costo de su implementación y el ahorro que se obtiene con dicha ejecución, así como el tiempo de retorno de la inversión.

1.3.1. Objetivo de las Soluciones

El calor se transmite de una zona caliente a una zona fría, por lo que en una edificación existen dos posibilidades de transferencia de calor, a través de sus cerramientos:

Figura 18. (F) LDE – E: Objetivo de las propuestas de Limitación de la Energía

VERANO	INVIERNO
	
<p>En días de verano el aire caliente del exterior se transmite al interior de la edificación, es decir trata de entrar.</p>	<p>En días de invierno el aire caliente del interior se trasmite al exterior de la edificación, o trata de salir.</p>
<p>NECESIDAD DE REFRIGERACIÓN</p>	<p>NECESIDAD DE CALEFACCIÓN</p>
<p>EN AMBOS CASOS SE BUSCA REDUCIR ESTE PROCESO DE TRANSMISIÓN DE CALOR Y FILTRACIONES DE AIRE</p>	

AIRE CALIENTE
EXTERIOR

1.3.2. Opción Propuesta

INTERIOR
EDIFICACION

A continuación se presentan algunas opciones que buscan obtener una mayor eficiencia en el uso de la energía térmica.

1.3.2.1. Opción para calefacción

CALOR

Una forma de lograr una eficiencia energética, de manera sencilla, es aislar térmicamente el envolvente térmico, conformado por cada uno de los cerramientos (muros, cubiertas, techos y suelos).

- a. Una de las formas más sencillas para la calefacción es agregar **material aislante** en cubiertas, muros y suelos de la edificación. Debido a la severidad climática de invierno, no todas las regiones requieren del mismo tipo de aislamiento térmico, y es obvio que entre mayor sea la severidad climática de invierno mayor es la cantidad de material aislante requerido.
- b. Para mejorar aún más el rendimiento térmico se recomienda para las ventanas utilizar **vidrios dobles**.
- c. En cuanto a la orientación de la edificación, en climas fríos y húmedos, que se encuentre orientada hacia el norte se recomienda que el aislamiento se coloque en la cara interior, lo cual permite que las superficies interiores alcancen pronto una temperatura similar a la del ambiente interior y se aumente el confort de los ocupantes.
- d. Por otra parte se recomienda que la fachada de la casa se oriente hacia el sur, ya que presenta las condiciones más favorables en cuanto a la captación de rayos de sol se refiere.

1.3.2.2. Opción para refrigeración

Para la obtención de una eficiencia de la energía en verano, en cuanto a modificaciones del envolvente térmico se refiere, no se necesitan cambios fuertes en los cerramientos, por lo que las opciones no involucran a las instalaciones físicas de las edificaciones.

Pero se pueden utilizar alguna de las siguientes opciones:

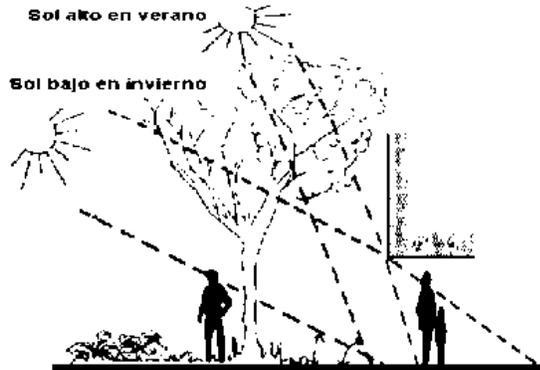
Cubiertas:

- a. Debido a que el techo es la parte que más se expone a los rayos de sol, la temperatura de las edificaciones depende en gran porcentaje de las condiciones de este cerramiento, por lo que se recomienda pintar el techo con colores claros como el blanco.
- b. Incorporación de material aislante, el cual debe ser consultado por el proveedor, en cuanto a sus características y beneficios se refiere.

Ventanas y Muros

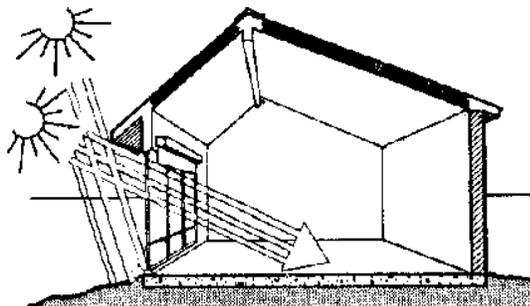
- c. Sombrear las ventanas con vegetación, como por ejemplo la utilización de árboles en los alrededores de la construcción, con las siguientes propuestas de orientación:
 - o Estudios han comprobado que la orientación de los árboles al oeste de las edificaciones, contribuyen con el factor sombra, a disminuir la transferencia de calor.
 - o No se recomienda su ubicación al sur de la edificación, ya que no producen el efecto sombra, e incluso pueden ser contradictorios en época de invierno, incrementando el consumo de energía para los sistemas de calefacción.

Figura 19. (F) LDE - E1: Efecto sombra de un árbol



- d. La implementación de voladizos en las ventanas que provoquen el efecto sombra sobre las ventanas.

Figura 20. (F) LDE - E2. Voladizos en ventanas



- e. La utilización de persianas en el exterior de la ventana que eviten la radiación directa, hacia las edificaciones. Para ellas se recomienda de colores claros como el blanco, que eviten el calentamiento de su superficie y evite la transmisión de calor.
- f. Se recomienda también que los marcos de las ventas sean de color claro o de madera.

- g. Utilización de toldos o estructuras que le proporcionen sombra tanto a las ventanas como a los muros o paredes de la edificación.

1.3.3. Costo y Ahorro de la Propuesta

Como se menciona anteriormente, únicamente se puede establecer un costo para la opción de calefacción, ya que es la opción con variables fijas de cuantificar que se pueden utilizar, para estimar un costo aproximado.

Por otra parte las opciones de refrigeración, poseen un costo que no tienen un estándar, ya que con diferentes opciones se puede cumplir el mismo objetivo, por ejemplo para obtener un efecto de sombra se puede sembrar de un árbol el cual puede tener en un sinnúmero de valores, dependiendo exclusivamente del usuario de la edificación, o bien se puede colocar voladizos en los marcos de las ventanas, etc.

Las consideraciones para el cálculo de costo del aislamiento de la envolvente son las siguientes:

- Para este cálculo se tomo la definición de SC de una localidad, la cual se describe como el cociente entre la demanda de un edificio cualquiera, en dicha localidad y la correspondiente al mismo edificio en una localidad de referencia. Para este caso se toma como localidad de referencia a Madrid.
- Los cálculos de la demanda, consumo, ahorro y costo por nivel de exigencia, fueron efectuados por el, tutor del proyecto, tomando como base una edificación unifamiliar, los parámetros característicos y los costos del material de aislamiento, entre otros datos.

El costo por unidad de los diferentes materiales para aislar los cerramientos que conforman el envolvente térmico, así como el costo actual de la energía eléctrica en Guatemala se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XXV. LDE - E1: Costo de material aislante y energía eléctrica

Descripcion	unidad	dimensional	Precio (€)	Precio (Q.)
Precio de aislamiento	1	m3	140.47	1404.7
Precio de venanas con un valor de U igual 5.718 W/m2 K	1	m2	79.03	790.3
Precio de venanas con un valor de U igual a 3.378 W/m2 K	1	m2	83.84	838.4
Precio de la energia electrica en Guatemala	1	kW / h	0.14	1.4

Fuente: Proveedores de materiales para construcción en la UE.

Nota: el precio de la energía eléctrica de Guatemala es el correspondiente a la tasa de consumo social, la cual es menor a 300 kW / h mensual.

Los cálculos se realizan en base a un edificio unifamiliar ubicado en la localidad de Madrid, por lo valores para los departamentos de la ciudad de Guatemala, parten de lo siguiente:

Si SC se define como:

SC de Invierno = Demanda de un edificio X en una localidad cualquiera

Demanda de un edificio X en Madrid

Entonces Podemos decir que:

$$\begin{aligned} \text{Demanda de un edificio X en una localidad cualquiera} &= \\ &= (\text{SC de Invierno}) * (\text{Demanda de un edificio X en Madrid}) \end{aligned}$$

A partir de lo anterior entonces, se multiplica el costo y el ahorro obtenido en la localidad de Madrid, por la severidad climática de invierno de las localidades de Guatemala, para obtener los resultados de costo y ahorro correspondientes a las localidades del territorio guatemalteco.

- **Costo y Ahorro de Calefacción**

El costo y ahorro de calefacción obtenido para la localidad de Madrid, es la base para el cálculo de las localidades guatemalteca.

Los resultados fueron calculados para los tres niveles de exigencia que se obtuvieron en los parámetros característicos del apartado de limitación de la demanda de energía (adaptación).

Tabla XXVI. LDE - E2: Resultados de costo y ahorro de Madrid

		CALEFACCIÓN			
		€		Q. (Moneda de Guatemala)	
Division SCI	Exigencia	Coste (€/m2)	Ahorro (€/año/m2)	Coste (Q./m2)	Ahorro (Q./año/m2)
A	Alta	12.09	7.25	120.90	72.51
	Media	11.35	6.59	113.48	65.90
	Baja	9.53	6.20	95.31	62.03
B	Alta	11.95	7.87	119.53	78.67
	Media	11.04	7.25	110.42	72.51
	Baja	10.24	6.59	102.36	65.90

Fuente: Cálculos a través del software LIDER

La tabla LDE - E2, separa los costos en las dos divisiones de la SCI, y luego por el nivel de exigencia, de cada división.

Para obtener entonces los resultados de las localidades guatemaltecas se multiplica la SCI de cada localidad por el costo y ahorro de Madrid, y los valores obtenidos son los siguientes:

Tabla XVII. LDE - E3: Tabla de costos y ahorro para las localidades de Guatemala en Euros

ZC	Departamento	Estacion Meteorologica	SCI	costo (€/m2) por calefaccion			ahorro (€/año/m2) por calefaccion		
				EXIGENCIA			EXIGENCIA		
				ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA	MEDIA	BAJA
B1	San Marcos	San Marcos	0.28	11.95	11.04	10.24	2.21	2.04	1.86
B1	Huehuetenango	Todo Santos	0.25	11.95	11.04	10.24	2.00	1.84	1.68
B1	Solola	El Tablon	0.24	11.95	11.04	10.24	1.92	1.77	1.60
B1	Quetzaltenango	-----	-----	11.95	11.04	10.24	-----	-----	-----
B1	Totonicapán	-----	-----	11.95	11.04	10.24	-----	-----	-----
A1	Quiche	Nebaj	0.11	12.09	11.35	9.53	0.78	0.71	0.67
A1	Chimaltenango	Balanya	0.09	12.09	11.35	9.53	0.68	0.62	0.58
A1	El Progreso	Albores	0.09	12.09	11.35	9.53	0.64	0.58	0.55
A2	Alta Verapaz	Coban	0.004						
A5	El Progreso	Morazan	0.00						

La tabla LDE - A3, presenta los valores de costos y ahorro de los departamentos que necesitan refrigeración, por ejemplo en el caso del departamento del Progreso y Coban, la SCI es igual a 0, por lo que se considera como **despreciable** la SCI, como para invertir en aislamiento térmico para la edificación.

Para los departamentos de Quetzaltenango y Totonicapán, no se tiene valores de SCI, pero como se indico en la parte de adaptación, de este capítulo, sus características climáticas y su ubicación, corresponden a la Zona Climática B1, asignándole el costo de dicha zona, pero la obtención de su ahorro necesita del cálculo de su SCI.

En la siguiente tabla ya se tienen los costos en Quetzales (Q.), que es la moneda guatemalteca, con una tasa de cambio de € 1.00 = Q. 10.00.

Tabla XVIII. LDE - E4: Costo y ahorro de Opción de asilamiento para Guatemala en Q.

Departamento	costo (Q./m ²) por calefaccion			ahorro (Q./año/m ²) por calefaccion		
	EXIGENCIA			EXIGENCIA		
	ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA	MEDIA	BAJA
San Marcos	119.53	110.42	102.36	22.15	20.41	18.55
Huehuetenango	119.53	110.42	102.36	20.01	18.44	16.76
Solola	119.53	110.42	102.36	19.16	17.66	16.04
Quetzaltenango	119.53	110.42	102.36	-----	-----	-----
Totonicapán	119.53	110.42	102.36	-----	-----	-----
Quiche	120.90	113.48	95.31	7.84	7.13	6.71
Chimaltenango	120.90	113.48	95.31	6.82	6.20	5.83
El Progreso	120.90	113.48	95.31	6.42	5.83	5.49
Alta Verapaz						
El Progreso						

Para calcular la cantidad total de costo y de ahorro, para la edificación, únicamente se debe multiplicar la cantidad de m², de cada uno de los cerramientos, por el ahorro que se encuentra en la Tabla LDE - E4.

- **Ahorro de Refrigeración**

Como se menciono anteriormente no se tiene un costo estándar para la refrigeración de la edificación, ya que existen diversas formas de obtener una protección en verano.

Los resultados de Madrid, se encuentran clasificados por las divisiones de la SCV, y por el nivel de exigencia.

Tabla XXIX. LDE - E5: Ahorro en refrigeración para una edificación unifamiliar en Madrid

REFRIGERACION			
Division SCV	Exigencia	Ahorro (€/año/m2)	Ahorro (Q./año/m2)
1	Alta	0.71	7.11
	Media	0.51	5.14
	Baja	0.26	2.60
2	Alta	0.83	8.27
	Media	0.71	7.11
	Baja	0.51	5.14
3	Alta	0.88	8.85
	Media	0.83	8.27
	Baja	0.71	7.11
4	Alta	0.90	8.99
	Media	0.88	8.85
	Baja	0.83	8.27
5	Alta	0.91	9.13
	Media	0.90	8.99
	Baja	0.88	8.85

Como se realizo para la opción de calefacción, los datos de ahorro de Madrid, se multiplican por la SCV de las localidades de Guatemala, para obtener los valores de ahorro de dichas ubicaciones.

$$\text{Ahorro Localidad X Guatemala} = \text{SCV Localidad X} * \text{Ahorro en Madrid}$$

En la siguiente tabla se encuentran entonces los resultados de aplicar la expresión anterior:

Tabla XXX LDE - E6 Ahorro económico por refrigeración Guatemala

	Departamento	Estacion Meteorologica	SCV	ahorro (€/año/m2)			ahorro (Q./año/m2)		
				por refrigeracion			por refrigeracion		
				EXIGENCIA			EXIGENCIA		
			ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA	MEDIA	BAJA	
A5	El Progreso	Morazan	1.87	1.71	1.68	1.66	17.08	16.82	16.56
	Izabal	Las Vegas	1.81	1.66	1.63	1.61	16.56	16.31	16.06
	Jutiapa	Montufar	1.81	1.65	1.62	1.60	16.49	16.24	15.99
	Zacapa	La Fragua	1.80	1.65	1.62	1.60	16.46	16.21	15.96
	Peten	Flores	1.76	1.61	1.58	1.56	16.08	15.83	15.58
	Izabal	Puerto Barrios	1.75	1.60	1.58	1.55	16.00	15.75	15.50
	Escuintla	Puerto San Jose	1.75	1.60	1.57	1.55	15.96	15.71	15.47
	Jutiapa	Asuncion Mita	1.74	1.59	1.57	1.54	15.91	15.66	15.42
	Retalhuleu	Retalhuleu	1.73	1.58	1.55	1.53	15.78	15.54	15.29
	Chiquimula	Camotan	1.71	1.56	1.53	1.51	15.58	15.34	15.10
	San Marcos	Catarina	1.66	1.52	1.49	1.47	15.18	14.94	14.71
	Quiche	Chixoy Quiche	1.62	1.48	1.46	1.44	14.83	14.60	14.38
	Alta Verapaz	Cahabon	1.60	1.46	1.44	1.42	14.64	14.42	14.20
	Suchitepequez	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
A4	Escuintla	Camatulul	1.51	1.35	1.33	1.25	13.53	13.32	12.46
	Santa Rosa	Los Esclavos	1.45	1.30	1.28	1.20	13.04	12.83	12.00
	Huehuetenango	Cuilco	1.43	1.28	1.26	1.18	12.85	12.65	11.83
	Escuintla	Sabana Grande	1.37	1.23	1.21	1.13	12.30	12.11	11.32
	Jalapa	Ceibita	1.30	1.17	1.15	1.08	11.68	11.50	10.75
	Quiche	Chuitinamit	1.29	1.16	1.14	1.07	11.58	11.40	10.66
	Zacapa	La Union	1.19	1.07	1.05	0.98	10.69	10.53	9.84
	Chiquimula	Esquipulas	1.09	0.98	0.96	0.90	9.80	9.64	9.02
A3	Baja Verapaz	San Jeronimo	0.73	0.64	0.60	0.52	6.45	6.03	5.18
A2	Sacatepequez	Suiza Contenta	0.42	0.35	0.30	0.22	3.47	2.98	2.15
	Ciudad Capital	Insivumeh	0.32	0.27	0.23	0.16	2.66	2.28	1.65
A1	Alta Verapaz	Coban	0.26	0.22	0.19	0.14	2.18	1.87	1.35
	Chimaltenango	San Martin Jilote	0.08	0.06	0.04	0.02	0.57	0.41	0.21
B1	Huehuetenango	Todo Santos	0.02	0.01	0.01	0.01	0.14	0.10	0.05
	Quiche	Nebaj	0.02	0.01	0.01	0.01	0.14	0.10	0.05
A1	Quiche	Chinique	0.02	0.01	0.01	0.01	0.14	0.10	0.05
	Chimaltenango	Balanya	0.00						
	El Progreso	Albores	0.00						
	Huehuetenango	Huehuetenango	0.00						
B1	Solola	Santiago Atitlan	0.00						
	San Marcos	San Marcos	0.00						
B1	Solola	El Tablon	0.00						
B1	Quetzaltenango	-----	-----						
B1	Totonicapán	-----	-----						

Para las localidades cuya severidad climática de verano es 0, se considera como despreciable para la inversión de opciones de refrigeración que obtengan un ahorro significativo. Es el caso de la zona climática B1, y de ciertas localidades de la zona A1.

Nota: la Tasa de cambio para la conversión de euros a quetzales es de:

$$€ 1.00 = Q. 10.00.$$

(1) **Envolvente Térmica:** son todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

*Definiciones del Apéndice A, Sección HE'1, Código Técnico.

1.3.4. Tiempo de Recuperación de la Inversión

El tiempo de recuperación de la inversión, únicamente será calculado para los departamentos que necesiten aislamiento térmico, de acuerdo a su SCI, y para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo recuperación (año)} = \frac{\text{costo de la inversión (Q./m}^2\text{)}}{\text{Ahorro (Q./año/m}^2\text{)}}$$

Tabla XXXI. LDE - E7: Tiempo de recuperación de la inversión inicial

Departamento	costo (Q./m ²) por calefaccion			ahorro (Q./año/m ²) por calefaccion			Tiempo de recuperacion de la inversion (años)		
	EXIGENCIA			EXIGENCIA			EXIGENCIA		
	ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA	MEDIA	BAJA
San Marcos	119.53	110.42	102.36	22.15	20.41	18.55	5.40	5.41	5.52
Huehuetenango	119.53	110.42	102.36	20.01	18.44	16.76	5.97	5.99	6.11
Solola	119.53	110.42	102.36	19.16	17.66	16.04	6.24	6.25	6.38
Quetzaltenango	119.53	110.42	102.36	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Totonicapán	119.53	110.42	102.36	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Quiche	120.90	113.48	95.31	7.84	7.13	6.71	15.42	15.92	14.21
Chimaltenango	120.90	113.48	95.31	6.82	6.20	5.83	17.73	18.31	16.34
El Progreso	120.90	113.48	95.31	6.42	5.83	5.49	18.84	19.46	17.36
Alta Verapaz									
El Progreso									

Para el departamento del Progreso como el resto de departamentos que no aparecen en la tabla LDE - E7, no es considerado la posibilidad de invertir en aislamiento para la edificación por su SCI despreciable, al igual como sucede con el departamento de Alta Verapaz.

En la tabla LDE - E7 se puede observar, que al aumentar la exigencia, disminuye el tiempo de recuperación de la inversión, ya que el ahorro es mayor, y se tendrá un ahorro posterior de la inversión más elevado.

2. EFICIENCIA DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

2.1. Revisión

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), tiene dentro de sus objetivos, el de establecer las condiciones óptimas de las instalaciones térmicas en los edificios, logrando que estas utilicen de manera racional la energía que consumen, proporcionándole a sus usuarios, el confort térmico y bienestar que necesitan. Obteniendo con ello un ahorro económico y protección al medio ambiente.

Específicamente las instalaciones térmicas que se analizan en el RITE son:

- Instalaciones de Calefacción
- Instalaciones de Climatización e
- Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

El RITE esta conformado por varias Instrucciones Técnicas Complementarias (ITEs), que son las que contienen las especificaciones de cada uno de los puntos, que van desde el diseño de las instalaciones, los materiales y equipo, el montaje, hasta el mantenimiento, entre otras.

Para la comunidad española, el RITE, es quien brinda las características que deben cumplir los sistemas generadores de calor o frío, que proporcionan un uso eficiente de energía que genera un costo mínimo y un confort óptimo por parte de las instalaciones.

Este reglamento formara parte del Código Técnico, en su Documento Base HE, específicamente en la sección HE-2, por ello, su ámbito de aplicación es el mismo: edificaciones no industriales, nuevas o ya existentes.

2.1.1. Diseño

El RITE considera que para la elección del sistema de climatización a instalar en una edificación, se deben tomar en cuenta:

- Las características funcionales del edificio (tipo de uso).
- Las características ocupacionales del edificio (explotación de las instalaciones).
- Las condiciones climáticas de la zona (ubicación).

Para la generación de calor o frío de los sistemas de climatización, el RITE trata de que se utilice de manera eficiente la energía que consumen dichos sistemas, por lo que su diseño debe cubrir consideraciones como:

- La potencia de las instalaciones, para poder cubrir las puntas de demanda (periodos de máxima demanda de calor o frío), la cual debe ser racionalizada, modulada y evaluar las diferenciales en las cargas de la demanda.
- La elección de sistemas de climatización centralizada o individual, dependiendo de la magnitud o alcance de las instalaciones, y la evaluación de las ventajas y desventajas de la decisión a implementar.

- Un factor importante a tomar en cuenta, es la parte de la distribución del calor o frío del sistema, desde la central de producción hasta las terminales de uso, ya que a través de ellas se generan un porcentaje de las pérdidas de energía.
- El control del consumo de energía de los subsistemas de climatización, ya sea de frío o calor, en el caso de las instalaciones colectivas en donde exista una central de generación, y varias terminales de consumo.
- Los espacios en los que se incorpora calor o frío dentro de edificio, así como el uso al que se destinara dichos espacios.

Para cada uno de los puntos anteriores son analizados en el RITE, en donde se detallada las ventajas de usar cada una de las diferentes opciones de generación de calor o frío.

Por último queda a discreción del proyectista la toma de decisión del sistema a implementar, tomando en cuenta el costo total del sistema, su factibilidad y rendimiento (aspectos técnicos).

El reglamento presenta como opción la centralización de las instalaciones productoras de fluidos de calor y frío, para edificaciones que tengan una demanda de más de una vivienda, de donde se destacan las siguientes comparaciones, con las instalaciones individuales:

Las instalaciones centralizadas poseen una mayor eficiencia que las instalaciones individuales, y estas últimas refieren un mayor consumo de energía y un factor negativo para el medio ambiente, ya que en vez de una instalación se tendrían varias pequeñas que aumentan el índice de contaminación.

Por otra parte el mantenimiento de las instalaciones individuales sugiere una mayor dificultad, debido a que necesitan un mantenimiento con mayor frecuencia que las centrales productoras, así mismo se tiene la dificultad de la ubicación de los componentes de los sistemas en los espacios de demanda, al necesitar un área o sector específica para su instalación.

En este mismo sentido el costo de mantenimiento también juega un factor importante, ya que aumenta para las sistemas descentralizados, y a menudo se presenta un costo generado por mantenimiento correctivo, que varía según la vida útil del equipo, el cual para los antes mencionados es de entre 10 y 15 años, contra los 20 y 30 años que supone el de un sistema centralizado. Por último los sistemas descentralizados o individuales dificultan el ahorro de energía, como las instalaciones de sistemas de enfriamiento gratuito.

La utilización de fuentes renovables de energía para la climatización de edificaciones es prevista en el reglamento, haciendo mención de:

El **enfriamiento gratuito** por aire exterior, sobre el cual el documento obliga al uso de este sistema de enfriamiento para subsistemas de climatización, que presenten las siguientes características: un caudal de impulsión mayor a los 3 m³/s y un funcionamiento de 1000 horas anuales.

Un aspecto de gran importancia del método de enfriamiento gratuito es el ahorro de energía que se puede obtener con su implementación, y el mejoramiento de la calidad del aire en el interior de las edificaciones.

Ligado al sistema de enfriamiento gratuito se encuentra la **recuperación de calor** del aire exterior, sobre el cual el reglamento exige que cuando se presenten las condiciones antes mencionadas sobre el caudal de impulsión y funcionamiento de los subsistemas de climatización también se utilice un recuperador de calor, con una eficiencia mínima del 45%.

La implementación de esta medida representa un costo, por lo que el reglamento sugiere un análisis económico, que compare la inversión del sistema y el ahorro que podría obtener, en otras palabras determinar la factibilidad del uso del recuperado de calor.

El sistema de recuperación de calor de aire exterior es mas eficiente en época de invierno que en verano, ya que las pérdidas de calor son menores que las ganancias en el interior del edificio en invierno que en verano, por lo que el reglamento propone el uso de un sistema de enfriamiento evaporativo.

El sistema integrado de **luminarias refrigeradas por aire**, es recomendado por el RITE para disminuir la carga térmica del local, con lo que se alarga la vida útil de los equipos eléctricos, los cuales a su vez aumentan dicho carga, por ejemplo el calor emitido por la computadoras o impresoras, etc., este punto enfatiza en la disminución de la carga lumínica que se ha realizado en las edificaciones en los últimos años, utilizando iluminación más eficiente. El único inconveniente de este sistema integrado es que el aire que pasa a través de las luminarias ensucia los tubos. El reglamento en su contenido incluye los espacios no climatizados, en lo que especifican lugares donde los sistemas de climatización no tienen una factibilidad, como por ejemplo espacios no habitables, estacionamientos, entre otros.

El RITE prohíbe que se mezclen dos caudales de aire (uno de frío y caliente), o se someta el espacio a dos procesos diferentes sucesivos de enfriamiento y de calentamiento, ya que se presente un despilfarro o desperdicio de energía. Pero existen ciertas excepciones, es decir que en ciertas instalaciones si se justifica esta medida, como por ejemplo hospitales, laboratorios, entre otros.

En el apartado de equipos para transporte de fluidos se enfatiza la correcta elección de bombas y ventiladores que impulsan los fluidos, y especifica que dicho equipo debe contar con una eficiencia máxima igual al rango de entre 65% y 85% del caudal máximo de diseño, pero tomando en cuenta también la funcionalidad del local, así como de su explotación u ocupación.

Menciona también la importancia de la transmisión directa de potencia del motor, hacia la bomba o ventilador, ya que elimina la pérdida de potencia de la transmisión.

En cuanto a la **Unidades Emisoras**, el reglamento recomienda que las superficies de los aparatos de calefacción que sean accesibles a los usuarios, tenga una temperatura inferior a los 80 grados Celsius, tanto para la seguridad de los usuarios, como desde el punto de vista del ahorro de energía, ya que existen pérdidas con la transferencia de calor que se da en dichas superficies.

Es importante que las pérdidas por disponibilidad son significativas para el rendimiento medio estacionario y no para el rendimiento instantáneo, y se ve aún más reflejado en las calderas de uso convencional, al contrario de las calderas de baja temperatura que presentan descanso dependiendo de las condiciones exteriores de la caldera.

Para edificios de tipo residencial como lo son viviendas, hospitales, hoteles, residencias, etc., el RITE propone una serie de soluciones que optimizan el rendimiento de generación de las instalaciones, entre las cuales están:

- Calderas de tipo estándar o convencional
- Calderas de baja temperatura y condensación

Para producción de calor para calefacción y agua caliente sanitaria y para producción de calor solamente para calefacción, donde el reglamento realiza un análisis para cada una de las situaciones y define las condiciones que optimicen el rendimiento.

En referencia a los cuartos de máquinas el reglamento menciona las características que estos deben cumplir en cuanto a la accesibilidad y construcción, por otra parte hace mención que las salas de máquinas que trabajen con temperaturas mayores a los 110 grados centígrados deben considerar una seguridad elevada.

Para los cuartos de máquinas de acuerdo a la potencia que se maneje en ellos, así debe variar su altura, al aumentar la potencia se debe aumentar la altura de los espacios en donde se encuentre las máquinas.

En cuanto a las tuberías y accesorios el RITE especifica las condiciones que deben cumplir las redes de distribución del fluido portador. Para estas redes se consideran circuitos equilibrados de distribución que logran obtener un efecto de ahorro de energía y por otra parte se exige que las instalaciones deban ser accesibles para su inspección y mantenimiento, que contribuyan a mantener la vida útil de las instalaciones. En este apartado se analiza también la alimentación de la redes de distribución y aspectos como la filtración, golpes de ariete, etc.

Al igual que el párrafo anterior, el RITE, para los conductos y accesorios exige que sean accesibles, pero para este caso lo que se logra es obtener un aire de calidad. Y hace énfasis en las características de los Plenums (espacio entre el falso techo y el forjado), las aberturas de servicio, pasos de conductos y la seguridad en los pasillos. En si la finalidad de las recomendaciones para los conductos y accesorios, es la seguridad para los usuarios de las instalaciones, reduciendo al máximo el riesgo de complicaciones en el caso incendios u otro tipo de accidentes.

El aislamiento térmico de los aparatos y equipos de conducción es una obligación que se especifica en el reglamento, en este apartado se hace hincapié en las pérdidas por disponibilidad, denominadas así, a las pérdidas que se dan en las superficies de los sistemas de conducción y en las bombas, debido a la disponibilidad de los fluidos de calor o frío. Dichas pérdidas varían de acuerdo al diseño del sistema, las dimensiones y del nivel de aislamiento que posean.

Las pérdidas por disponibilidad existen entonces, siempre y cuando el sistema este funcionando, independientemente si exista o no una demanda de energía, dichas pérdidas se generan en las superficies de las redes de conducción.

El **control** para el RITE, no solamente dependen del mantenimiento de los locales climatizados, sino también del uso racional de la energía consumida.

Se exige para las viviendas la presencia de un dispositivo de medida de consumo de manera individual, pero se debe tomar en cuenta que el control debe abarcar los sistemas de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.

Ligado al apartado de control se presenta en el reglamento el apartado de **contabilización de consumos**, el cual se considera como obligatorio para aquellas edificaciones en donde existan mas de un usuario, es decir para lugares donde existan una serie de viviendas que presenten demandas diferentes de energía. Con los sistemas de control, se busca la contabilizar el consumo y repartir el gasto del consumo de acuerdo a la proporción de energía utilizada por cada vivienda.

Existe un apartado dentro del reglamento que rige los materiales y diseño de las **chimeneas y conductos de humos**, que requieran las instalaciones de climatización, una de ellas exige que se coloque una chimenea si existe una generación de potencia en las calderas mayor a los 400 kW.

Dentro del RITE, se mencionan algunas medidas de seguridad que son de gran importancia, entre las cuales se mencionan: la temperatura de las superficies, sobre la cual puede generarse un accidente esta fijada en los 60° C; la protección de las partes móviles de los aparatos, que pudiesen estar al alcen de los usuarios, para evitar cualquier tipo de accidentes; entre otras.

2.1.2. Equipo y Materiales

En este apartado del RITE, se mencionan las características que deben poseer los equipos y materiales utilizados para las instalaciones de refrigeración, calefacción y agua caliente sanitaria, en donde se exige la elaboración de un documento que detalle en castellano, todos los equipos de la instalación, describiendo cada una de sus características.

Los materiales de las tuberías y accesorios, son un punto importante, en el cual se menciona el efecto de la corrosión, el cual afecta la vida útil de las instalaciones. El reglamento presenta ciertas recomendaciones para el tipo de válvulas y conductos a utilizar, en donde se enfatiza la funcionalidad y las ventajas de su uso, como por ejemplo el uso de válvulas de mariposa para las funciones de corte del fluido, válvulas de asiento para la regulación del caudal, etc.

Se indica en esta sección la utilización de chimeneas y conductos de humos, fabricados de chapa de acero inoxidable, ya que presentan una mayor calidad, y duración en los procesos de conducción de los productos de combustión.

Uno de los elementos que no se ha mencionado hasta el momento son los filtros de aire, para los cuales existe una clasificación del tipo de filtro a utilizar, la cual se incluye en el RITE, donde se muestra la eficiencia que tienen las diferentes clasificaciones de filtro. En la sección de filtros se incluye las tres características que deben compararse para la utilización de un filtro adecuado: eficacia de filtración, las pérdidas de presión que surge antes o después del filtro, y por último poder de retención o vida útil del filtro.

2.1.3. Montaje y Documentación

En esta sección el RITE, resalta la forma en la que deben ser instalados los equipos y aparatos que conforman sistemas térmicos (calefacción, refrigeración, ACS), y entre las consideraciones se mencionan la accesibilidad que deben tener las instalaciones para las operaciones de mantenimiento, la señalización de cada una de las instalaciones, la identificación de los aparatos, la limpieza de los aparatos antes de la puesta en marcha, etc.

Un punto muy importante que contiene el RITE, es la documentación final de las instalaciones, en donde se hace una división del tipo de documento, un documento mínimo para las instalaciones que van desde los 5kW hasta los 70 kW térmicos, y otro más amplio o detallado para las instalaciones que superan los 70 kW térmicos.

La documentación es importante tanto para modificaciones que se puedan realizar en el futuro, como para el usuario de las instalaciones, ya que puede observar las especificaciones de su vivienda.

2.2. Adaptación

Este apartado tiene por objeto, establecer una serie de recomendaciones para el uso de las instalaciones térmicas en las edificaciones, las cuales buscan brindar confort al usuario y de manera simultanea, obtener un ahorro en el consumo de energía, el cual varia proporcionalmente a la sistema a implementar, por otra parte se especifica que dentro del capítulo no se presentan cálculos de costos y de ahorro económico, debido a la diversidad de recomendaciones y su forma de aplicación.

La mayoría de las recomendaciones se encuentra basadas en lo estipulado en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), cuya revisión se encuentra en la primera parte de este capítulo (la revisión).

Las recomendaciones que se encuentran en este apartado son propuestas tomando en cuenta las condiciones meteorológicas de Guatemala, por lo que no contiene todos los puntos que se especifican en el RITE, adaptando aquellas que pueden ser aplicadas al territorio guatemalteco y que a su vez sean utilizadas en España.

2.2.1. Recomendación de uso de Calefacción y Refrigeración

El uso de sistemas de calefacción y/o refrigeración en construcciones, depende en gran medida del nivel de vida de los usuarios del edificio, donde dicho factor, puede o no presentar la necesidad de tener un sistema de climatización.

Independiente de lo mencionado en el párrafo anterior se presentan las siguientes recomendaciones en cuanto a la necesidad de calefacción y de refrigeración se refiere, para las cuales se toma como base la severidad climática de las distintas regiones del país:

- Se recomienda para las zonas con una clasificación de severidad climática de invierno igual a **B** (observar tabla a2-1, del apéndice A2, del capítulo de Limitación de la Energía), el uso de sistemas de calefacción, dejando a discreción del usuario la calidad del mismo. Lo anterior no significa que para la zona **A** no se pueda utilizar sistemas de calefacción, pero su uso representaría un gasto de energía injustificado.
- Para las zonas con severidad climática de verano entre las divisiones **2 y 5** (observar tabla a3-1, del apéndice A3, del capítulo de Limitación de la Energía), se recomienda el uso de sistemas de refrigeración, cuyo grado de calidad depende de las condiciones del usuario. De manera similar al punto anterior, esto no significa que no se pueda utilizar sistemas de refrigeración para la división **1**, pero su uso en las edificaciones con esta clasificación no es necesario.

El clima tropical que posee el territorio guatemalteco proporciona ciertas ventajas en cuanto a la omisión del uso de sistemas de calefacción, que consuman gran cantidad de energía, siendo solucionados en cuanto a confort se refiere, por las propuestas del capítulo anterior (Limitación de la demanda energética).

Lo anterior no descarta el uso de dichos sistemas de calefacción (los cuales no son mencionados en este apartado), todo depende del estilo de vida del ciudadano.

Por otra parte el uso de sistemas de refrigeración si presenta una demanda en el territorio nacional por las condiciones, como se puede constatar al analizar las severidades de verano del capítulo anterior.

Las opciones de climatización que se describen a continuación, son recomendaciones que se proponen, y que las mismas quedan a elección tanto del usuario de la edificación como del encargado del proyecto de edificación.

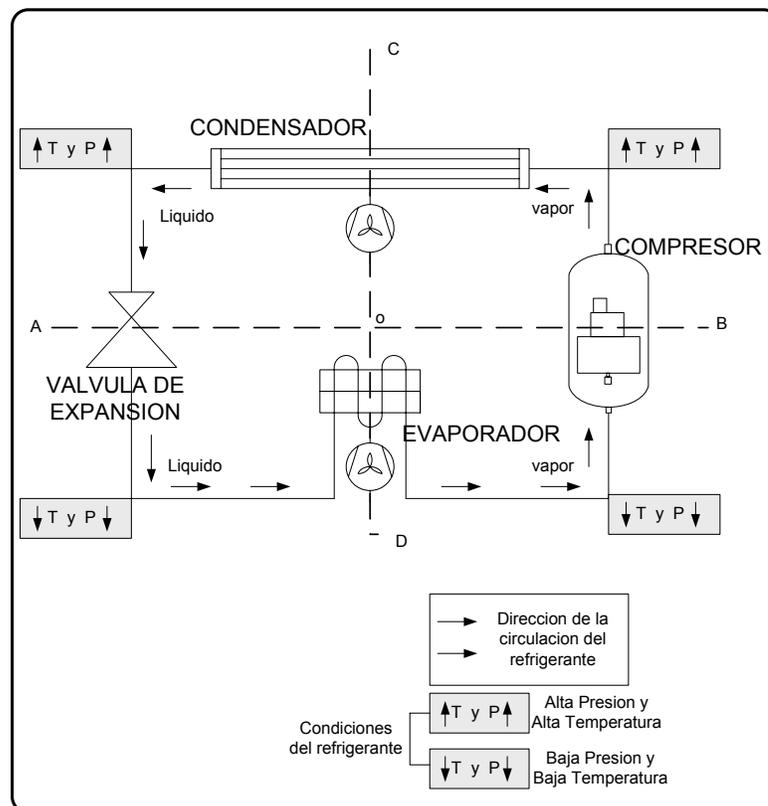
2.2.2. Fundamentos del Acondicionamiento de Locales

El equipo de acondicionamiento de aire se encarga de producir frío o calor y de impulsar el aire tratado de proporcionar confort térmico a la vivienda o local. Los cuatro componentes básicos para el acondicionamiento de una instalación son:

- **Evaporador**
- **Compresor**
- **Condensador**
- **Válvula de Expansión**
- Líquido Refrigerante (que circula).

Los cuales se encuentran en el siguiente esquema que representa el esquema frigorífico:

Figura 21. (F) **EIT – A1**: Proceso de un sistema de refrigeración



Fuente: Desarrollo del trabajo de investigación y Manuales de refrigeración.

Proceso del sistema de refrigeración:

El fluido (líquido refrigerante), circula en el cuadrante AoD en estado líquido a baja presión y a baja temperatura, para luego pasar a través del **evaporador** en donde el líquido es evaporado y el aire frío traído del exterior por el ventilador es impulsado al local acondicionado, pero el líquido circula ahora en el cuadrante DoB en estado gaseoso a baja presión y baja temperatura. Una vez que este pase por el **compresor**, su presión será más elevada al igual que la temperatura, pero siempre en estado gaseoso (cuadrante BoC), para ser convertido en estado líquido en el **condensador**, en donde el calor que posee el líquido es transmitido al exterior, *circulando* en estado líquido en el cuadrante CoA a alta presión y temperatura para que de forma final pase por la **válvula de expansión** en donde la presión del líquido disminuye al igual que su temperatura, y se inicie de nuevo el ciclo (Ciclo de Carnot²).

Aunque el proceso que se muestra en la Figura EIT – A1, es el correspondiente al proceso de refrigeración, el mismo mecanismo puede ser utilizado para ambos procesos:

- Para época de verano (necesidad de refrigeración), la utilidad del sistema sería el calor extraído por el evaporador, y la transferencia que se da en este componente, es la que mide el rendimiento del sistema.

1. La Primera ley de la termodinámica se refiere al concepto de energía interna, trabajo y calor. De manera resumida puede expresarse como que la energía ni se crea ni se destruye, sino que sólo puede transferirse de un cuerpo a otro, o transformarse de una forma a otra.

2. Ciclo de Carnot: es un ciclo termodinámico ideal reversible entre dos fuentes de temperatura, en el cual el rendimiento es máximo.

De acuerdo a la Primera Ley de la Termodinámica¹, el sistema cumple con la siguiente condición:

$$Q_2 = Q_1 + W$$

Donde :

Q_2 = calor transferido por el condensador

Q_1 = calor transferido por el evaporador

W = trabajo realizado por el compresor

Obteniendo el Coeficiente de Eficiencia Energética (CEE) de la siguiente forma:

$$CEE = Q_1 / W \quad (\text{obteniendo valores menores o mayores a 1})$$

Como se dijo anteriormente, este factor nos permite medir la eficiencia de este sistema

- Por otra parte para la época de invierno (necesidad de calefacción), la utilidad del sistema sería el calor proporcionado por el condensador, y este sería el componente que marcaría el rendimiento del sistema.

A partir de la misma base anterior ($Q_2 = Q_1 + W$), se tiene el siguiente coeficiente de rendimiento:

$$\text{Coeficiente de Operación (COP)} = Q_2 / W$$

(Obteniendo valores siempre mayores a 1)

Un punto importante a resaltar en el sistema es el compresor trabaja de forma mecánica, y hoy en día exista la opción de utilizar procesos térmicos para cumplir la función de este componente, pero su utilización requiere de un costo mayor, debido a la necesidad de la utilización de otros sistemas auxiliares.

Cabe mencionar que lo descrito anterior son los procesos básicos de funcionamiento, pero en si el sistema es mucho mas complejo, y su detalle no es un objetivo de este proyecto.

2.2.3. Enfriamiento Gratuito por aire exterior (*free – cooling*)

2.2.3.1. Definición del sistema *free – cooling*

Uno de los sistemas que utiliza de forma gratuita los recursos del ambiente para finalidades de confort térmico en construcciones es el sistema *free – cooling* de aire exterior o enfriamiento gratuito por aire exterior. Dicho sistema utiliza el aire que se encuentra en la parte exterior de la construcción para ventilar el interior del mismo. En otras palabras el sistema *free – cooling* tiene por objetivo la climatización y ventilación de espacios habitables con el uso del recurso natural del aire.

El sistema de enfriamiento gratuito por aire exterior aprovecha su baja entalpía cuando las condiciones del exterior son favorables como ocurre en la época de verano. Otro objetivo de la utilización de este sistema de enfriamiento dentro de este documento como recomendación, es la disminución del uso de equipos de refrigeración, y por tanto la reducción del consumo de energía.

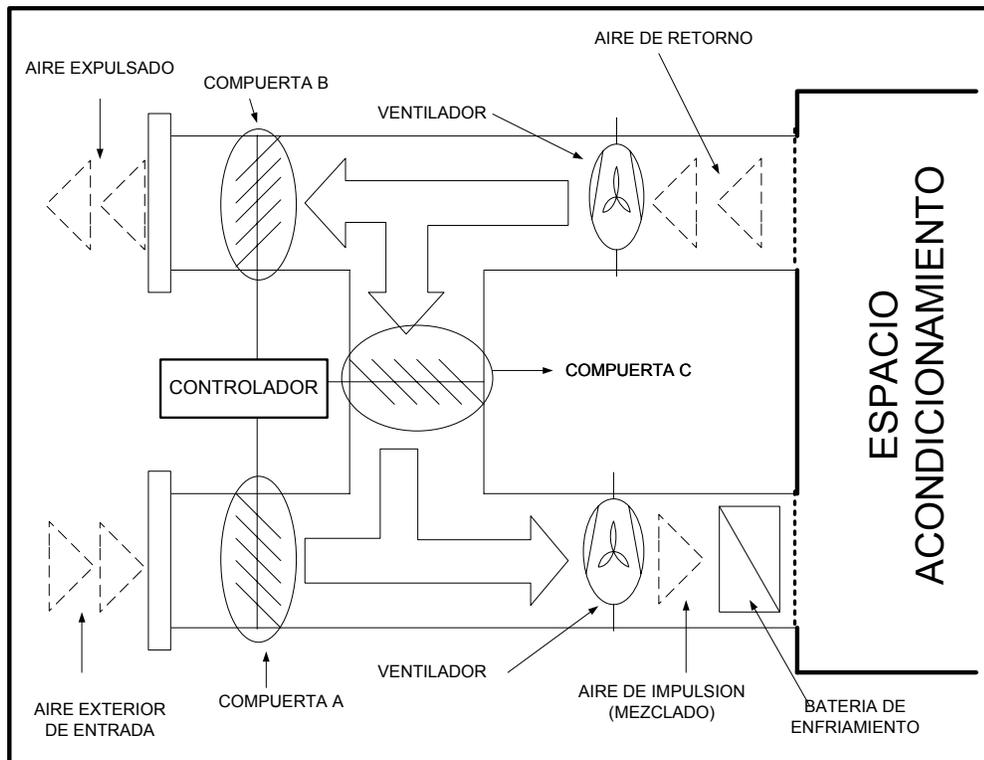
2.2.3.2. Funcionamiento del sistema *free – cooling*

Básicamente este sistema trabaja con una serie de compuertas que administran el aire que entra y sale del espacio a ventilar. Las cuales trabajan en conjunto, controlados por un sistema computarizado que regula su funcionamiento, abriéndolas o cerrándolas para el paso respectivo del aire. Como se puede observar en la figura EIT – A2, la compuerta de retorno (compuerta C) del sistema se encuentra en serie con los ventiladores de retorno e impulsión, y las compuertas A y B se encuentran en paralelo con la compuerta C, permitiendo que el aire que sale del local (aire de retorno), después de ser tratado se combine con el aire del exterior (tratado antes de entrar), y se convierta en el nuevo aire de impulsión.

La cantidad de aire exterior y aire de retorno, que se utiliza para formar el aire de impulsión tendrán proporciones basadas en la comparación de sus entalpías y en climas secos puede ser suficiente la comparación de las temperaturas. Cada uno de estos procesos de comparación que regulan el funcionamiento de las compuertas (A, B y C), es realizado por un sistema computarizado de control.

En la figura EIT – A2, se puede observar lo descrito en los párrafos anteriores, donde el esquema de dicha figura describe el proceso más usual para este tipo de sistema. La ubicación de cada uno de los componentes en la figura E1, no es exacta, es decir que la distribución de la figura únicamente tiene la finalidad de ilustración y no de instalación.

Figura 22. (F). EIT - A2: Esquema del Funcionamiento del sistema Free – Cooling



Fuente: Desarrollo del trabajo de investigación en base a la figura 02.4.4 del documento RITE (ITE 02.4.6).

2.2.3.3. Componentes del sistema free – cooling

Los elementos adicionales que se requieren para un sistema de enfriamiento gratuito por aire exterior:

- Ventilador de retorno / extracción
- Juego de compuertas motorizadas de descarga y admisión de aire
- Sondas entálpicas de aire exterior y de retorno
- Sonda de temperatura de impulsión de aire

- Regulador con función de comparación entalpica, y prioridad de actuación respecto al control de las válvulas motorizadas de regulación o compuertas.

Cada uno de estos componentes deben ser revisados y adaptados a la instalación a realizar, quedando a discreción del diseñador sus características técnicas y distribución dentro del sistema. De la misma manera para todos los componentes que conforman el sistema de climatización que no se mencionan en este apartado.

2.2.3.4. Condiciones de Operación

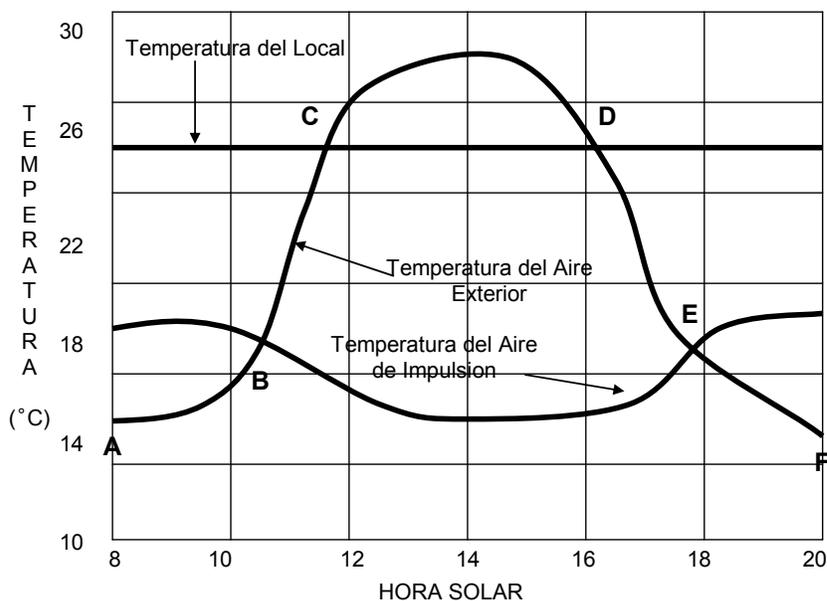
Para las condiciones de operación el sistema puede presentar los siguientes casos:

- La temperatura del aire exterior es inferior a la temperatura del aire de impulsión. (A-B y E-F).
- La temperatura del aire exterior es mayor que la temperatura del aire de impulsión, pero menor a la del aire de retorno. (B-C y D-E).
- La temperatura del aire exterior es mayor a la temperatura del aire de retorno. (C – D).

Lo descrito en los puntos anteriores, sobre las condiciones de operaciones, se puede observar en el siguiente gráfico, que contiene las curvas de las temperaturas de impulsión, del aire exterior y del local.

Considerando como temperatura de confort (en el local), de 25°C y una temperatura mínima de impulsión de 17°C.

Gráfico 23. (G). EIT – A1: Condiciones de Operación del Sistema



Fuente: Basado en el Trabajo de Investigación, sobre le ahorro energético en el aire acondicionado realizado por el Ing. Néstor Quadri (pagina Web)

Descripción del Gráfico EIT – A1:

- Para los intervalos AB y EF, como se dijo anteriormente la temperatura de impulsión es mayor que la temperatura del aire exterior, y por ello se tiene un enfriamiento 100 % gratuito ya que solo se incorpora al local el aire del exterior y el aire de retorno del mismo local.
- En los intervalos BC y DE, el enfriamiento esta compuesto en parte por el aire del exterior y el resto por la planta de enfriamiento

instalado, por lo que se puede decir que el enfriamiento es parcialmente gratuito.

- Por último en el intervalo CD, el enfriamiento es realizado por la batería de enfriamiento, quedando excluido del proceso el sistema *free – cooling*.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL SISTEMA *FREE - COOLING*

VENTAJAS	INCOVENIENTES	ALTERNATIVAS
<p>La reducción del uso de sistemas de refrigeración, e incluso la completa NO utilización de estos sistemas, en lugares cuyo clima posibilite esta opción.</p>	<p>Costos altos de mantenimiento, debido a la frecuencia con el que se deben de realizar estos procedimientos en las instalaciones.</p>	<p>La utilización de una bomba de calor geotérmica para la refrigeración de un local. Que presenta como principal ventaja, a diferencia de otras bombas de calor una mayor eficiencia. (Un COP de entre 4 y 6).</p>
<p>Con lo anterior se puede decir que se obtiene un ahorro energético en territorios con climatología suave como la que existe en el país.</p>	<p>Compuertas móviles que permitan o no el paso del aire en sus diferentes condiciones.</p>	<p>El uso de un sistema de recuperación de calor para refrigeración.</p>
<p>Aumenta la calidad del aire interior (inciso 4), al renovar de forma gradual el aire que circula dentro del local.</p>	<p>La utilización de un sistema control que manipule el movimiento de las compuertas que se abren y cierran para realizar el intercambio de calor entre las corrientes de aire.</p>	

	<p>Utilización del aire exterior como fuente de energía renovable, repercutiendo en un ahorro económico para el usuario del sistema de climatización</p>
	<p>Facilidad de adaptación, de los componentes (equipo necesario del sistema), a estructuras de edificaciones ya existentes.</p>

2.2.4. Aire Exterior mínimo de ventilación

2.2.4.1. Ventilación y Calidad del aire interior

La ventilación como mecanismo bioclimático tiene como finalidad:

- Cubrir las necesidades de renovar el aire interior.
- Contribuir al confort térmico en las épocas de calor.

A través de estos dos puntos se satisface la necesidad que presenta todo local, habitable en el que residan un cierto número de personas durante un periodo determinado de tiempo, de tener en su ambiente la circulación de un aire de calidad.

La consideración de una buena ventilación es entonces uno de los factores que contribuyen a obtener una mayor calidad en el aire interior, y depende a su vez de la finalidad del uso del local, por ejemplo, no es lo mismo la ventilación que se necesita en un dormitorio de una vivienda y la ventilación que se necesita en una oficina de trabajo.

Necesidades de renovar el aire

Básicamente la necesidad de renovar el aire de interior, es debido a que este aire es contaminado por un sin número de factores, como lo son los materiales de construcción, los químicos que se utilizan para la limpieza, entre otros, pero uno de los más esenciales es la contaminación procedente de las personas que habitan el espacio. El cual puede ser medido por la cantidad de CO₂, que se genera dentro del local.

El dióxido de carbono (CO_2) es un asfixiante simple que actúa básicamente por desplazamiento del oxígeno y el cual a elevadas concentraciones pueden causar dolor de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios, dependiendo también de la exposición a dicho compuesto.

A manera de conclusión se recomienda entonces que si se desea un local con mínimas cantidades de CO_2 , se tenga una ventilación adecuada, y para ello en el siguiente apartado se muestran algunos valores de caudal necesario de aire exterior que requieren los locales de acuerdo a su funcionalidad (dormitorios, oficinas, hospitales, etc.).

2.2.4.2. Caudal de ventilación mínimo

En el punto anterior se describe la importancia de la ventilación dentro de los locales o espacios habitacionales, y el porque la diferencia de ventilación entre locales.

A continuación se presentan los caudales de aire que se necesitan para la ventilación de diferentes espacios, expresados en litros por segundo, los cuales son los recomendados por el RITE, con las siguientes consideraciones:

- Los valores que se encuentran en la normativa son considerados como mínimos para efectos de ventilación y máximos a efecto de ahorro de energía.

- Los valores del caudal, a utilizar en Guatemala, pueden ser mayores a los valores que se encuentran en la siguiente tabla, al no presentarse amplia diferencia de temperatura entre las condiciones interiores y exteriores, en la mayoría del territorio nacional.

Tabla XXXII. EIT - A1: Caudales de aire exterior en l/s por unidad

Caudales de aire exterior en l/s por unidad				
Tipo de local	por persona	por m	por local	otros
almacenes	-----	0.75 a 3	-----	-----
aparcamientos	-----	5.0	-----	-----
archivos	-----	0.3	-----	-----
aseos públicos	-----	-----	-----	25.0
aseos individuales	-----	-----	15.0	-----
auditorios	8.0	-----	-----	-----
aulas	8.0	-----	-----	-----
bares	12.0	12.0	-----	-----
cafeterías	15.0	15.0	-----	-----
canchas para el deporte	-----	2.5	-----	-----
comedores	10.0	6.0	-----	-----
cocinas	8.0	2.0	-----	-----
descanso (salas de)	20.0	15.0	-----	-----
dormitorios colectivos	8.0	1.5	-----	-----
escenarios	8.0	6.0	-----	-----
espera y recepción (salas)	8.0	4.0	-----	-----
Exposiciones (salas de)	8.0	4.0	-----	-----
Fiestas (salas de)	15.0	15.0	-----	-----
Gimnasios	12.0	4.0	-----	-----
Grandes Almacenes	8.0	2.0	-----	-----
Habitaciones de Hotel	-----	-----	15.0	-----
Habitaciones de Hospital	15.0	-----	-----	-----
Juegos (sala de)	12.0	10.0	-----	-----
Laboratorios	10.0	3.0	-----	-----
Lavanderías Industriales	15.0	5.0	-----	-----
Vestíbulos	10.0	15.0	-----	-----
Oficinas	10.0	1.0	-----	-----
Paseos de centros comerciales	-----	1.0	-----	-----
Pasillos	-----	-----	-----	-----
Piscinas	-----	2.5	-----	-----
Reuniones (salas de)	10.0	5.0	-----	-----
Supermercados	8.0	1.5	-----	-----
Templos para culto	8.0	-----	-----	-----
Vestuarios	-----	2.5	-----	10.0

Fuente: Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios.

2.2.5. Ruido

Este apartado queda excluido de las medidas de ahorro de energía, pero posee una relación directa con los mecanismos utilizados en los sistemas de ventilación y refrigeración, y su consideración es indispensable como medida de salud y seguridad personal.

2.2.5.1. Fuentes de Ruido y Valores Máximos

El ruido dentro de las instalaciones de edificios pueden ser ocasionadas por: los ascensores, las conducciones de agua, la instalación lumínica; pero sobre todo por los sistema de ventilación y climatización utilizados.

Se recomienda considerar medidas de control o de reducción de ruido en los sistemas de ventilación y climatización provocados por:

- El ruido mecánico de las partes en rotación del ventilador, cojinetes, correas, etc., así como de piezas poco rígidas o mal montadas. El ruido mecánico se propaga a través de los conductos o de la estructura del edificio a las paredes y techos, y de allí al aire.
- El ruido producido por los torbellinos de aire debido a defectos aerodinámicos en el diseño de los ventiladores. Este tipo de ruido también se genera en el choque del aire con las rejillas de salida, los codos o las baterías de climatización.
- El ruido de rotación que es producido por los ventiladores y proviene del trabajo efectuado por la hélice sobre el aire. El ruido de rotación se caracteriza porque toda la energía está concentrada en tonos puros.

Cada uno de las fuentes anteriores y las fuentes no mencionadas, en conjunto, NO debe ser mayor a los valores establecidos en la siguiente tabla:

Tabla XXXIII. EIT - A2: Niveles sonoros máximos tolerables en dB(A)

	Tipo de zona urbana	Niveles sonoros maximos en dB(A)	
		día	Noche
Terciarios	Administrativo y de Oficinas	45	35
	Comercios	55	40
Equipamiento	Cultura y Religioso	30	30
	Educativo	40	30
	Sanitario y Bienestar Social	30	25
	Para el Ocio	40	40
Servicios	Hospedaje	40	30
Residencial	Piezas habitables excepto cocina	35	30
	Pasillos, aseos y cocinas	40	35
	Zonas de estancia	45	-
	Zonas de acceso comun	50	40
Otros	Espacios comunes: vestibulos, pasillos	50	-
	Espacios de servicio: aseos, cocinas, lavaderos	55	-

Fuente: ITE 02.2.3.1., del RITE y NTP 503: Confort Acústico

Es importante aclarar que los niveles sonoros máximos (Tabla EIT - A2) son los que no deben ser transmitidos desde el exterior a cada tipo de zona urbana.

Por otra parte no se recomienda transmitir ruidos mayores a 5 dB(A) desde el interior de un espacio o locales colindantes.

Se considera como día: entre las 8 horas y las 22 horas, y la noche lo conforma el resto de horas para completar las 24 horas.

2.2.5.2. Medidas de Control de Ruido

Como se ha mencionado anteriormente existen una diversidad de fuentes de ruido dentro de las edificaciones, entre las de manera general las vamos a clasificar en: ruido exterior, ruido de las instalaciones, ruido del equipo de trabajo y ruido provocado por las personas.

Lo anterior nos lleva entonces a tener las siguientes medidas de control en donde se busca actuar sobre las fuentes directas de ruido, ya que es más eficiente que actuar sobre los medios de transmisión.

A continuación se presentan algunas medidas de control de ruido para las fuentes de ruido exteriores y el ruido generado por las instalaciones de climatización, dejando a un lado aquel ruido ocasionado por el equipo de trabajo y el provocado por personas, ya que dependiendo del tipo de instalación queda a criterio de los usuarios las medidas de control de ruido de dichas fuentes.

- Para el ruido exterior, la mejor forma de tratar este problema será evitar la transmisión del ruido al interior de los espacios con la selección apropiada de los materiales de construcción, el diseño del aislamiento y, en especial, la selección del tipo de ventanas.
Este tipo de aislamiento está relacionado con el aislamiento térmico de las edificaciones, ya que con dicho aislamiento se logra obtener una disminución de la exposición del edificio a fuentes distintas de ruido exterior.
- En cuanto al ruido de las instalaciones es posible conseguir una reducción del ruido procedente del sistema de ventilación y climatización aplicando medidas tales como:

- el uso de conexiones aislantes en los conductos,
- el encamisado o recubrimiento de los conductos con materiales absorbentes de ruido,
- la instalación de silenciadores en los conductos,
- el uso de elementos anti - vibradores o bloques de inercia para evitar la transmisión de las vibraciones a la estructura.
- Otra medida con la que se pueden obtener buenos resultados consiste en la modificación del tamaño o modelo de los difusores y las rejillas de retorno del aire.

Para la implementación de cada una de estas opciones queda a discreción del proyectista su utilización y especificaciones técnicas.

En términos generales, el ruido del sistema de ventilación en las oficinas no debería superar los 35 dB(A); cuando la tarea exija un alto grado de concentración, los niveles recomendados son de 30 dB(A).

2.2.6. Aprovechamiento del suelo para el confort térmico

2.2.6.1. Generalidades de las condiciones del suelo

A una determinada profundidad, la temperatura del suelo permanece constante, dicha temperatura suele ser menor que la temperatura exterior en verano y mayor en invierno.

El aprovechamiento de energía no es del calor directo que pueda generar el suelo, si no la capacidad que tiene este de intercambiar el calor, en otras palabras la capacidad del suelo de ceder y absorber calor manteniéndose a una temperatura constante.

Los factores que convierten al suelo en una fabulas reserva de energía son: la corriente de las aguas pluviales, el sol y el viento, y este fenómeno se presenta con cualquier tipo de clima. Gracias a su densidad, la tierra absorbe y conserva de forma permanente el calor.

El calor del suelo se puede utilizar, con fines de confort térmico de diferentes maneras:

- Una opción sería que ciertas fachadas de la casa permanezcan enterradas o semienterradas. Por ejemplo, si se construye la casa en una pendiente orientada al sur (orientación de la salida del sol), se puede construir de tal manera que la fachada norte esté parcialmente enterrada, o totalmente enterrada, e incluso echar una capa de tierra sobre el techo. La luz entrará por la fachada sur, pudiéndose abrir claraboyas (tragaluces) para la iluminación de las habitaciones interiores.
- Otra opción para aprovechar la temperatura es enterrar tubos de aire de tal manera que este aire acabe teniendo la temperatura del suelo.

El aire se puede introducir en la casa bombeándolo con ventiladores o por convección.

- La utilización de una bomba de calor geotérmica, la cual es descrita en el siguiente punto.

2.2.6.2. Bomba de Calor Geotérmica

Una bomba de calor geotérmica utiliza la gran masa del subsuelo para intercambiar calor con él, beneficiándose de la característica de mantenerse a una temperatura prácticamente constante a lo largo del año. Por otra parte la bomba de calor geotérmica es más eficiente que una bomba de calor convencional (como se vera mas adelante), así que consumirá menos energía generando el mismo confort, ahorrando gastos y colaborando a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

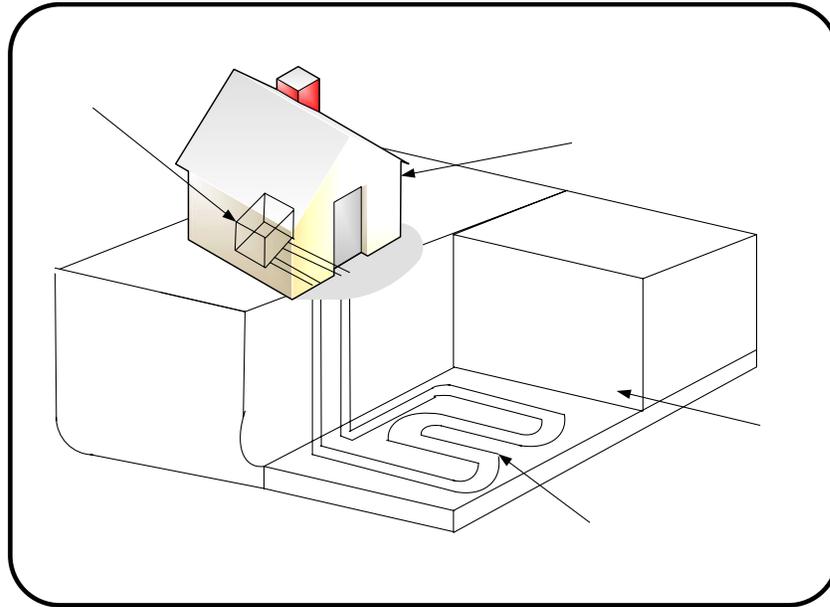
Los modelos de bombas de calor geotérmicas que se instalan aprovechan el calor almacenado en el subsuelo para calentar un hogar y producir agua caliente, o para refrigerarlo en verano. Para ello es necesaria la instalación de un lazo enterrado que permita el intercambio de calor con el subsuelo. Este sistema que utiliza un lazo se denomina sistema de lazo cerrado y tiene dos posibilidades de instalación:

- Si el terreno es reducido, el lazo se coloca a una profundidad aproximada de 30 metros, realizando una instalación vertical del lazo.
- Por otra parte si el terreno posee un área mayor se coloca a una profundidad de 2 metros, realizando una instalación horizontal del lazo.

Independientemente del tipo de instalación (vertical u horizontal), se utiliza un fluido, normalmente agua con anticongelante, que circula por el

interior del lazo enterrado y, a medida que lo va recorriendo, intercambia calor con el subsuelo.

Figura 24 (F). EIT - A3: Funcionamiento de un sistema de lazo de enterrado



Fuente: Basado en la Pagina Web de la Empresa SOLICLIMA
**BOMBA
DE CALOR**

Como se puede observar en la figura EIT – A3, el lazo se encuentra instalado de forma horizontal y por el circula el fluido que transmite el calor, y se encuentra instalado a una distancia entre 1 y 2 metros de profundidad.

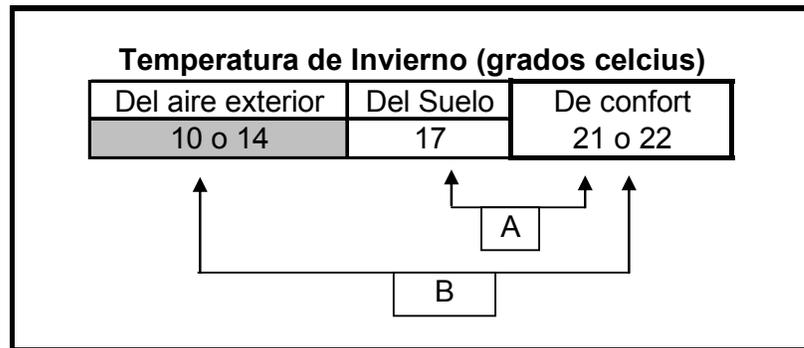
Con la bomba de calor geotérmica se puede proporcionar calor a una edificación, ya que el fluido saldrá más frío que la tierra y se irá calentando, absorbiendo el calor almacenado en ella y cediéndolo a la bomba de calor. Por otra parte si se desea refrigeración, el fluido saldrá con el calor absorbido del interior y se irá enfriado, cediendo el calor que tenía al subsuelo y retornando más frío

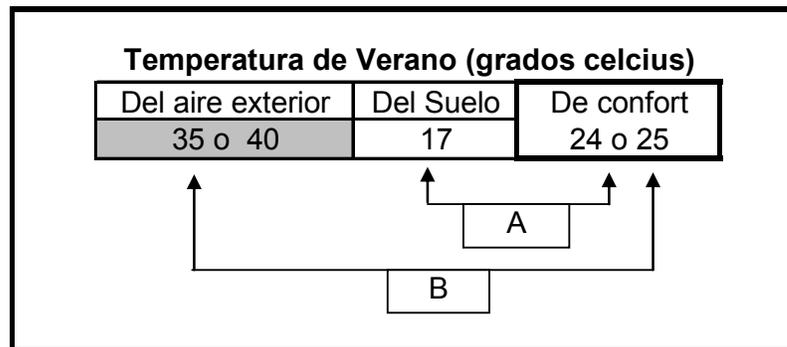
Las condiciones que presenta el suelo en cuanto a temperatura, como se menciono anteriormente, son de 17°C, durante casi todo el año a cierta profundidad del suelo (entre 15 y 20 metros), por lo que la bomba de calor geotérmica puede presentar mayores beneficios que una que utilice el aire del exterior.

Importante es mencionar que la profundidad a las que se alcanza una temperatura estable mayor a los 15°C, depende en gran medida de la ubicación de la edificación, por lo que antes de realizar cualquier instalación, se recomienda realizar un estudio previo del suelo.

A continuación se presenta una comparación entre las temperaturas del aire exterior y de suelo, para alcanzar las temperaturas de confort, tanto en verano como en invierno.

Tabla XXXIV. EIT - A3: Comparación de temperaturas de aire exterior y de suelo





Fuente: Basado en la Pagina Web de la Empresa SOLICLIMA

La tabla EIT - A3, muestra que en el Proceso A, tanto para invierno como para verano, la bomba de calor es más eficiente, ya que se tienen los siguientes casos:

- La bomba de calor es mucho más eficiente (COP) si tiene que conseguir los 21 o 22°C de confort durante la época de invierno, desde los 17°C del suelo que desde los 10°C o menos a los que está el aire, como se puede observar en el proceso A.
- Por otra parte durante la época de verano, mantener la temperatura de confort de 25°C, tiene un menor costo conseguirla desde los 17°C (proceso A), que desde los 35 o 40°C del aire exterior (proceso B).

A esta ventaja que presenta el subsuelo se le añade otra que incrementa la eficiencia de la bomba de calor, y es el hecho de realizar el intercambio de calor de forma óptima, mediante un fluido y no mediante un gas como el aire.

Con todo ello una bomba de calor geotérmica consigue un ahorro energético y económico en calefacción, agua caliente y aire acondicionado, según fuentes de proveedores, de hasta un 75%.

2.2.6.3. Ventajas

- Al existir una temperatura estable durante largos periodos de tiempo, la diferencia de temperaturas entre el aire de confort y del exterior, es mucho menor que al utilizar otros sistemas de climatización gratuitos. En otras palabras los saltos entálpicos a vencer son menores utilizando el sistema tierra – aire.
- Como se menciona, la utilización de una bomba de calor geotérmica, representa la obtención de un mayor COP (oscilando entre los valores de 4 y 6). Lo anterior se puede traducir, diciendo que al invertir una unidad de energía (ejemplo: 1kW de energía eléctrica) se esta obteniendo como mínimo cuatro unidades (kW) de calor o frío.

2.2.6.4. Inconvenientes

- Elevado costo de instalación del sistema, provocado por el enterramiento de los conductos que se utilizan para la transferencia de calor.
- La necesidad de un terreno amplio (para tener un enterramiento no mayor a 5 metros de profundidad) o de una excavación del terreno profunda (superior a los 25 m), si no se cuenta un terreno amplio.

- El uso de sistemas se encuentra orientado a severidad climáticas de invierno extremas, lo cual no ocurre en el territorio nacional. Pero su utilización representa un ahorro de energía considerable.

2.2.7. Recuperación de calor del aire exterior

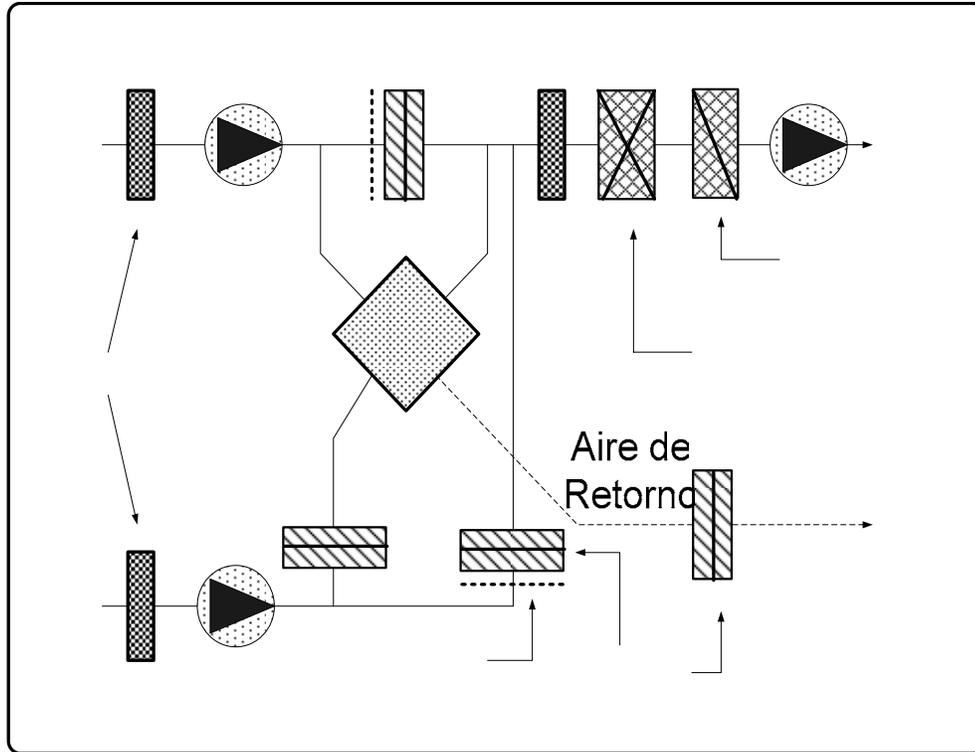
La finalidad de este sistema es la de recuperar calor del aire de expulsión, antes de ser evacuado al exterior, esto en base a que el aire que proviene del local acondicionado, presenta condiciones favorables para la recuperación de su contenido térmico.

En la siguiente figura se puede observar la utilización de un sistema de free – cooling, con la variante de poseer en su estructura un recuperador de calor, que como se ha mencionado anteriormente, le permite aprovechar las características (calor) del aire de retorno, antes de que este sea expulsado.

En la gráfica EIT - A4, se puede observar claramente que el aire de expulsión y el aire del exterior pasan a través de la unidad de recuperación de calor, que es en donde se realiza el intercambio de calor. Con esto se reduce el uso de la batería de enfriamiento o de calentamiento.

Es importante mencionar que tanto las unidades de free – cooling, como el recuperador son dos componentes alternos, es decir que el funcionamiento de un componente, omite el uso del otro, y como se aclara en el RITE (ITE 02.4.7), el uso de este componente (recuperador de calor), debe ser analizado desde el punto de vista económico, comparando la inversión del sistema y el ahorro que se puede llegar a obtener.

Figura 25 (F). **EIT - A4**: Sistema de una Unidad de Tratamiento de Aire



Fuente: Figura 02.4.6 contenida en el ITE 02.4.7, del RITE

Prefiltros

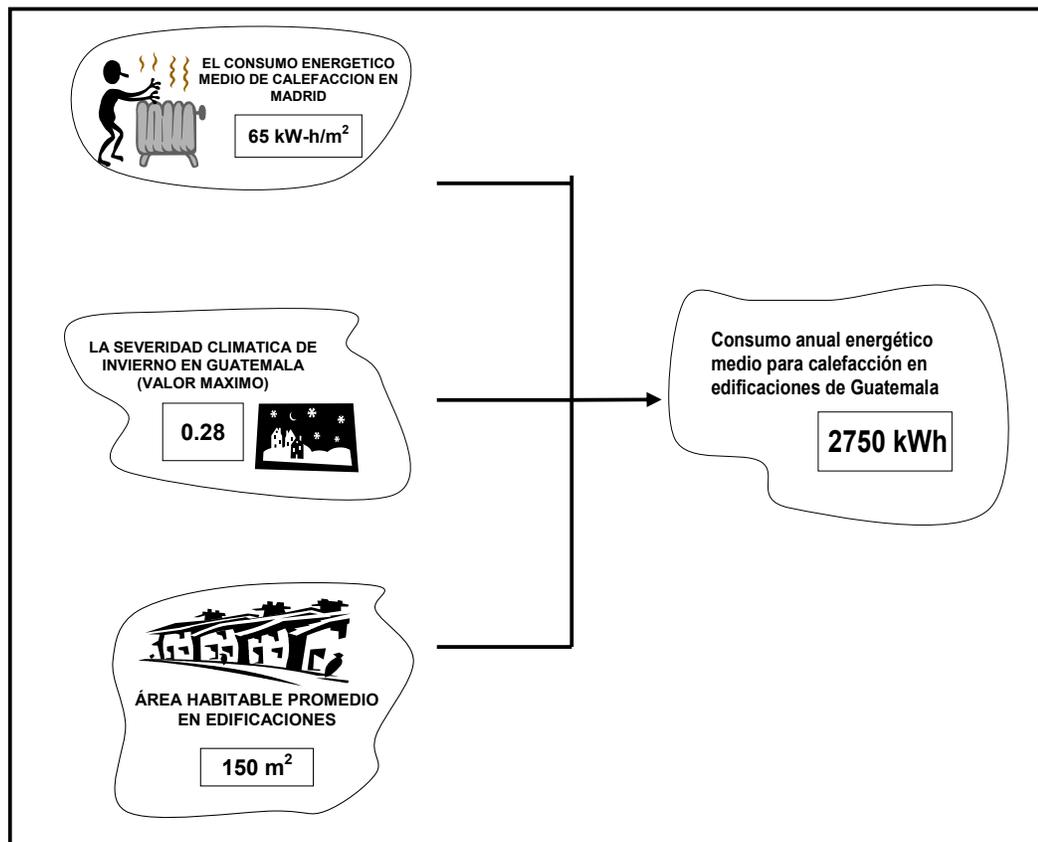
RECUPERADOR

2.3. Análisis Económico

2.3.1. Impacto Potencial sobre el ciudadano

Para ejemplificar el impacto económico que se produce de acuerdo a las fuentes de energía para acondicionamiento, se plantea el siguiente ejemplo de calefacción:

Figura 26 (F). EIT – E1: Consideración para el cálculo del consumo energético de calefacción en Guatemala



NOTA:

- El espacio habitable de las edificaciones se basa en la información de estadísticas realizadas por el INE de Guatemala, en donde se tomo el 75% de la totalidad del espacio de la vivienda total (promedio de área de construcción 200 m²).
- Se tomo el valor mas alto de la severidad climática de invierno de Guatemala, para tener un factor de seguridad mínimo, que nos de una base de cálculo confiable.
- Debido a que no se tiene un valor para el país de Guatemala, en cuanto a la necesidad de energía para calefacción, se toma como base el dato de Madrid, que es la región referencia para la severidad climática de España (siendo esta la unidad).

El cálculo del consumo energético medio destinado a calefacción en edificaciones guatemaltecos se realizo multiplicando el consumo que fijan los límites anuales para el consumo energético destinado a la calefacción en España, por la Severidad Climática de invierno de Guatemala (valor máximo), y a la vez multiplicado por el valor medio del espacio habitable en las edificaciones guatemaltecas.

2.3.2. Costos de Energía para la Calefacción

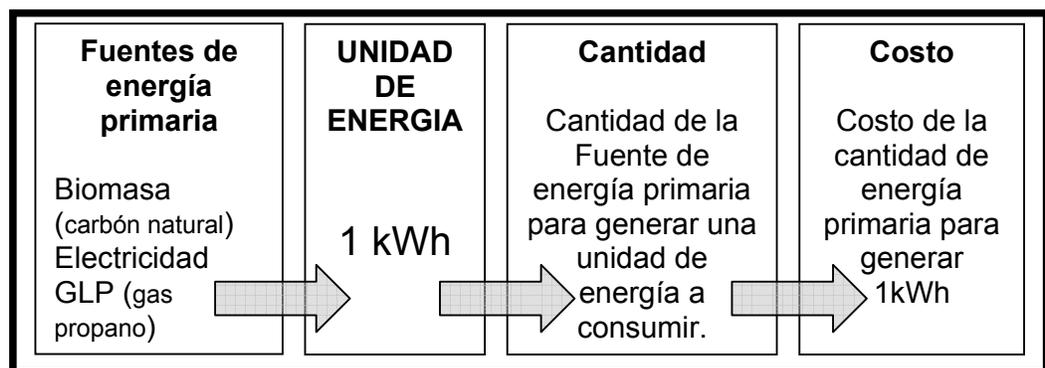
Para el ejemplo de impacto potencial (económico), se toma como base:

- Caldera Convencional
- Bomba de Calor aire - aire
- Bomba de Calor geotérmica (tierra – aire)
- Radiador Eléctrico de Aceite
- Otros

Para el análisis que se encuentra en la tabla E4, se tomaron las siguientes consideraciones de cálculo:

- a. El consumo energético anual de calefacción utilizado es el que se cálculo en el punto anterior (2730 kWh).
- b. El espacio habitable a utilizar o calefactor es de 150 m², espacio que fue considerado como promedio en las construcciones guatemaltecos, de un nivel económico medio.
- c. Cada una de las eficiencias que se utilizan, son valores promedios teóricos, ya que los valores exactos dependen del fabricante de cada uno de los sistemas.
- d. La siguiente figura muestra los puntos a resaltar en la tabla EIT – E1, que contiene los costos de las fuentes de energía para sistemas de calefacción.

Figura 27 (F). **EIT – E2:** Método para el cálculo de costo de la fuente de energía



La unidad de energía se refiere a la unidad dimensionada que se necesita para la calefacción, la cual como se ha dicho anteriormente es de 2750 kWh.

Para el caso del No.1 en la tabla EIT – E1, que corresponde a la caldera convencional, se tomo como fuente de energía el gas propano (GLP), cuyo uso es el más frecuente en el país para la producción de calor y agua caliente sanitaria en viviendas. Y la obtención del costo es la siguiente:

Primero se inicia, con el cálculo de la cantidad de energía primaria que se necesita para generar un kWh, a partir de gas propano, en una caldera convencional. Dicho valor se obtuvo al dividir kWh dentro del Poder Calorífico Inferior del gas propano (ver tabla 1 en anexo 3).

$$1 \text{ kWh} = 3.6\text{E}06 \text{ J}$$

$$\text{PCI (gas propano)} = 49.92\text{E}06 \text{ J/Kg.}$$

$$3.6\text{E}06 \text{ (J)} / 49.92 \text{ (J/Kg.)} = 0.072 \text{ Kg.}$$

Ahora bien la eficiencia de una caldera convencional es de 0.79, por lo que se divide el valor anterior (0.072), para obtener el valor real de combustible necesario.

$$0.072 \text{ Kg.} / 0.79 = 0.091 \text{ Kg. (necesarios para producir 1 kWh)}$$

El costo de 1kg de gas propano es de 0.76 €, y al multiplicar el costo de la fuente primaria por la cantidad necesaria para producir 1 kWh, obtenemos el costo por unidad, el cual para este caso es de 0.07 € / kWh.

Y de manera concluyente se multiplica el total de energía necesaria para calefacción, en las condiciones descritas anteriormente, por el costo por unidad, obteniendo el monto de **190.19 €**.

El mismo procedimiento se realizo para el punto 5, que corresponde al carbón natural (biomasa).

Tabla XXXV. EIT – E1: Costo de la energía para algunos sistemas de calefacción.

No.	Sistema de Calefacción	Eficiencia	Costo		Costo	
			€ / unidad	unidad	€ / kWh	€ / Consumo
1	Caldera Convencional	0.79	0.76	kg	0.07	190.19
2	Bomba de Calor aire - aire	2.5	0.14	kWh	0.06	154.00
3	Bomba de Calor tierra - aire	4	0.14	kWh	0.04	96.25
4	Radiador Electrico de Aceite	1	0.14	kWh	0.14	385.00
5	Biomasa	-----	0.35	kg	0.05	128.11

No.	Sistema de Calefacción	Eficiencia	Costo		Costo	
			Q / unidad	unidad	Q / kWh	Q / Consumo
1	Caldera Convencional	0.79	7.6	kg	0.69	1901.90
2	Bomba de Calor aire - aire	2.5	1.4	kWh	0.56	1540.00
3	Bomba de Calor tierra - aire	4	1.4	kWh	0.35	962.50
4	Radiador Electrico de Aceite	1	1.4	kWh	1.40	3850.00
5	Biomasa	-----	3.5	kg	0.47	1281.09

Para los incisos 2,3 y 4, no es necesario el calcular del costo por unidad, ya que es energía eléctrica se distribuye es en kWh y su costo por unidad corresponde al precio de la energía eléctrica residencial en Guatemala, pero el costo (€/kWh) varia de acuerdo a la eficiencia del sistema de calefacción.

Los valores del costo (Q y € / unidad), son los que actualmente se cotizan en Guatemala.

Una vez que se tiene los costos de consumo para queda sistema, se puede calcular, valores como el ahorro, en donde dicho cálculo se fundamenta en el hecho de que el radiador eléctrico es el sistema con el costo de consumo mas elevado, y a partir de este valor se comparan los costos de los otros sistemas.

Tabla XXXVI EIT – E2: Ahorro y Costo de Inversión de los Sistema de Calefacción

No.	Sistema de Calefacción	Costo		% ahorro (*)	Inversion (€) (**)	Ahorro (€) (***)	Recuperacion (años)
		€ / kWh	€ / Consumo				
1	Caldera Convencional	0.07	190.19	50.6	1550.00	194.81	8
2	Bomba de Calor aire - aire	0.06	154.00	60	3000.00	231.00	13
3	Bomba de Calor tierra - aire	0.04	96.25	75	5988.00	288.75	21
4	Radiador Eléctrico de Aceite	0.14	385.00	0	90.00	0.00	-----
5	Biomasa	0.05	128.11	66.725	0.00	256.89	-----

No.	Sistema de Calefacción	Costo		% ahorro (*)	Inversion (Q) (**)	Ahorro (Q) (***)	Recuperacion (años)
		Q / kWh	Q / Consumo				
1	Caldera Convencional	0.69	1901.90	50.6	15500.00	1948.10	8
2	Bomba de Calor aire - aire	0.56	1540.00	60	30000.00	2310.00	13
3	Bomba de Calor tierra - aire	0.35	962.50	75	59880.00	2887.50	21
4	Radiador Eléctrico de Aceite	1.40	3850.00	0	900.00	0.00	-----
5	Biomasa	0.47	1281.09	66.725	0.00	2568.91	-----

(*) El Ahorro se obtiene de restar el Costo (consumo) del punto 4, menos el consumo de cada uno de los sistemas restantes respectivamente.

(**) Las inversiones varían de acuerdo al proveedor del sistema y a la calidad y capacidad de los equipos, y los que se encuentran en la tabla son los montos de equipos encontrados en páginas Web, de proveedores, cuyas descripciones se pueden ver en el anexo 4.

(***) El ahorro se calcula restando el valor más alto del consumo, menos el consumo correspondiente al de cada sistema.

Los valores de la inversión, únicamente incluyen ciertos componentes del sistema y por otra parte no incluye la instalación, que suele ser un porcentaje bastante elevado del precio final.

Como se ha mencionado anteriormente el combustible identificado como Biomasa, corresponde al carbón natural, para el cual no se incluye una inversión, ya que su valor es considerado como despreciable, a comparación del resto de los valores de inversión.

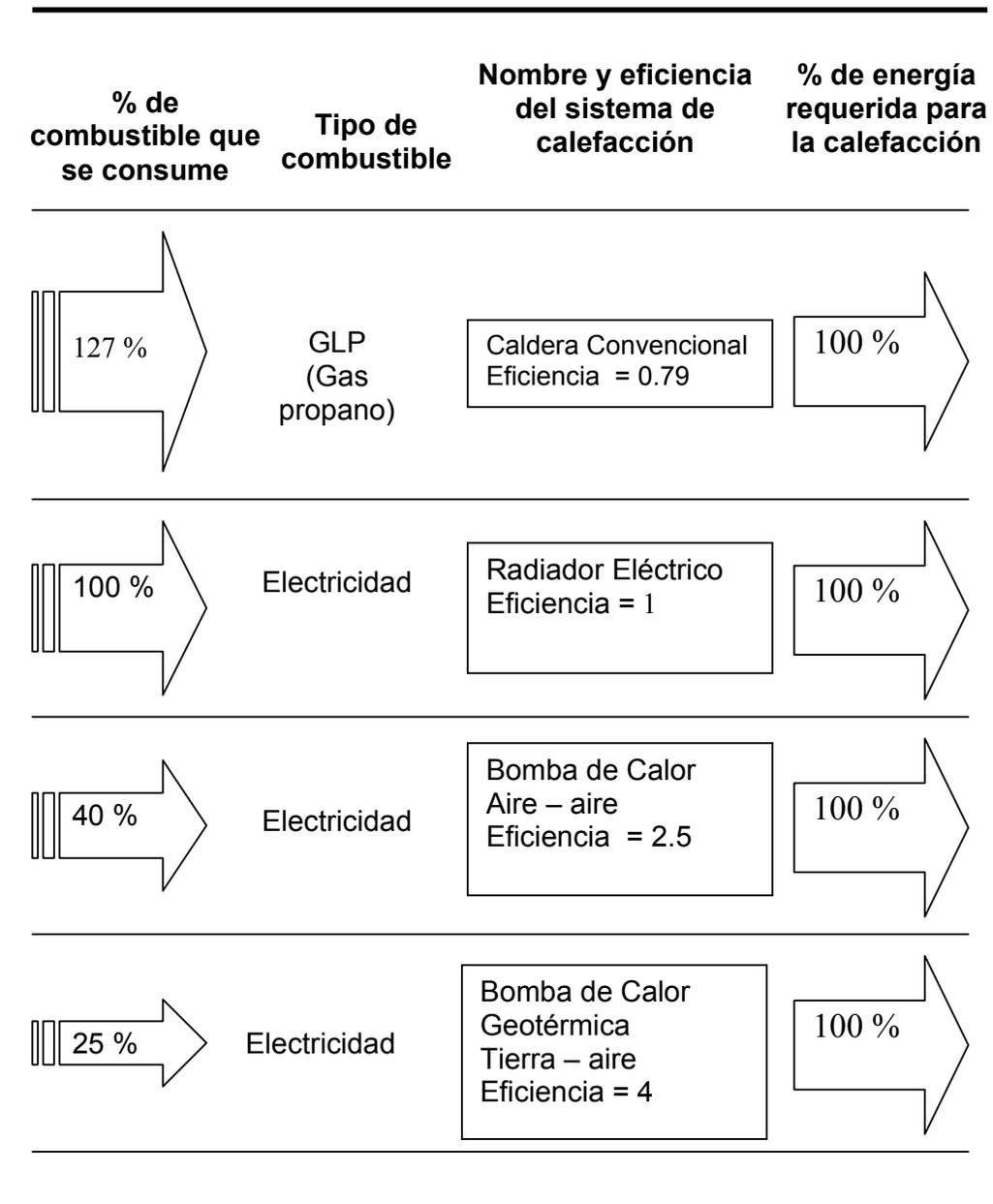
La columna de inversión, contiene el costo de los sistemas de calefacción que se analizaron, pero estos valores no nos permiten realizar una comparación entre los sistemas, ya que poseen características diferentes en cuanto al funcionamiento, capacidad y potencia. Y de forma consecuente la el tiempo de recuperación de la inversión no es un dato con el cual se pueda tomar una decisión, ya que por ejemplo la bomba de calor es la que mayor ahorra presenta, pero su precio es bastante elevado, y es por la capacidad que tiene de calefacción.

Las características que se presentan en la tabla EIT – E2, pueden ser un importante factor, si se calculan en condiciones similares para cada uno de los sistemas de calefacción.

2.3.3. Impacto Potencial General

Lo que se detallo en el punto anterior puede ser visto desde un punto de vista global, expresado de la siguiente forma:

Figura 28 (F). EIT – E3: Impacto Potencial General



En el esquema anterior se observa como varia la cantidad de energía consumida para cubrir una misma demanda de calefacción.

Se observa las eficiencias de cada uno de los sistemas de calefacción, de igual manera el combustible con el trabaja y el porcentaje que se utiliza de estos para alcanzar la cantidad de energía deseada.

3. INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE SANITARIA

3.1. Revisión

Revisión del RITE, ITE 02.5

Se denomina Agua Caliente Sanitaria, al agua utilizada por las personas para fines de higiene y salud, como por ejemplo la empleada en duchas, lavabos, bañeras, fregaderos, etc.

La documentación que contiene el RITE en cuanto al Agua Caliente Sanitaria, inicia con su temperatura de preparación, debido al riesgo de legionela, que se presenta con mayor riesgo en los sistemas que utilizan acumuladores de agua.

Se especifica, en el RITE, que la bacteria presenta un crecimiento o desarrollo, entre las temperaturas de 20 y 45°C, alcanzando su máximo riesgo alrededor de los 37°C, y en donde se ve involucrado el factor de mantenimiento (limpieza) de los acumuladores del ACS.

Para contrarrestar este riesgo el RITE, presenta una serie de exigencias, en cuanto a las temperaturas de preparación, como de distribución:

- La temperatura de almacenamiento de ACS, debe ser mayor a los 60°C.
- Especifica que los sistemas de calentamiento deben ser capaces de elevar la temperatura, hasta 70°C, para los procesos de desinfección.
- La temperatura de distribución no debe ser menor a los 50°C.

De manera similar se presenta los periodos recomendados de mantenimiento de las instalaciones, con el fin de evitar de la producción de la legionela:

Tabla XXXVII. ACS – R1: Frecuencia de mantenimiento de instalaciones de ACS

Riesgo	Ejemplos de tipos de edificios o usos	Frecuencia Mantenimiento
Alto	Hospitales, clínicas, residencias de ancianos, cárceles	Semanal
Medio	Viviendas, hoteles, residencias de estudios	Mensual
Bajo	Instalaciones para deporte, cuarteles	Trimestral

Fuente: RITE (ITE 02.5)

El RITE, recomienda que para cualquiera de los casos, la duración del tratamiento debe ser de 4 horas, una vez alcanzada la temperatura de desinfección (70°C). Por otra parte, recomienda actividades nocturnas de mantenimiento, para evitar quemaduras de los usuarios.

Para el sistema de ACS, se deben considerar los siguientes factores, antes de elegir una opción:

- Sistema de producción y distribución:
 - Individual
 - Colectivo

- Tipo de productor:
 - Instantáneo
 - Por acumulación

- Semi – instantáneo
- Semi – acumulación

- Tipo de distribución:
 - Con retorno
 - Sin retorno

El reglamento sugiere como sistema de preparación con mayores ventajas, el sistema semi – acumulación, entre las que se pueden mencionar, el espacio reducido que ocupa el acumulador, el acero inoxidable que usa el depósito acumulador que previene la legionelosis, etc.

Todas las ventajas antes mencionadas para la producción de ACS centralizada en edificaciones.

Anteriormente se ha mencionado el riesgo de la legionela, y es importante saber que esta bacteria no es adquirida por el cuerpo de forma oral o tópica (a través de la piel), si no que se contagia a través de las vías respiratorias, esto quiere decir que el problema de la legionela surge por el uso de calefacción y no por el uso del ACS, pero en la mayoría de instalaciones se posee un sistema que combina el ACS y la calefacción, y es allí donde se encuentra el potencial de dicha bacteria.

Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (Comentario del DB del Código Técnico)

En la sección HE-4, del Documento Base correspondiente al CT de España se especifican los porcentajes mínimos que este tipo de sistema de producción de ACS, debe aportar para cubrir la demanda de este servicio en las edificaciones.

El porcentaje de contribución varía de acuerdo a dos factores:

- La zona climática en donde se encuentra la edificación, y este porcentaje de aportación aumenta en la medida que aumenta la severidad climática, por ello la zona climática V (mayor clasificación), posee los valores mas altos de exigencia de aportación solar mínima.
- Por otra parte el porcentaje aumenta de al existir como sistema de apoyo los que utilizan el efecto joule, para la producción de ACS, teniendo un valor estable mínimo a partir de la división III de la zona climática (para las zonas climáticas III, IV y V el porcentaje es igual a 70).

Para los casos generales de contribución (sistemas que no trabajan por efecto joule), se tienen valores menos exigentes de contribución (el 30% y 52 %), exigido en la Zona I.

En cambio para los sistemas que trabajan con efecto joule los valores menos exigentes de contribución oscilan entre el 50 y 70 % para la Zona I.

Se debe aclarar que las zonas climáticas no tienen ninguna relación con las mencionadas en el capítulo de este proyecto (Limitación de la Demanda energética). Las zonas climáticas utilizadas para establecer la aportación solar mínima, surgen a partir de la radiación solar global (MJ/m^2), donde para cada una de las zonas existe un rango de este valor.

Análisis:

El RITE, en cuanto a instalaciones de ACS se refiere, hace un énfasis en aquellas con un alto consumo de ACS, como por ejemplo, edificios, hoteles, etc. (aunque no son especificadas), es decir instalaciones en general que cubren altos índices de demanda. En la adaptación a efectuar, se especificara por separado las características de instalaciones individuales colectivas (RITE) e individuales.

Por otra parte, la normativa no hace mención del uso de energía renovable para la producción de ACS, siendo este un punto más de la adaptación que se realizara, enfocando a los beneficios que se obtienen al utilizar la energía solar para la producción de ACS, que es una de las formas mas baratas de utilizar este tipo de energía renovable.

3.2. Adaptación

3.2.1. Generalidades

El uso de Agua Caliente Sanitaria, tiene justificaciones higiénicas, de salubridad y de confort para los usuarios de las edificaciones, siendo consumida en su mayor porcentaje dentro de los cuartos de aseo (baños y/o servicio sanitario) y cocina.

La aplicación del ACS, es bastante amplia, y las principales demandas son:

- Apartamentos individuales
- Edificios de apartamentos
- Casa Residenciales
- Instalaciones deportivas (estadios, piscinas, polideportivos, etc.).
- Hoteles de negocios o de turismo
- Hospitales, clínicas, residencias de ancianos
- Escuelas, institutos
- Etc.

Aplicaciones diversas, requieren sistemas completamente diferentes de ACS, y para ello, se debe elegir el sistema adecuado tomando como base las consideraciones siguientes:

- La elección del sistema de producción y distribución
 - Sistema individual
 - Sistema colectivo
- Elección del tipo de productor
 - Instantáneo
 - Por acumulación

- Elección del tipo de distribución
 - Con retorno
 - Sin retorno

Todos los puntos mencionados anteriormente dependen de la demanda que se desea cubrir, las circunstancias de uso y resalta el nivel de vida que tiene el consumidor, ya que de acuerdo a dicho factor, puede variar la capacidad y calidad de las instalaciones.

Aunque todas las consideraciones anteriores son fundamentales para la elección del sistema de ACS, la experiencia en instalaciones de este tipo es una ventaja mas para la correcta decisión. Dicha experiencia debe tomar en cuenta criterios cuantitativos (el número de personas, habitaciones, los puntos de utilización, etc.) y cualitativos (tipo de casa, categoría de hotel, características de la ducha, bañera, etc.).

Desde el punto de vista de la fuente primaria de energía, los combustibles utilizados para el ACS son: GLP (gas natural, propano, etc.), electricidad y energías renovables como la energía solar (el cual será analizado de forma independiente), siendo estos independientes al tipo de sistema de producción (individual o centralizado).

3.2.1.1 Temperatura del ACS

La temperatura de ACS, varia de acuerdo al tipo de aparato sanitario que se utiliza dentro de la edificación, como se ha mencionado, varia de igual forma de las costumbres y nivel de vida del usuario, es por ello que a continuación se presentan temperaturas estadísticas de uso del ACS, que deben ser consideradas al elegir el sistema de producción de ACS.

Tabla XXXVIII. ACS – A1: Temperaturas de la demanda

Tipo de aparato Sanitario	Temperatura de uso °C
Lavabo	35 a 40
Bidet	35 a 40
Ducha	37 a 42
Bañera	37 a 42
Fregadero (cocina residencial)	45 a 65

Fuente: Calefacción y Agua Caliente Sanitaria, Autor: J.A. Andrés y Rodríguez- Pomatta

De suma importancia es la atención de este apartado ya que es quien establece los saltos de temperatura que se deben cubrir con los sistemas de producción, dicho cambio de temperatura se define como:

$$\text{Salto de Temperatura} = \Delta T = T_u - T_e$$

Donde:

T_u : es la temperatura de uso (tabal ACS - A1)

T_e : es la temperatura de la red externa (agua de la red municipal)

Dependiendo de la región en al que se encuentre la edificación, así variara la temperatura de la red externa, ya que al suministrarse por medio de tuberías subterráneas, la temperatura del suelo provoca un cambio en esta temperatura.

Para efectos de cálculo se tomara como base $T_e = 15 \text{ °C}$, en base a los siguientes criterios:

- La temperatura mínima en las regiones mas frías del país, no son inferiores a los 13 °C . (vera tabla a1-1, del anexo A1).

- La inercia del suelo, hace que exista una transferencia, aunque mínima de calor hacia el agua que fluye por las redes de distribución de agua.

3.2.2. Sistemas Individuales de ACS

La utilización de los sistemas individuales de ACS, se sugiere en aquellas edificaciones que se caracterizan por tener consumos reducidos, frecuencias variadas de uso, dispersión en los puntos de usanza y no presentar un horario específico de consumo.

Dichas características se presentan con mayor frecuencia en los siguientes tipos de instalaciones, que por tanto se les recomienda el uso de sistemas individuales de ACS:

- Viviendas Unifamiliares
- Comercios
- Oficinas de poca superficie (no localizadas en edificios)

Una de las características de este tipo de sistema, es que permite separar la producción de ACS de la calefacción, y evitar de esa manera producción bacteriológica (legionela). Aunque es mas eficiente el uso de sistemas que incorporen los dos servicios, pero como se ha dicho anteriormente la elección depende del conjunto de variables de demanda.

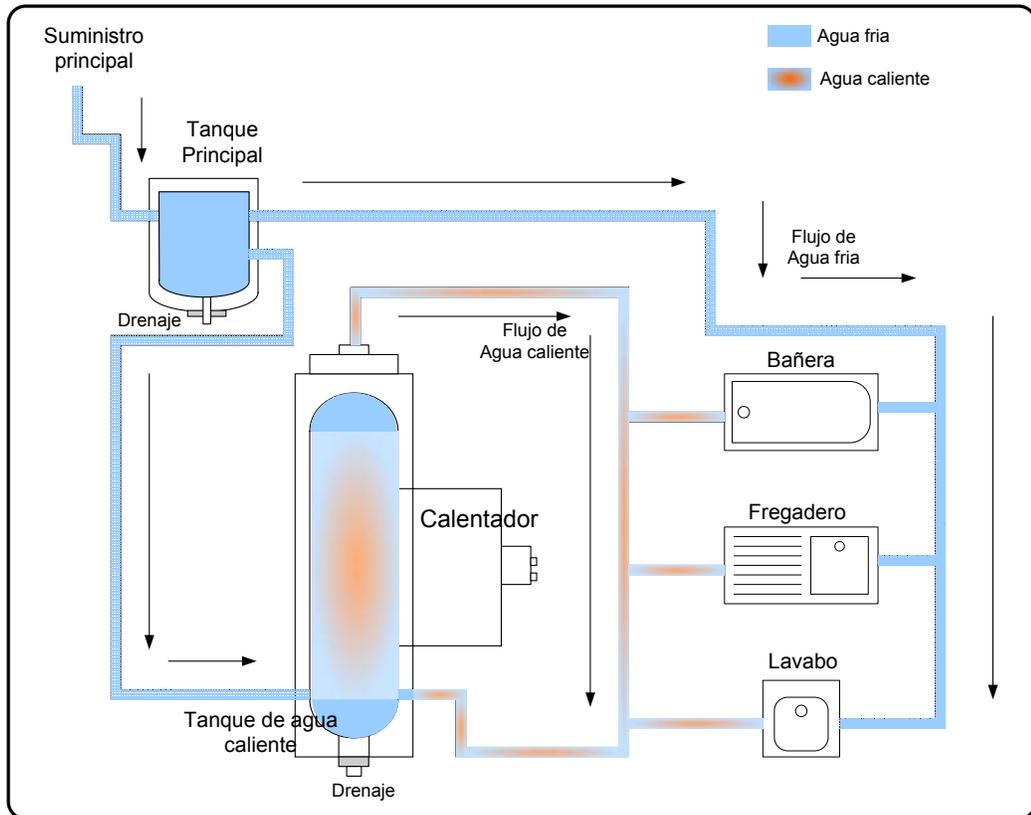
De lo anterior se puede recomendar que para viviendas unifamiliares, pequeñas oficinas y comercios, se utilicen sistemas individuales para la producción de ACS, ya que en el territorio guatemalteco como se ha visto en el primer capítulo, no demanda un nivel alto de calefacción, por lo que la independencia de la producción de ACS, es una opción para este tipo de servicio.

El esquema de los sistemas individuales es similar para la mayoría de ellos, y consiste básicamente en una red principal de agua fría (proveniente del exterior de la edificación), de donde se separa una línea de agua que se calienta, y es aquí en donde radican las diferencias entre sistemas, para luego ser distribuida (agua caliente) de forma paralela a las tuberías de agua fría, hacia los diferentes aparatos de consumo dentro de las edificaciones. En la figura ACS – A1 se puede observar este esquema básico.

Finalmente los sistemas individuales de ACS, son:

- Instalaciones de Preparación instantánea : en donde se prepara solo el caudal demandado a cada instante
- Instalaciones de Preparación con acumulación: cuando se prepara y almacena una cantidad de ACS, previa al consumo, para luego ser utilizada.

Figura 29 (F). ACS – A1: Sistema de agua sanitaria fría y caliente.



Fuente: Desarrollo del trabajo de investigación y RITE

3.2.2.1 Instalaciones Individuales de Preparación Instantáneas

A manera de introducción para las instalaciones individuales, se menciona que de acuerdo al RITE, que el uso de este tipo de instalaciones se recomienda para potencias menores a los 70 kW, instalaciones individuales.

3.2.2.1.1. Calentadores de agua a gas

Este tipo de sistema realiza el proceso de calentamiento directo del agua mediante la combustión, de cualquier gas combustible (gas natural, propano, butano, etc.).

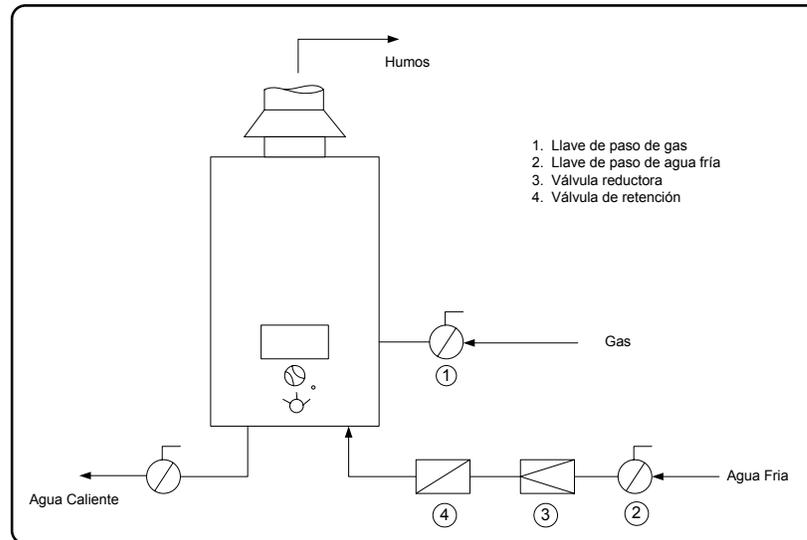
El proceso de calentamiento instantáneo, inicia al fluir el agua fría a través de un serpentín que se encuentra por encima del quemador, y es en este momento donde el agua adquiere calor y se mantiene constante durante el proceso.

La cantidad máxima de caudal que suministra el calentador depende a su vez del caudal de agua fría que entre a este, y que generalmente oscila entre los 5 y los 14 l/min., de acuerdo al modelo del equipo, alcanzando temperaturas entre los 40 y 45 °C.

Estos calentadores cuentan con una llama piloto, que se activa al surgir una demanda de ACS, en cualquiera de los dispositivos sanitarios instalados en la edificación. Hoy en día este dispositivo (llama del piloto), por dispositivos electrónicos de encendido automático, con lo que se obtienen ahorros económicos en cuanto al consumo de combustible se refiere.

A continuación se presenta un diagrama que ejemplifica este dispositivo de ACS.

Figura 30 (F). ACS – A2: Calentador instantáneo de gas



Fuente: Calefacción y Agua Caliente Sanitaria, Capítulo de Preparación de ACS, Autor: J.A. Andres y Rodríguez-Pomatta

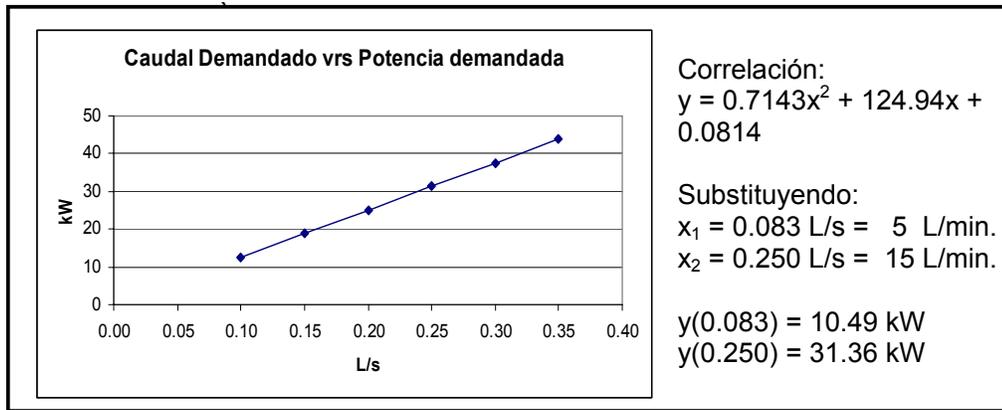
Anteriormente se dijo que el caudal de salida del calentador varía de acuerdo al caudal que entra, y con estos valores se puede calcular la potencia demandada por este tipo de sistema individual. Utilizando una correlación de los valores de la siguiente tabla, y substituyendo los valores en la ecuación obtenida con una hoja de cálculo, podemos obtener los valores de potencia.

Tabla XXXIX. ACS – A2: Potencia demandada por el caudal

Caudal Demandado			Potencia demandada		
			$\Delta T = 30^{\circ}C$	$\Delta T = 35^{\circ}C$	$\Delta T = 40^{\circ}C$
L/s	L/min	L/h	kW	kW	kW
0.10	6	360	12.6	14.7	16.8
0.15	9	540	18.8	21.9	25.1
0.20	12	720	25.1	29.3	33.5
0.25	15	900	31.4	36.6	41.2
0.30	18	1080	37.6	43.9	50.1
0.35	21	1260	43.9	51.2	58.5

Fuente: ITE 09.2, RITE

Gráfica 31 (G). ACS – A1: Diagrama para la correlación



Fuente: Desarrollo del trabajo de investigación

Podemos decir entonces que la potencia requerida para una demanda de caudal entre los 5 y los 15 L/min. (Promedio de caudal de entrada para los sistemas de ACS, calentador agua gas) con un salto de temperatura de 30°C, con este tipo de sistema esta entre los 10.5 kW y los 31.5 kW.

3.2.2.1.2. Grupos térmicos mixtos de preparación

Instantánea

Los grupos térmicos mixtos son aquellos sistemas destinados a la calefacción que poseen incorporados en el propio cuerpo del sistema la producción de ACS. Este sistema corta la producción de calefacción al existir una demanda de agua caliente en alguna parte de la edificación, derivando el agua caliente de la caldera hacia un intercambiador de calor, en la que se prepara el ACS, y concluyendo esta demanda de agua, se reestablece el servicio de calefacción.

3.2.2.1.3. Calentador eléctrico instantáneo

Otra de las opciones para la producción de ACS, son los calentadores eléctricos instantáneos, los cuales están compuesto por una resistencia que realiza la transferencia de calor, hacia el fluido de agua que pasa a través de un serpentín, entre las ventajas de este sistema es la disminución del consumo de gas, y por tanto la emisión de gases de efecto invernadero, se pueden instalar en cualquier lugar ya que son de tamaño pequeño, por otra parte se puede regular la temperatura entre los 35 y los 60° C. Por otra parte este tipo de calentador esta destinado para demandas pequeñas de agua caliente, ya que poseen un caudal de hasta un máximo de 12 Litros / min.

3.2.2.2. Instalaciones individuales con acumulación

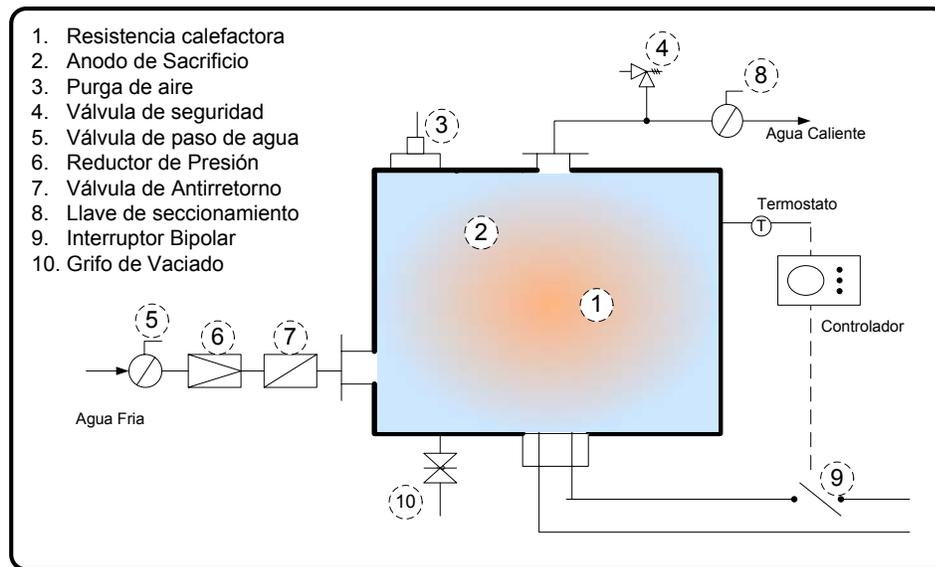
En general estos sistemas son utilizados cuando se desea obtener un caudal de ACS superior a los 15 L/min., a una temperatura de 40°C, ya que se ha mencionado con anterioridad para estas características de ACS, seria necesario potencias instaladas excesivamente grandes (instalaciones individuales instantáneas).

3.2.2.2.1. Termos eléctricos

Antes de explicar el funcionamiento de este tipo de sistema es de suma importancia mencionar, que el RITE no recomienda el uso de sistemas que basen su funcionamiento en efecto Joule para la preparación de ACS, salvo que se utilicen fuentes de energía renovable y en instalaciones individuales, como es la utilización de Termos eléctricos.

La estructura de un termo eléctrico consta básicamente de un depósito acumulador, construido de un material (generalmente acero inoxidable), no atacable por el agua de la red, en cuyo interior se encuentran una o dos resistencias eléctricas que permiten preparar el ACS. En donde para evitar el sobrecalentamiento del agua y la temperatura de preparación, se utilizan dos termostatos, uno para cada función. Por otra parte, el acumulador (depósito) se encuentra recubierto de un aislante, que permite reducir las pérdidas de calor de agua, que se encuentra en el interior del dispositivo.

Figura 32 (F). **ACS – A3:** Termo Eléctrico



Fuente: Calefacción y Agua Caliente Sanitaria, Capítulo de Preparación de ACS, Autor: J.A. Andrés y Rodríguez-Pomatta

El elemento calefactor está compuesto por resistencias eléctricas que pueden ser:

- *Resistencias blindadas:* las cuales son tubos metálicos de unos 10 milímetros de diámetro con conductores electrotérmicos incrustados. Este tipo de resistencias se sumergen directamente en el agua.

- *Resistencia de tipo cerámico*: van montadas sobre elementos radiales de cerámica con conductores térmicos visibles, encerrados en una vaina inmersa en el agua.

Generalmente este tipo de calentador eléctrico tiene una capacidad de entre 50 y 200 litros y una potencia eléctrica de 750W y 2550 W, proporcionando caudales suficientes para atender de forma simultánea a dos duchas. Aunque actualmente existen calentadores eléctricos instantáneos destinados a ser utilizados en instalaciones muy pequeñas, como por ejemplo una ducha.

3.2.2.2.2. Termo-acumuladores de gas de calentamiento

Directo

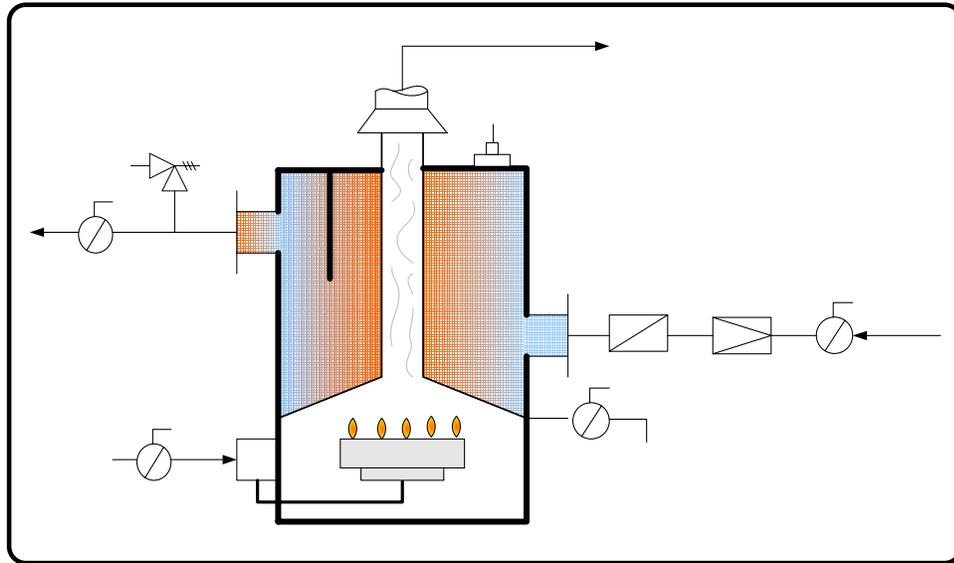
Este sistema está formado por un depósito de agua, el cual es atravesado por un conducto – chimenea, a través del cual circulan los gases de combustión, que proceden de un quemador (tipo atmosférico).

Un termostato es el encargado de apagar o encender el quemador, en base a la temperatura del agua en el depósito, permaneciendo encendido únicamente la llama piloto.

La capacidad volumétrica de este sistema se encuentra entre los 150 y 250 litros, con potencias térmicas nominales entre los 7kW y los 35 kW. Por lo que en su mayoría son utilizados para viviendas unifamiliares, que poseen varios cuartos de servicio (demanda, que en conjunto no supere los 30 kW de potencia), haciendo que el costo sea inferior, en comparación a la utilización de sistemas instantáneos.

En el siguiente diagrama se puede observar la estructura del termo-acumulador a gas, con cada uno de sus componentes principales:

Figura 33 (F). ACS – A4: Termo acumulador a gas de calentamiento directo



Fuente: Calefacción y Agua Caliente Sanitaria, Capítulo de Preparación de ACS, Autor: J.A. Andrés y Rodríguez-Pomatta

Se afirma en nueva instancia que este tipo de sistema de ACS, no debe ser utilizado para instalaciones que demande una potencia superior a los 30 kW, esto basado en normas europeas de ahorro de energía.

Gas

3.2.3. Sistemas centralizados de ACS

Este tipo de instalaciones se encuentran destinadas para edificaciones con un consumo elevado de ACS, como por ejemplo el demandado en los edificios de uso colectivo como centros educativos, administrativos, comerciales de gran envergadura, edificios de oficinas, etc.

Los sistemas centralizados de ACS, tienen un sinnúmero de variaciones que van de acuerdo a las necesidades de las edificaciones, por lo que nos enfocaremos únicamente a los componentes principales de una instalación convencional centralizada.

Básicamente un sistema convencional centralizado de ACS, se conforma de dos circuitos principales y dos elementos singulares donde se produce un trasvase de calor, dichos componentes son:

- Caldera
- Circuito Primario (o de producción)
- Intercambiador
- Circuito Secundario (o de distribución)

La **Caldera**, es el centro productor de calor, quien quema el combustible (GLP generalmente), aportando de esta forma el calor necesario para el proceso de producción de ACS.

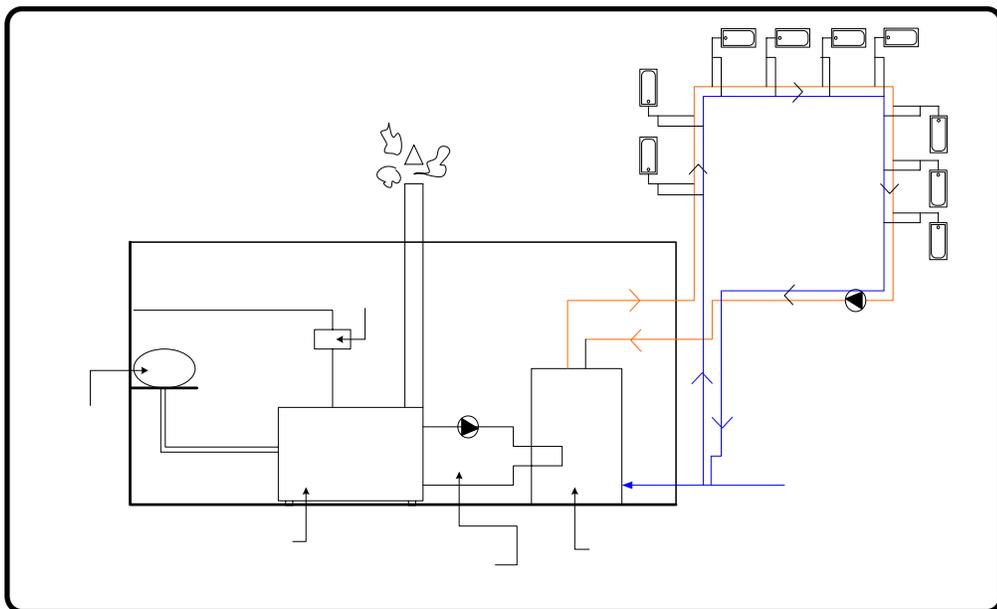
Este calor es transmitido mediante un circuito cerrado de agua (**Circuito primario**), que a través de un acelerador que se encarga de suministrar el caudal de agua sobrecalentada (agua que no es utilizada para consumo), para brindar la temperatura adecuada al contenido del acumulador.

El **Intercambiador**, es el centro donde se cede el calor hacia el **Circuito secundario**, que porta el ACS y a través del cual se distribuye a los diferentes dispositivos de consumo de la edificación.

Por otra parte, el recirculador (bomba de aceleración), se encarga que el agua en disposición no se enfríe al ser recirculada, a través del circuito secundario.

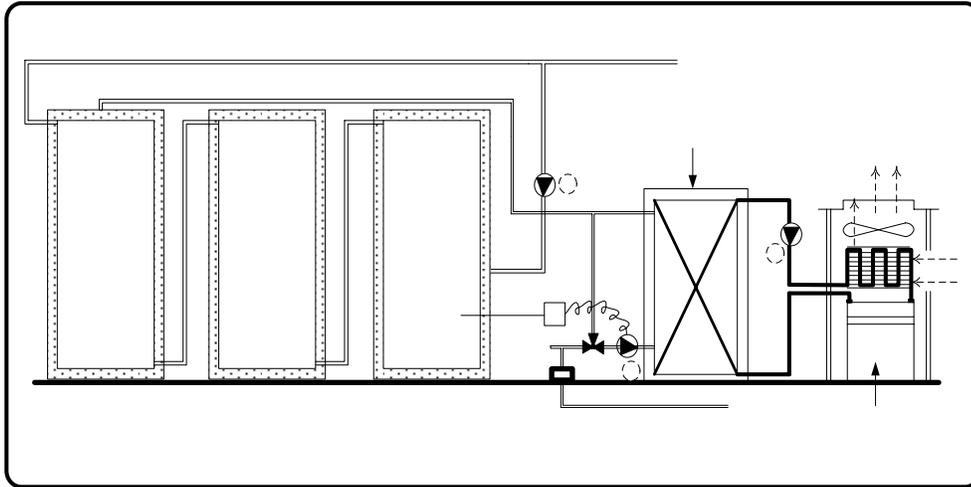
Todos los componentes anteriormente descritos se encuentran gráficamente representados de forma general en la figura ACS – A5.

Figura 34 (F). **ACS – A5**: Componentes básicos de una Instalación Centralizada de ACS, con Acumulador



Fuente: Desarrollo del trabajo de investigación

Figura 35 (F). **ACS – A6**: Esquema de un sistema centralizado de producción de ACS, mediante una Bomba de Calor



Fuente: Manual de Producción Eléctrica Acumulada de ACS

En el gráfico anterior, se puede observar una instalación centralizada de ACS, conformada por una bomba de calor y una serie de acumuladores que permiten satisfacer la demanda de agua caliente a la edificación destino.

El esquema anterior puede variar de acuerdo a la fuente de producción de calor, al sustituir la bomba de calor por una caldera, pero es importante mencionar que el esquema de la figura ACS – A6, únicamente contiene los componentes base, no especifica toda la estructura que implica una central de producción de ACS, así mismo no contiene la red de distribución a los puntos de consumo dentro de una edificación.

Cada uno de las figuras anteriores muestra los componentes básicos de sistemas de producción de ACS exclusivos, los cuales únicamente son utilizados para la producción de ACS, dejando por un lado los sistemas de climatización, pero actualmente estos dos servicios son producidos por una misma unidad (bomba de calor, caldera, etc.).

ACUMULADOR

ACUMULADOR

ACUMULADOR

3.2.4. Equipo Solar Domestico (ESD)

Un Equipo Solar Domestico es una instalación térmica que aprovecha la energía solar para la producción de agua caliente sanitaria.

La importancia de este tipo de instalaciones radica en que el potencial energético solar es enorme, al ser una energía limpia en su producción y consumo, pero además de ello su consumo es gratuito.

El proceso de captación solar que se lleva a cabo en los ESDs, es el procedimiento de transformar la energía radiante del sol en calor o energía térmica. Considerando que la aplicación de la energía solar es baja temperatura, es decir temperaturas inferiores a los 80° C.

3.2.4.1. Captador Solar Plano

Básicamente y de forma muy general un equipo solar domestico, utiliza como elemento principal, para el proceso de transformación de la energía un Captador Solar Plano, que esta constituido por una **placa metálica negra** que se calienta al ser expuesta al sol aumentando su temperatura. Esta placa pierde calor al aumentar su temperatura, por conveccion a través del aire que lo rodea y por radiación.

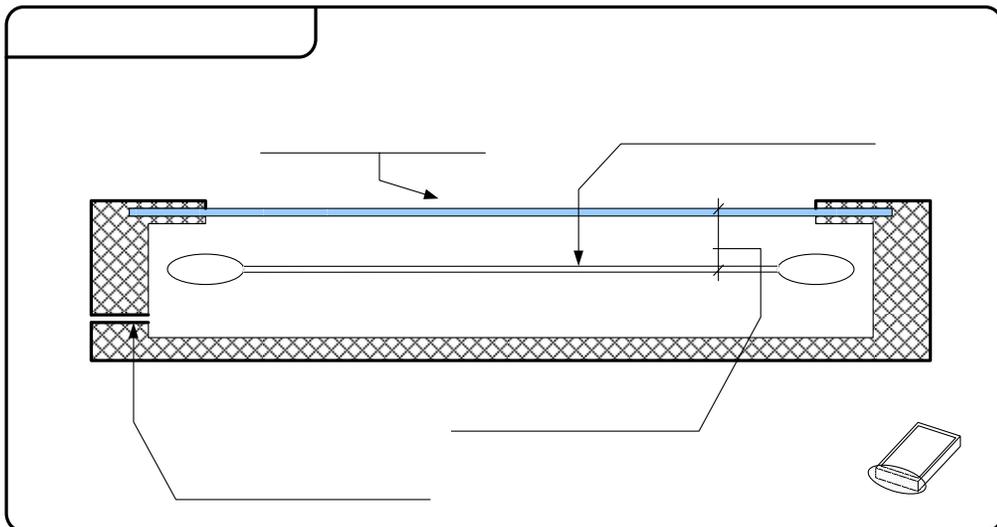
La radiación que emite esta placa al calentarse, es retenida por un **vidrio**, el cual es transparente a la radiación solar, pero a la vez es opaco para la radiación emitida por la placa metálica, evitando de esta forma que la radiación que ha entrado se escape, produciendo el denominado Efecto Invernadero.

Ahora bien si se aísla este dispositivo en sus laterales, se disminuyen la pérdidas de calor, formando una caja en la cual se almacena calor.

La placa tiene adherido un **serpentín** (conducto), a través del cual puede circular un fluido que aumente su temperatura y pueda ser transferida o movilizada a otro sistema, evacuando de esa manera la energía térmica de la caja. Todos los componentes anteriores son colocados en una **caja aislada** para formar el captador solar plano.

La descripción del captor solar plano, puede ser observada en la siguiente figura que muestra lo componentes básicos de su estructura.

Figura 36 (F). **ACS – A7**: Estructura de un Captor Solar Plano



Fuente: Trabajo de campo e Informe de ESD, publicado en la WEB, por el proveedor Sonenkraft.

3.2.4.2. Estructura y Funcionamiento de un ESD

A continuación se describe los principales componentes de un equipo solar domestico, así como su funcionamiento dentro del sistema:

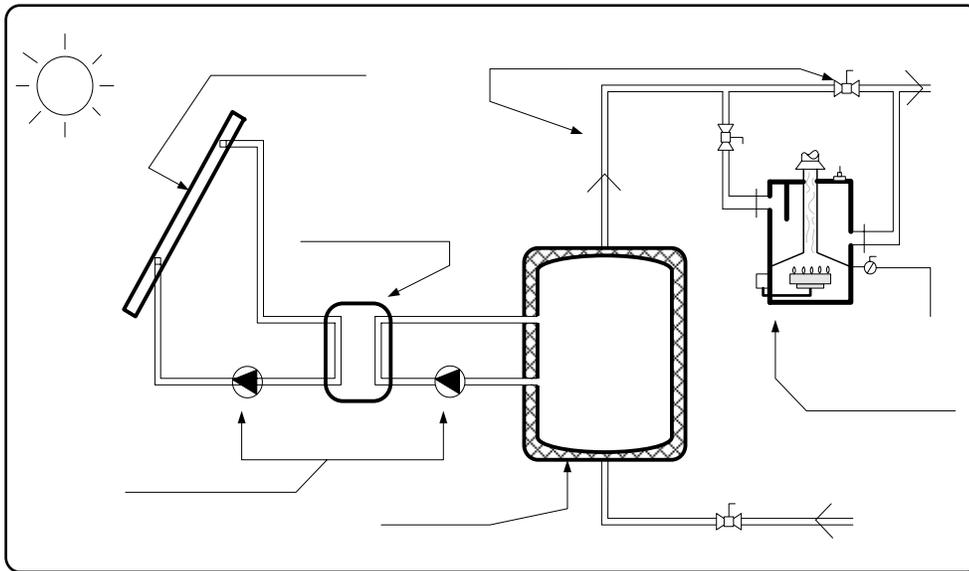
CAPTOR SOLAR PLANO

Vidrio de espesor > 3 m
transmisividad > 0.8

- Un sistema de captación formado por un conjunto de captadores, como por ejemplo los captadores solares planos, que se describieron en el punto anterior, a través de los cuales el sistema transforma la radiación solar incidente en energía térmica, calentado el fluido que porta en su interior. A este sistema de captación también se le denomina circuito primario.
- Un sistema de acumulación, constituido por un depósito que almacena el agua caliente, para su respectivo uso.
- Un sistema intercambiador, que transfiere el calor obtenido por los colectores hacia el agua que se consume.
- Un circuito hidráulico, conformado por tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encargan de mantener el movimiento del agua, desde las unidades captadoras, hasta la red de consumo, pasando por el intercambiador, el acumulador y la unidad de apoyo.
- Un sistema de control o regulación de los procesos, que permite obtener condiciones óptimas de uso y un nivel de seguridad para los usuarios.
- Estos dispositivos suelen tener un sistema de energía auxiliar, utilizado para complementar el aporte solar, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente. Estos sistemas auxiliares pueden ser eléctricos, de gas, entre otros.

En la siguiente figura se encuentran representados los componentes descritos en los puntos anteriores, y se aclara que se indican únicamente los equipos básicos utilizados. Faltan los componentes complementarios necesarios, que son específicos de cada instalación.

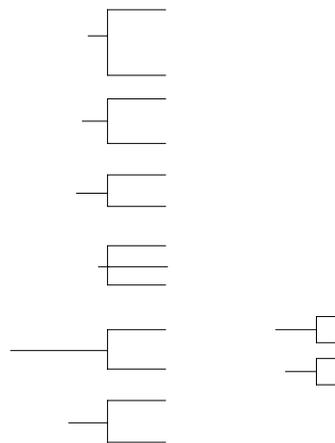
Figura 37 (F). ACS – A8: Diagrama de una Instalación Solar Térmica (ESD)



Las instalaciones solares térmicas se pueden clasificar de la siguiente manera:

Sol

CAPTADOR SOLAR PLANO



INTERCAMBIADOR DE CALOR

3.2.5. Zonificación de Guatemala

El valor de la Radiación Solar Global, depende de varios factores, como lo son la altitud, la latitud, el porcentaje de nubosidad el lugar, entre otros factores. Lo que permite que existan lugares con niveles de radiación similares dentro del territorio nacional.

Los valores de Radiación Solar Global, que son utilizados para zonificar (clasificación de los departamentos), son obtenidos de un software llamado METEONORM, el cual tiene como variables de entrada la latitud y longitud del lugar, la altura del lugar sobre el nivel del mar, y tipo del área (ciudad, valle, cerca de un lago, etc.). El formato de entrada de los datos se puede observar en el apéndice B2.

Los valores de entrada para la obtención de la radiación solar global son presentados en la siguiente tabla.

Tabla XL. ACS - A3: Datos de entrada para la obtención de Radiación

	DEPARTAMENTO	LATITUD SUR	LONGITUD NORTE	altura (msnm)		
				min	max	media
I	Ciudad Capital	14° 38' 29"	90° 30' 47"	930.00	2101.00	1515.50 (*)
II	Alta Verapaz	15° 28' 07"	90° 22' 36"			1316.91
	Baja Verapaz	15° 06' 05"	90° 19' 07"	40.48	1570.00	805.24 (*)
III	Izabal	15° 44' 06"	88° 36' 17"	4.00	77.00	40.50 (*)
	Zacapa	14° 58' 21"	89° 31' 42"			130.00
	Chiquimula	14° 47' 58"	89° 32' 37"			423.82
	El Progreso	14° 51' 14"	90° 04' 07"	245.00	1240.00	742.50 (*)
	Jutiapa	14° 16' 58"	89° 53' 33"	407.00	1233.00	820.00 (*)
IV	Jalapa	14° 38' 02"	89° 58' 52"			1361.91
	Santa Rosa	14° 16' 42"	90° 18' 00"	214.00	1330.00	772.00 (*)
V	Chimaltenango	14° 39' 38"	90° 49' 10"			1800.17
	Sacatepequez	14° 33' 24"	90° 44' 02"			1530.00
	Escuintla	14° 18' 03"	90° 47' 08"			346.91
VI	San Marcos	14° 57' 40"	91° 47' 44"			2397.00
	Quetzaltenango	14° 50' 16"	91° 31' 03"	350.00	2800.00	1575.00 (*)
	Totonicapán	14° 54' 39"	91° 29' 38"			2495.30
	Solola	14° 46' 26"	91° 11' 15"			2113.50
	Retalhuleu	14° 32' 07"	91° 40' 42"			239.39
	Suchitepequez	14° 32' 02"	91° 30' 12"			371.13
VII	Huehuetenango	15° 19' 14"	91° 28' 13"	300.00	3000.00	1650.00 (*)
	Quiché	15° 02' 12"	91° 07' 00"	1196.00	2310.00	1753.00 (*)
VIII	Peten	16° 55' 45"	89° 53' 27"			127.00

Fuente: Datos estadísticos de paginas Web de la Republica de Guatemala

Con los valores de la tabla ACS – A3 se realizan las iteraciones para cada uno de los departamentos, en donde el formato de salida son valores mensuales, para posteriormente realizar un promedio entre los valores especificados y dividir entre el número de días del mes correspondiente, y ese será el valor medio anual diario de la radiación solar global.

Los valores mensuales para cada uno de los departamentos se encuentran en el apéndice B3.

Debido a la variabilidad de la topografía del territorio nacional, se toman 10 departamentos (* muestras), con diferencias entre sus rangos de altura máxima y mínima, para observar la variación que pueda existir por el factor altura dentro de un mismo departamento (observar apéndice B4).

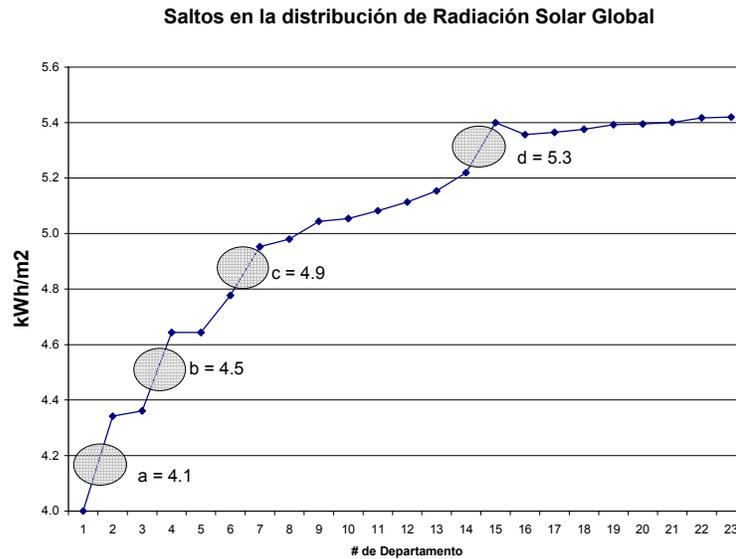
Una vez establecido los valores de la radiación global solar media anual, se toman los rangos divisionales que se encuentran basados en los establecidos en el Código Técnico en su Documento Base HE-4, para la zonificar.

La adaptación de los valores para la zona climática de Guatemala, tiene la base del párrafo anterior, debido a:

- Los valores de radiación solar global de Guatemala son levemente superiores a los de España.
- La propuesta que se realiza para zonificar el territorio nacional, son los primeros valores que se estiman, por lo que la contribución para el país, debe ser inferior a la que actualmente se exige en las normativas españolas.

La adaptación de los valores de las zonas climáticas para Guatemala, se obtiene al distribuir los valores de radiación y tomar en consideración los saltos mas grandes que existan entre los valores.

Gráfico 38 (G). ACS - A2: Base para la elaboración de rangos de zonas climáticas



Los valores a, b, c y d, son los valores utilizados para conformar los rangos de las zonas climáticas de Guatemala, y se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla XLI. ACS – A4: Rangos de Radiación Solar Global

Zona Climática	kWh/m2
I	$H \leq 4.1$
II	$4.1 < H \leq 4.5$
III	$4.5 < H \leq 4.9$
IV	$4.9 < H \leq 5.3$
V	$H > 5.3$

Fuente: Tabla 3.2, del Código Técnico, en el Documento Base HE-4

En base a los rangos de la tabla ACS - A4, se clasifican los Departamentos de Guatemala y se obtienen los resultados de la siguiente tabla:

Tabla XLII. ACS - A5: Zonas Climáticas de Guatemala

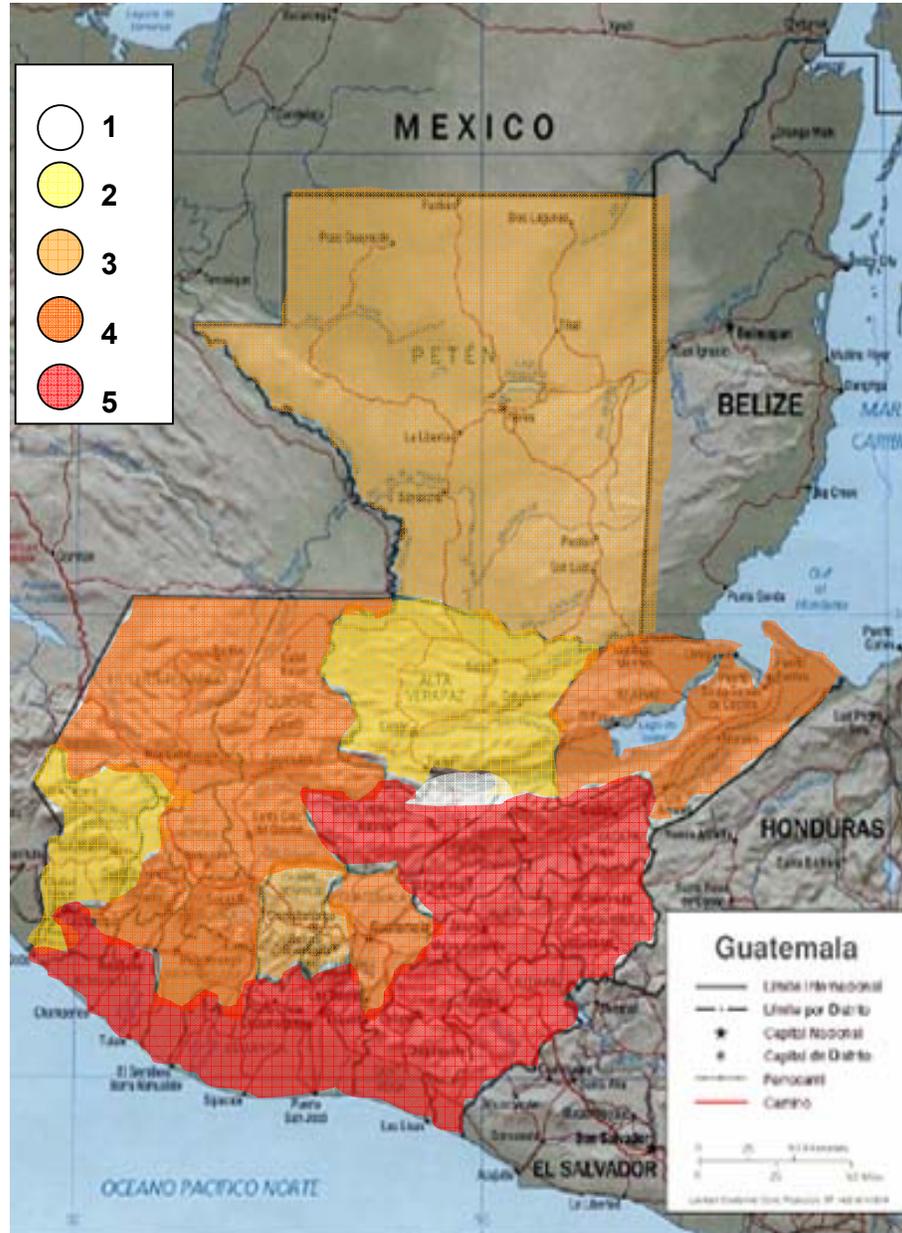
RADIACION SOLAR GLOBAL MEDIA DIARIA EN GUATEMALA		
Zona Climatica	Departamento	kWh/m2
I	Baja Verapaz 2	4.0
II	San Marcos	4.3
	Alta Verapaz	4.4
III	Chimaltenango	4.6
	Sacatepequez	4.6
	Peten	4.8
IV	Quiche	5.0
	Huehuetenango	5.0
	Retalhuleu	5.0
	Guatemala	5.1
	Quetzaltenango	5.1
	Totonicapan	5.1
	Izabal	5.2
	Solola	5.2
V	Santa Rosa	5.4
	Jalapa	5.4
	Chiquimula	5.4
	El Progreso	5.4
	Escuintla	5.4
	Suchitepequez	5.4
	El Progreso 3	5.4
	Zacapa	5.4
	Baja Verapaz 1	5.4

Fuente: Desarrollo del trabajo de investigación

Para una mayor precisión en los resultados se recomienda tener un registro histórico de la radiación global solar para Guatemala, ya que entran en juego factores como la nubosidad que pueden disminuir los valores de la radiación, y que el software considera estos valores dependiendo del tipo de lugar, como por ejemplo, establecer un región del país como valle, puerto, ciudad, montaña, etc.

Fuera del contexto del párrafo anterior, se muestra de forma gráfica la zonas climáticas en un mapa nacional, para facilitar la identificación de las mismas.

Figura 39 (F) ACS - A9: Zonas Climáticas de Guatemala (Para la radiación solar global)



Fuente: Desarrollo del trabajo de investigación

Pero la finalidad de zonificar los departamentos, es obtener una referencia para establecer los porcentajes de contribución mínima de los sistemas solares de preparación de agua caliente Sanitaria.

3.2.6. Aportación Solar Mínima para la producción de ACS en Guatemala

La aportación solar mínima para la producción de ACS depende directamente de la Radiación Solar Global (kWh/m²), que se perciba en el área de construcción de la edificación.

Los porcentajes de aportación se dividen en dos casos:

- Para casos generales de sistemas de apoyo.
- Para casos en donde se utilice el efecto joule para el sistema de apoyo.

En las siguientes tablas se encuentran los valores actuales que exigen las normativas españolas para la contribución solar mínima en la producción de ACS.

Tabla XLIII. ACS – A6: Porcentaje (%) de contribución solar mínima. CASO GENERAL

Demanda Total de ACS del edificio (litros/día)		Zona Climática				
		I	II	III	IV	V
50	5000	30	30	50	60	70
5000	6000	30	30	55	65	70
6000	7000	30	35	61	70	70
7000	8000	30	45	63	70	70
8000	9000	30	52	65	70	70
9000	10000	30	55	70	70	70
10000	12500	30	65	70	70	70
12500	15000	30	70	70	70	70
15000	17500	35	70	70	70	70
17500	20000	45	70	70	70	70
mas de 20000		52	70	70	70	70

Fuente: Tabla 2.1, del Código Técnico, en el Documento Base HE - 4

Tabla XLIV. ACS – A7: Porcentaje (%) de contribución solar mínima. CASO EFECTO
 JOULE

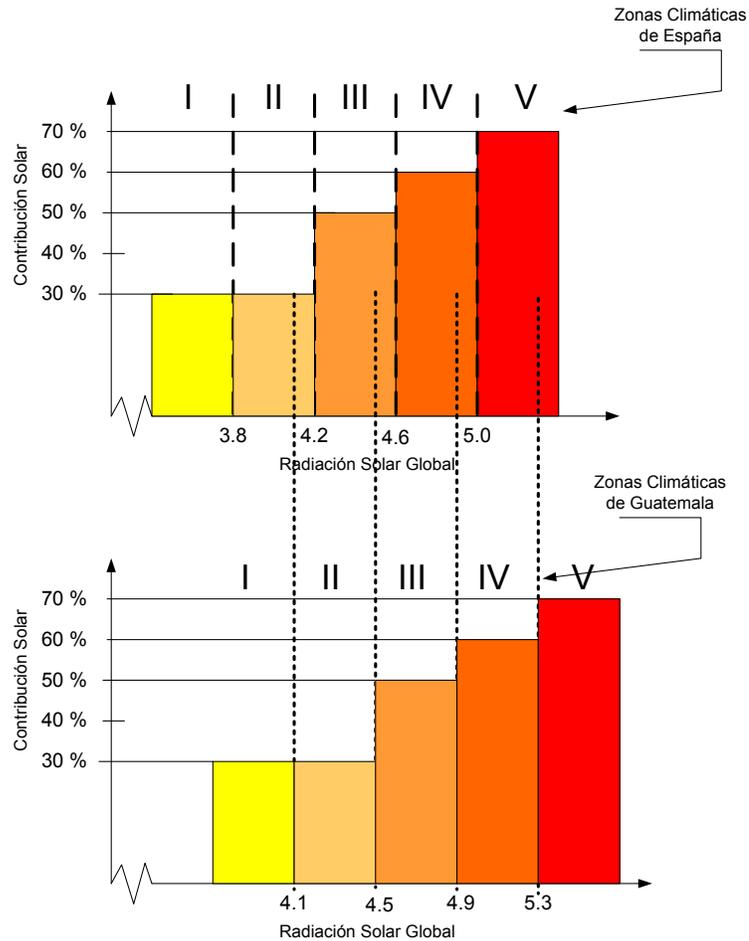
Demanda Total de ACS del edificio (litros/día)		Zona Climática				
		I	II	III	IV	V
50	1000	50	60	70	70	70
1000	2000	50	63	70	70	70
2000	3000	50	66	70	70	70
3000	4000	51	69	70	70	70
4000	5000	58	70	70	70	70
5000	6000	62	70	70	70	70
mas de 6000		70	70	70	70	70

Fuente: Tabla 2.1, del Código Técnico, en el Documento Base HE - 4

Los valores que se aplican de estas tablas (ACS – A6 y ACS - A7) representan un porcentaje menor de contribución para el territorio nacional, debido a que se tienen los mismos porcentajes pero aplicados a valores mayores de radiación, así por ejemplo en España para una localidad que tenga una radiación de 4.3 kWh/m², la cual pertenece la zona III (ver tabla de rangos en anexo B4), se le exige un 50 %, mientras que para una localidad de Guatemala con el misma cantidad de radiación (4.3 kWh/m², pertenece a la zona II) se recomienda una exigencia del 30% de contribución.

Lo anterior se puede observar en el siguiente gráfico:

Gráfico 40 (G). ACS – A3: diferencias en la aportación de energía de los ESD, entre España y Guatemala



Fuente: Desarrollo del trabajo de investigación

Como se ha mencionado anteriormente, para el país de Guatemala, se recomienda una aportación menor a la dispuesta en normativas españolas debido, entre otras razones, a que el ACS no forma parte del modo de vida de la mayoría de la población, pero al aumentar la demanda de este servicio se recomiendan realizar estudios mas específicos en cuanto a la base de datos climáticos se refiere.

3.3. Análisis Económico

Esta sección del capítulo busca proporcionarle al elector una comparativa económica de los diferentes tipos de sistemas de producción de Agua Caliente Sanitaria que fueron descritos en la Adaptación (ACS). Donde el objetivo es orientar la elección, del sistema de ACS que logre cubrir la demanda de este servicio de forma eficiente, haciendo un uso razonable de la energía.

Se hace mención que el sistema de producción de ACS, utilizando energía solar, será analizado de manera individual, para luego ser comparado con los otros sistemas.

3.3.1. Condiciones actuales

La comparativa económica se basa en un ejemplo que posee las siguientes justificaciones y supuestos:

- En Guatemala, el departamentos con mayor densidad poblacional es la ciudad capital, en donde el 87.9% de las viviendas son casas formales ¹.
- Para los habitantes de la ciudad capital se tiene un promedio de 4 personas por vivienda (casa formal) ².
- Dentro de las viviendas se cuenta como mínimo con un cuarto de servicio y una cocina, que son los principales focos de demanda del servicio de ACS.

- Para estos espacios habitacionales se cuenta como mínimo con una ducha y un lavabo (lavamanos) para el cuarto de servicio y con un fregadero para la cocina.

La cantidad de ACS, será la demanda por una vivienda unifamiliar con una edificación tipo casa, ubicada en la ciudad capital de Guatemala, la cual se encuentra habitada por cuatro personas.

La edificación conformada por un cuarto de servicio que se encuentra equipado con una ducha y un lavabo (lavamanos), en cuanto a la cocina se refiere se cuenta con un fregadero, que consume ACS.

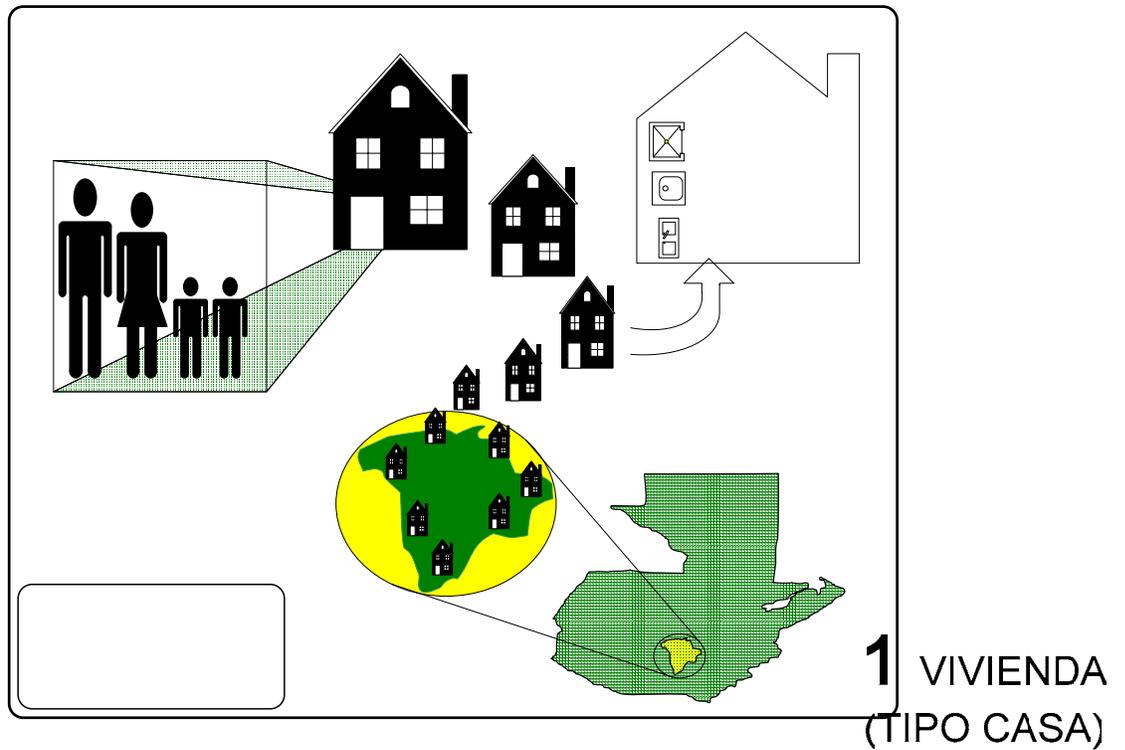
Se toma como supuesto que el consumo de agua, será igual para las cuatro personas que demandan ACS.

1. Censo nacional y poblacional de 2002.

2. El valor exacto de personas por vivienda en la ciudad capital es de 4.4 personas, pero para efectos de cálculo se toma la cifra especificada (4 personas. Censo nacional y poblacional publicado en año 2002.

La siguiente figura muestra las características de forma gráfica, detallando los puntos mencionados en la parte anterior.

Figura 41 (F). ACS – E1: Características para el cálculo de la demanda



4 PERSONAS
POR VIVIENDA

3.3.2. Cálculo de la demanda de ACS

Con dificultad se puede obtener una demanda exacta de ACS para cualquier tipo de edificación, ya que este valor posee variables cualitativas, como lo es el nivel de vida de las personas, las costumbres, etc. Debido a esto los cálculos se basaran en estadísticas que tienen un registro de pruebas realizadas.

De forma preliminar se realiza el cálculo de la demanda de ACS, por persona, y los volúmenes de uso se basan en la tabla ACS – E1, en donde se especifica la temperatura promedio de uso, así como el número de litros por uso de cada uno de los aparatos sanitarios, para un tres niveles de consumo: bajo, medio y alto.

Tabla XLV. ACS - E1: Volumen de consumo de ACS en L / uso

Tipo de aparato sanitario	Consumo en litros / uso			Temperatura de utilizacion °C
	bajo	medio	alto	
Lavabo	4	6	8	38
Ducha	35	45	55	40
Ducha hidromasaje	50	80	120	38
Bidé	4	6	8	38
Fregadero	15	20	25	55
Bañera	Pequeña	110		42
	Mediana	140		
	Grande	320		

Fuente: Informe de ACS y Calefacción, patrocinado por Saunier Duval

Al tener los volúmenes de uso por aparato sanitario, se consideran las siguientes hipótesis de uso para cada uno de lo aparatos:

- El Lavabo es utilizado 3 veces al día
- La ducha es utilizado 1 vez
- La frecuencia de uso del fregadero es 2 veces al día.

Cada uno de los supuestos anteriores es para una sola persona.

Otra hipótesis muy importante es el valor de la temperatura del agua que proviene de la red, es decir la temperatura del agua que se distribuye a cada una de las viviendas, y para este valor se tomo como base las temperaturas exteriores tanto para invierno, como para verano en la ciudad capital de Guatemala, obteniendo los siguientes valores:

Estado climático	T (°C) Promedio	T(°C) agua de la red
Verano	21	18
Invierno	18	15

Las consideraciones de esta temperatura es inercia de la temperatura del suelo que se tiene en cada mes de año, y debido a que la tubería se encuentra enterrada, existe una transferencia de calor, y hace que el agua posea una temperatura. Y básicamente las temperaturas promedios propuesta se basan en la temperatura que tiene el suelo a cierta profundidad, y como se ha mencionado anteriormente (capitulo 2), a cierta profundidad (superior a los 15 metros) la temperatura se estabiliza entre los 15 y 18 °C.

Lo anterior hace que se calculen dos valores de demanda, una para invierno y una para verano, y para esta última, se hace la siguiente consideración de uso de los aparatos sanitarios:

- El fregadero y el lavabo, no presentan una demanda de ACS, debido a las características climatológicas que involucran una mayor temperatura ambiente (en ciertas partes del país). Por lo que el único aparato que presenta una demanda de ACS será la ducha.

Para el cálculo se tienen las siguientes constantes y datos iniciales:

Datos de calcular			
T del agua en la red invierno	15 ° C	Densidad del agua a 15° C	999.1 Kg / m3
T del agua en la red verano	18 ° C	Densidad del agua a 60° C	983.21 Kg / m3
# promedio de días por mes	30	Densidad promedio (15 y 60)	991.155 Kg / m3
# de de persona por vivienda	4	Calor específico del agua	4181.4 J / Kg° C
1 m3 = 1000 litros			
1 kWh = 3600000 J			

A continuación se presentan las expresiones que se utilizaron para obtener los valores de la tabla ACS – E2, que contiene los resultados de la demanda de ACS.

(a) **Salto de temperatura** = $\Delta T = T \text{ del agua de uso} - T \text{ del agua de la red}$
(°C)

(b) **Consumo día/persona** = # usos al día del aparato * volumen de agua
(Litros)

(c) **Consumo mes/vivienda** = [4 persona * 30 días * (b)] / 1000
(m³)

(d) **Demanda de energía** = (a) * (c) * calor específico agua * densidad
promedio
(kWh) al mes

Tabla XVI. ACS - E2: Demanda de energía para ACS

PARA LOS MESES DE INVIERNO							Para 1 persona consumo / día (L)			Para una vivienda consumo / mes (m3)			Demanda de energía kWh / mes		
Aparato Sanitario	# usos al día	T de uso °C	ΔT	consumo / uso			bajo	medio	alto	bajo	medio	alto	bajo	medio	alto
				bajo	medio	alto									
Lavabo	3	38	23	4	6	8	12	18	24	1.44	2.16	2.88	38.13	57.19	76.26
Ducha	1	40	25	35	45	55	35	45	55	4.2	5.4	6.6	120.88	155.42	189.95
Fregadero	2	55	40	15	20	25	30	40	50	3.6	4.8	6	165.78	221.04	276.29
Σ =							77	103	129	9.24	12.36	15.48	324.78	433.64	542.50

PARA LOS MESES DE VERANO							Para 1 persona consumo / día (L)			Para una vivienda consumo / mes (m3)			Demanda de energía kWh / mes		
Aparato Sanitario	# usos al día	T de uso °C	ΔT	consumo / uso			bajo	medio	alto	bajo	medio	alto	bajo	medio	alto
				bajo	medio	alto									
Lavabo	3	18	0	4	6	8	12	18	24	1.44	2.16	2.88	0.00	0.00	0.00
Ducha	1	40	22	35	45	55	35	45	55	4.2	5.4	6.6	106.37	136.77	167.16
Fregadero	2	18	0	15	20	25	30	40	50	3.6	4.8	6	0.00	0.00	0.00
Σ =							77	103	129	9.24	12.36	15.48	106.37	136.77	167.16

Para tener un valor promedio en base al cual poder calcular los costos, este se realiza con los valores totales de la demanda de energía para la vivienda en total.

Demanda de energia kWh / mes		
bajo	medio	alto
38.13	57.19	76.26
120.88	155.42	189.95
165.78	221.04	276.29
324.78	433.64	542.50

Demanda de energia kWh / mes		
bajo	medio	alto
0.00	0.00	0.00
106.37	136.77	167.16
0.00	0.00	0.00
106.37	136.77	167.16

Numero de meses del año

Demanda mensual promedio (kWh)		
Bajo	Medio	Alto
215.58	285.20	354.83



DEMANDA ANUAL (kWh)		
BAJO	MEDIO	ALTO
2586.94	3422.46	4257.97

Nota: en Guatemala existen unicamente dos estaciones verano e invierno, por lo que se considera como demanda anual el promedio de estos dos valores (1 de invierno y otro de verano)

3.3.3. Cálculo del consumo de ACS

Para el cálculo del consumo de ACS, se toman los siguientes sistemas de producción de ACS:

Sistema de Producción	Fuente de energía
Calentador instantáneo de gas	Gas propano
Calentador instantáneo eléctrico	Electricidad
Bomba de calor agua – aire	Electricidad

La expresión utilizada para el cálculo del consumo es:

$$(e) \text{ Consumo} = \text{demanda (d)} / \text{eficiencia del sistema}$$

(kWh) al año

Los resultados de esta expresión se puede observar en las siguientes tablas, de donde se toma como premisa el hecho de que la demanda no varía de acuerdo al tipo de sistema que se utilice.

Tabla XVII. ACS – E3: Consumo de energía anual

NIVEL BAJO			
Tipo de sistema	Demanda kWh/año	eficiencia	Consumo kWh/año
Calentador de gas	2586.94	0.75	3449.26
Calentador electrico	2586.94	1.00	2586.94
Bomba de calor	2586.94	2.50	1034.78

NIVEL MEDIO			
Tipo de sistema	Demanda kWh/año	eficiencia	Consumo kWh/año
Calentador de gas	3422.46	0.75	4563.28
Calentador electrico	3422.46	1.00	3422.46
Bomba de calor	3422.46	2.50	1368.98

NIVEL ALTO			
Tipo de sistema	Demanda kWh/año	eficiencia	Consumo kWh/año
Calentador de gas	4257.97	0.75	5677.30
Calentador electrico	4257.97	1.00	4257.97
Bomba de calor	4257.97	2.50	1703.19

Algunas de las eficiencias utilizadas en la tabla ACS -E3, son las mismas que se utilizaron en el capítulo de Eficiencia de Instalaciones Térmicas, debido a que la transformación de la energía es similar, sin embargo fueron verificados en catálogos de proveedores de estos equipos y sistemas.

3.3.4. Costo del consumo, monto de inversión y ahorro obtenido

Antes de obtener los montos de la inversión, se coloca como parámetros de selección de equipo los siguientes:

- La potencia requerida por la demanda es de 35.60 kW/h, cálculo que se encuentra especificado en el apéndice B.
- El otro valor es el del caudal máximo previsible, cuyo valor es de 12.9 L/min., cuyas bases también son encontrados en el apéndice B.

De acuerdo con estos dos datos, se presentan en la siguiente tabla los valores de las inversiones, así como el ahorro obtenido con cada implementación de los sistemas de producción de ACS.

Nota: Los precios de la inversión, pueden ser observados en el catalogo de precios virtual de la empresa Salvador Escoba S.A., a la cual se puede tener acceso desde su pagina Web.

Las páginas del catálogo son las siguientes:

- Calentador de gas modelo Wr14, pagina 24, registro cc 03 332.
- Calentador eléctrico modelo DFB 26, pagina 34, registro cc 03 554.

Tabla XVIII. ACS - E4 : Inversión, Ahorro y tiempo de Retorno de

Nota: se considera que la demanda no varía de acuerdo al tipo de sistema que se utilice

NIVEL BAJO		Consumo		costo/ unidad		costo mes		costo diario		costo anual		inversion		ahorro anual		recuperación	
Tipo de sistema	Demanda kWh/año	eficiencia	kWh/año	€/kWh	€	€/kWh	€	€/kWh	€	€	€	€	€	€	€	años	años
Calentador de gas	2586.94	0.75	3449.26	0.07	20.12	0.67	241.45	0.67	241.45	451.00	120.72	3.74	451.00	120.72	3.74		
Calentador electrico	2586.94	1.00	2586.94	0.14	30.18	1.01	362.17	1.01	362.17	349.00	217.30	16.11	349.00	217.30	16.11		
Bomba de calor	2586.94	2.50	1034.78	0.14	12.07	0.40	144.87	0.40	144.87	3500.00	217.30	16.11	3500.00	217.30	16.11		
NIVEL MEDIO		Consumo		costo/ unidad		costo mes		costo diario		costo anual		inversion		ahorro anual		recuperación	
Tipo de sistema	Demanda kWh/año	eficiencia	kWh/año	€/kWh	€	€/kWh	€	€/kWh	€	€	€	€	€	€	años	años	
Calentador de gas	3422.46	0.75	4563.28	0.07	26.62	0.89	319.43	0.89	319.43	451.00	159.71	2.82	451.00	159.71	2.82		
Calentador electrico	3422.46	1.00	3422.46	0.14	39.93	1.33	479.14	1.33	479.14	349.00	287.49	12.17	349.00	287.49	12.17		
Bomba de calor	3422.46	2.50	1368.98	0.14	15.97	0.53	191.66	0.53	191.66	3500.00	287.49	12.17	3500.00	287.49	12.17		
NIVEL ALTO		Consumo		costo/ unidad		costo mes		costo diario		costo anual		inversion		ahorro anual		recuperación	
Tipo de sistema	Demanda kWh/año	eficiencia	kWh/año	€/kWh	€	€/kWh	€	€/kWh	€	€	€	€	€	€	años	años	
Calentador de gas	4257.97	0.75	5677.30	0.07	33.12	1.10	397.41	1.10	397.41	451.00	198.71	2.27	451.00	198.71	2.27		
Calentador electrico	4257.97	1.00	4257.97	0.14	49.68	1.66	596.12	1.66	596.12	349.00	357.67	9.79	349.00	357.67	9.79		
Bomba de calor	4257.97	2.50	1703.19	0.14	19.87	0.66	238.45	0.66	238.45	3500.00	357.67	9.79	3500.00	357.67	9.79		

Tipo de cambio 1 € = Q10.00

NIVEL BAJO		Consumo		costo/ unidad		costo mes		costo diario		costo anual		inversion		ahorro anual		recuperación	
Tipo de sistema	Demanda kWh/año	eficiencia	kWh/año	€/kWh	Q.	€/kWh	Q.	€/kWh	Q.	Q.	Q.	Q.	Q.	Q.	Q.	años	años
Calentador de gas	2586.94	0.75	3449.26	0.07	201.21	67.07	2414.48	67.07	2414.48	4510.00	1207.24	3.74	4510.00	1207.24	3.74		
Calentador electrico	2586.94	1.00	2586.94	0.14	301.81	100.60	3621.72	100.60	3621.72	3490.00	2173.03	16.11	3490.00	2173.03	16.11		
Bomba de calor	2586.94	2.50	1034.78	0.14	120.72	40.24	1448.69	40.24	1448.69	35000.00	2173.03	16.11	35000.00	2173.03	16.11		
NIVEL MEDIO		Consumo		costo/ unidad		costo mes		costo diario		costo anual <td colspan="2">inversion</td> <td colspan="2">ahorro anual</td> <td colspan="2">recuperación</td>		inversion		ahorro anual		recuperación	
Tipo de sistema	Demanda kWh/año	eficiencia	kWh/año	€/kWh	Q.	€/kWh	Q.	€/kWh	Q.	Q.	Q.	Q.	Q.	Q.	Q.	años	años
Calentador de gas	3422.46	0.75	4563.28	0.07	266.19	88.73	3194.29	88.73	3194.29	4510.00	1597.15	2.82	4510.00	1597.15	2.82		
Calentador electrico	3422.46	1.00	3422.46	0.14	399.29	133.10	4791.44	133.10	4791.44	3490.00	2874.87	12.17	3490.00	2874.87	12.17		
Bomba de calor	3422.46	2.50	1368.98	0.14	159.71	53.24	1916.58	53.24	1916.58	35000.00	2874.87	12.17	35000.00	2874.87	12.17		
NIVEL ALTO		Consumo		costo/ unidad		costo mes		costo diario		costo anual <td colspan="2">inversion</td> <td colspan="2">ahorro anual</td> <td colspan="2">recuperación</td>		inversion		ahorro anual		recuperación	
Tipo de sistema	Demanda kWh/año	eficiencia	kWh/año	€/kWh	Q.	€/kWh	Q.	€/kWh	Q.	Q.	Q.	Q.	Q.	Q.	Q.	años	años
Calentador de gas	4257.97	0.75	5677.30	0.07	331.18	110.39	3974.11	110.39	3974.11	4510.00	1987.05	2.27	4510.00	1987.05	2.27		
Calentador electrico	4257.97	1.00	4257.97	0.14	496.76	165.59	5961.16	165.59	5961.16	3490.00	3576.70	9.79	3490.00	3576.70	9.79		
Bomba de calor	4257.97	2.50	1703.19	0.14	198.71	66.24	2384.46	66.24	2384.46	35000.00	3576.70	9.79	35000.00	3576.70	9.79		

Análisis de los valores obtenidos:

Como se puede observar en la tabla, exista una anotación que aclara que para los cálculos se considera que la demanda no varía con respecto al tipo de sistema que se utilice para la producción de ACS (mencionado anteriormente).

En la tabla ACS – E4, se toma como base para el ahorro la opción del calentador eléctrico, ya que presenta el mayor consumo económico, para la misma demanda.

Por otra parte la inversión de la bomba de calor, es bastante elevado, debido al hecho que este tipo de sistemas son destinados para calefacción, y la producción de ACS.

Con los valores obtenidos, se puede observar que de forma general entre las opciones que se tiene la más recomendable para satisfacer la demanda de energía con el menor costo de inversión y tiempo de recuperación más rápido es el calentador de gas propano. Pero en la tabla no se ha incluido la opción de energía solar para la producción de ACS, la cual se analiza a continuación.

La razón por la que no se incluye el sistema de producción con energía solar, es debido a que los equipos solares domésticos (ESD) siempre requieren de un sistema de apoyo, de entre los cuales se puede elegir una de las opciones analizadas en la tabla ACS – E4.

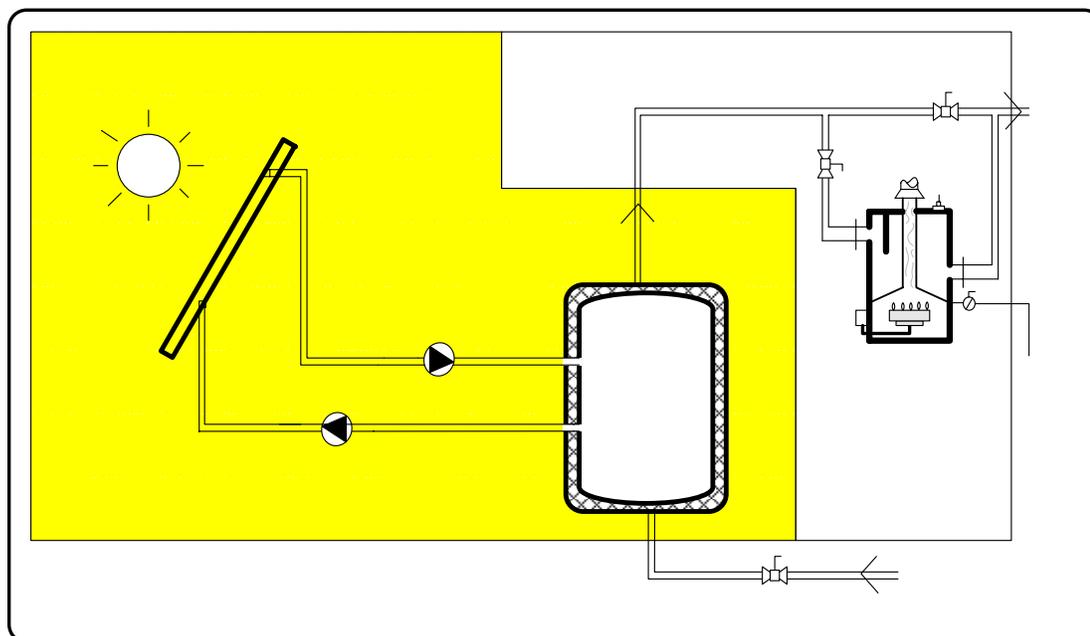
Por último no hay que olvidar que los datos de la tabla ACS – E4, corresponde al a la demanda de una vivienda unifamiliar, y es por ello que al realizar la selección del equipo de producción de ACS, se debe estudiar detalladamente la demanda de la edificación y obtener información de personal con experiencia en dicha rama de la edificación.

Es importante resaltar que el tiempo de recuperación de la inversión disminuye en relación al nivel de consumo que se tiene, y el motivo de este efecto es debido a que al aumentar el consumo de ACS se tiene un mayor ahorro, sin variar la inversión.

3.3.5. Ahorro obtenido mediante Equipos Solares Domésticos

Para el análisis económico de este apartado, se realiza con un tipo de instalación que involucra un captador solar y un sistema auxiliar de gas, como se puede observar en la siguiente figura, en donde se especifica el % de contribución de cada componente..

Figura 42 (F). ACS – E2: Equipo Solar Domestico



Fuente: Desarrollo del trabajo de investigación

La razón por la que fue elegido el sistema de Calentador de Gas para el ESD, es debido a que fue la que presenta un ahorro considerable en el apartado anterior, en donde se compararon varios sistemas de ACS.

**Contribución
65 %**

Por otra parte se descarta el uso de la bomba de calor, debido a que su involucra también servicios de calefacción y refrigeración, que no son analizados en este capítulo.

En la figura ACS – E2, se destaca el porcentaje de contribución de ACS, que se recomienda aportar por el ESD, cuyo dato se basa en la tabla ACS -6, de la adaptación de este capítulo.

Las premisas para esta elección son:

- Se trabaja con los datos de demanda del ejemplo que se ha analizado en el apartado anterior, que incluye a una familia de 4 personas en la localidad de Guatemala.
- Un consumo de entre los 50 y los 5000 litros al día de ACS.

Los datos que se disponen para el cálculo son:

Radiación Solar Global	5.1 kWh/m ² al día	
No. de captadores	1	
Área de Captación	2.5 m ²	
Energía Captada teórica	12.75 kWh al día	
Energía Captada teórica anual	4653.75 kWh al día	
eficiencia del equipo	70%	
Energía utilizable	3257.625 kWh al año	
Porcentaje de contribución recomendado		65%
Porcentaje de contribución real	0.765064828	76.5064828 % (valor obtenido)

El sistema solar doméstico posee un captador solar con área total utilizable de 2.5 m², que multiplicado por la radiación solar global horizontal del departamento de Guatemala no da una Energía Captada teórica anual de 4653 kWh, y el ESD se contempla con una eficiencia del 70%, con lo que al final no proporciona una energía utilizable final de 3257.625 kWh al año.

Recordando los tres valores de demanda que se tiene en el apartado anterior:

Demanda alta = 4257.97 kWh

Demanda Media = 3422.46 kWh

Demanda Baja = 2586.94 kWh

Podemos observar que únicamente para la baja demanda se tiene una cobertura del 100% en los otros dos casos se tiene el 95% en el nivel medio y un 76 % en el nivel alto, respectivamente.

Por lo que para en nivel bajo de demanda se ha sobredimensionado el sistema, haciendo que únicamente se cuente en el costo de inversión los montos del ESD.

El desempeño de los captadores solares, varían de acuerdo al proveedor del producto, pero en general dependen de la diferencia entre la temperatura de entrada y salida, en conjunto con la radiación.

Los valores obtenidos para cada uno de los niveles se presenta en la siguiente tabla, tomando como referencia las demandas anteriormente indicadas, y los sistemas de producción de ACS, mencionados en el apartado anterior.

Tabla XLIX. ACS – E5: Inversión, Ahorro y Tiempo de Recuperación, para un ESD

CONSUMO BAJO		Demanda kWh/año	Aporte ESD kWh/año	Inversión €	ahorro anual €	Recuperación años
Calentador de gas	2586.94	3257.63	1930.00	362.17	5.3	
Calentador eléctrico	2586.94	3257.63	1930.00	362.17	5.3	
Bomba de calor	2586.94	3257.63	1930.00	362.17	5.3	

CONSUMO MEDIO	Demanda kWh/año	Aporte ESD kWh/año	Faltante kWh/año	Eficiencia (auxiliar)	Consumo sis. Auxiliar (kWh)	Costo €/kWh	Costo anual €	Costo mes €	Costo día €	Inversión		Ahorro anual €	T. Recuperar año	
						€/kWh	€	€	€	Auxiliar €	ESD €			Total €
Calentador de gas	3422.46	3257.63	164.83	0.75	219.78	0.07	15.38	1.28	0.04	451.00	1930.00	2381.00	623.47	3.8
Calentador eléctrico	3422.46	3257.63	164.83	1.00	164.83	0.14	23.08	1.92	0.06	349.00	1930.00	2279.00	456.07	5.0
Bomba de calor	3422.46	3257.63	164.83	2.50	65.93	0.14	9.23	0.77	0.03	3500.00	1930.00	5430.00	757.40	7.2

CONSUMO ALTO	Demanda kWh/año	Aporte ESD kWh/año	Faltante kWh/año	Eficiencia (auxiliar)	Consumo sis. Auxiliar (kWh)	Costo €/kWh	Costo anual €	Costo mes €	Costo día €	Inversión		Ahorro anual €	T. Recuperar año	
						€/kWh	€	€	€	Auxiliar €	ESD €			Total €
Calentador de gas	4257.97	3257.63	1000.35	0.75	1333.80	0.07	93.37	7.78	0.26	451.00	1930.00	2381.00	701.46	3.39
Calentador eléctrico	4257.97	3257.63	1000.35	1.00	1000.35	0.14	140.05	11.67	0.39	349.00	1930.00	2279.00	456.07	5.00
Bomba de calor	4257.97	3257.63	1000.35	2.50	400.14	0.14	56.02	4.67	0.16	3500.00	1930.00	5430.00	897.77	6.05

CONSUMO BAJO		Demanda kWh/año	Aporte ESD kWh/año	Inversión Q.	ahorro anual Q.	Recuperación años
Calentador de gas	2586.94	3257.63	1930.00	3621.72	5.3	
Calentador eléctrico	2586.94	3257.63	1930.00	3621.72	5.3	
Bomba de calor	2586.94	3257.63	1930.00	3621.72	5.3	

CONSUMO MEDIO	Demanda kWh/año	Aporte ESD kWh/año	Faltante kWh/año	Eficiencia (auxiliar)	Consumo sis. Auxiliar (kWh)	Costo Q./kWh	Costo anual Q.	Costo mes Q.	Costo día Q.	Inversión		Ahorro anual Q.	T. Recuperar año	
						Q./kWh	Q.	Q.	Q.	Auxiliar Q.	ESD Q.			Total Q.
Calentador de gas	3422.46	3257.63	164.83	0.75	219.78	0.7	153.84	12.82	0.43	4510.00	19300.00	23810.00	6234.74	3.8
Calentador eléctrico	3422.46	3257.63	164.83	1.00	164.83	1.4	230.77	19.23	0.64	3490.00	19300.00	22790.00	4560.68	5.0
Bomba de calor	3422.46	3257.63	164.83	2.50	65.93	1.4	92.31	7.69	0.26	35000.00	19300.00	54300.00	7574.00	7.2

CONSUMO ALTO	Demanda kWh/año	Aporte ESD kWh/año	Faltante kWh/año	Eficiencia (auxiliar)	Consumo sis. Auxiliar (kWh)	Costo Q./kWh	Costo anual Q.	Costo mes Q.	Costo día Q.	Inversión		Ahorro anual Q.	T. Recuperar año	
						Q./kWh	Q.	Q.	Q.	Auxiliar Q.	ESD Q.			Total Q.
Calentador de gas	4257.97	3257.63	1000.35	0.75	1333.80	0.7	93.66	77.80	2.59	4510.00	19300.00	23810.00	7014.56	3.39
Calentador eléctrico	4257.97	3257.63	1000.35	1.00	1000.35	1.4	140.49	116.71	3.89	3490.00	19300.00	22790.00	4560.68	5.00
Bomba de calor	4257.97	3257.63	1000.35	2.50	400.14	1.4	560.19	46.68	1.56	35000.00	19300.00	54300.00	8977.66	6.05

Tipo de cambio utilizado para los cálculos 1.00 € = Q. 10.00.

Discusión de Resultados:

- Para el consumo bajo, se tiene los mismos resultados en cada una de las opciones, al sustituirlas por ESD, ya que se logra cubrir la demanda, pero a la vez el equipo aporta más de lo demandado, es decir que se tiene más energía de la que se necesita. Uno de los motivos de aspecto, es debido a que en los catálogos utilizados para la elección del equipo, presentan como mínimo un captador solar, que proporciona las características antes mencionadas.
- Lo anterior descrito no es aplicable a los niveles de consumo medio y alto, ya que no se logra cubrir el valor de energía necesaria con los captadores solares, y por tanto los ESD, requieren de un equipo auxiliar como se puede observar en la figura ACS – E2, y los utilizados en la tabla ACS -E5, son los mismos que se analizaron en la tabla ACS – E4.
- Analizando los niveles de consumo medio y alto, se puede observar que el menor tiempo de recuperación se obtiene al utilizar como sistema de apoyo un calentador de gas, lo cual coincide con lo obtenido con la opción propuesta en la figura ACS – E2, la cual tiene sus bases en el análisis de estos sistemas en puntos anteriores.
- Como se menciona en el análisis anterior, para el caso de la bomba de calor, se tienen inversiones mayores, y esto es causado por el hecho de tener la opción de ser utilizados, de forma simultánea a la producción de ACS, como sistemas de climatización.

- Al comparar los años de recuperación entre los niveles de consumo se puede observar que disminuyen de acuerdo al aumento del nivel de consumo, con excepción del consumo bajo, debido a que en este caso se tiene una sobre dimensión del equipo (aportación mayor a la demanda), como se describió anteriormente. Por otra parte al existir un mayor consumo de energía, se tiene un mayor margen de ahorro, con una misma inversión.
- Por lo anterior, se recomienda un análisis previo de las necesidades del demandante de ACS, para evitar una sobre dimensión del ESD, y obtener así de la menor inversión un máximo ahorro en el consumo de energía que repercutirá en un beneficio económico.

3.3.6. Beneficios de la implementación de ESD

Entre los beneficios del uso de los Equipos Solares Domésticos se encuentran:

- El costo de la energía para niveles bajos de consumo, es completamente gratuita mientras que para los niveles medio y alto, oscila entre el 4% y el 23% del costo total si no se tuviese un sistema ESD.
- Por otra parte se tiene un mayor ahorro anual con el ESD, que representa el mayor beneficio económico, debido a que al finalizar el tiempo de recuperación, este ahorro es percibido por el consumidor.
- El tiempo de recuperación de los ESD, disminuyen en comparación a los sistemas convencionales de producción de CO₂, dependiendo del nivel de consumo que se tenga.
- Utilización de recursos renovables para la obtención de la energía, que repercute en algunos casos a la disminución de las emisiones de CO₂, para sistemas que utilizan la combustión como proceso de transformación de la energía.

CONCLUSIONES

1. El territorio nacional se divide en seis zonas climáticas que combinan dos factores que varían de acuerdo a la severidad climática de verano e invierno, siendo el primer factor para invierno, en donde se clasifican con una letra A las regiones que presentan el invierno menos severo y B las de un invierno levemente mas severo, por otra parte, el factor de verano posee rango de valores entre el 1 y 5, donde la severidad aumenta directamente con este valor. Por ejemplo, las regiones costeras del país, Petén y otras regiones corresponden a la zona A5, y departamentos con mayor altitud como San Marcos, Quetzaltenango, Sololá y Totonicapán corresponden a la zona B1.
2. La creación de estándares de consumo de energía térmica en edificaciones, como parte de la normativa para el territorio guatemalteco, permite reducir el consumo de energía, lo cual abarata el costo que tiene el uso de sistemas de climatización, disminuyendo la producción de CO₂, sin descuidar el confort térmico que demanda el usuario dentro de las edificaciones, y para ciertos sectores del país permite aumentar el nivel de vida que se tiene actualmente.
3. Variaciones en la topografía y el clima tropical que caracteriza el territorio nacional conlleva a que las edificaciones consideren la propuesta del uso de aislamiento térmico en los diferentes cerramientos de sus edificaciones (para invierno), disminuyendo de esa forma el proceso de transmisión de calor que allí genera. La inversión de esta opción presenta un tiempo de recuperación de entre 5 y 10 años, que representa un tiempo mínimo en comparación con la vida útil de cualquier edificación.

Desde el punto de vista de calentamiento (verano) se proponen opciones como la construcción de voladizos en ventanas, siembra de árboles cercanos a la edificación, entre otras que no afectan a la opción inicial, que contribuyan a la filtración de la radiación solar a través de los cerramientos, presentando costos mínimos de inversión.

4. Guatemala al presentar una severidad climática de invierno relativamente inferior, en comparación con otros países del globo terráqueo, no demanda sistemas de refrigeración que equilibren el estado térmico dentro de las edificaciones, pero para departamentos con SCI de clasificación B se debe considerar la utilización de estos sistemas. Un mayor desequilibrio se presenta en la severidad climática de verano, demandando sistemas refrigeración los departamentos con una clasificación de SCV mayor a 2, y para cada de las consideraciones antes mencionadas se aclara que el uso de los sistemas de climatización depende mucho del nivel de vida que tengan los usuarios de las edificaciones.

5. Son cinco las divisiones que identifican las zonas climáticas (I, II,..), para la radiación solar global del espacio guatemalteco, la cual aumenta de acuerdo a su numeración, presentado una mayor radiación el área costera y occidente del país (zona V), como de forma opuesta los departamentos de San Marcos y Alta Verapaz (zona I y II), son las que presentan los valores mas pequeños en comparación al resto de valores de radiación del país. Con las divisiones antes mencionadas se especifica el porcentaje de demanda que ACS, que debe ser producida con sistemas domésticos solares, donde dichos porcentajes oscilan entre el 30% y el 70%, variando de acuerdo al sistema auxiliar que se utilice (efecto joule y/o general).

6. Con la utilización de equipos solares domésticos, se logra reducir entre el 70 y 95% del costo de la energía utilizada para la producción de ACS en edificaciones, oscilando los tiempos de recuperación de inversión entre los 3 y los 7 años, siendo valores relativamente pequeños al comparar el tiempo de vida que tiene una edificación en Guatemala.

RECOMENDACIONES

1. La utilización de una base de datos de mayor amplitud, siendo una posibilidad la asociación con el INSIVUMEH, para los cálculos de severidad climática de verano e invierno, que abarque a todos los municipios de cada uno de los departamentos de la República de Guatemala, obteniendo de esa forma valores de mayor precisión para los propietarios de las edificaciones en el área rural del país.
2. Realizar pruebas experimentales en edificaciones (inicialmente con casas residenciales) guatemaltecas, que proporcionen una base de datos de costos de energía y de ahorro, para tener una base más, sobre los beneficios que se pueden alcanzar con la implementación de este tipo de normativas en el país.
3. Planificar proyectos que involucren la implementación de normativas energéticas a nivel Centroamericano, tratando de integrar conocimientos sobre la utilización de energías renovables que existan en común con estos países vecinos, debido a las situaciones meteorológicas similares que existen entre cada uno de estos países

BIBLIOGRAFÍA

1. Fernández Salgado, José, Gallardo Rodríguez, Vicente. Energía solar térmica en la edificación. España: E. AMV Ediciones. 2004.
2. Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda del Ministerio de Vivienda, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc). Código técnico de la edificación. España. 2006.
3. Organismos Implicados: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), Ministerio de Industria y Energía (de España), asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR). Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE). España. 1998
4. Organismos Implicados: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), Ministerio de Industria y Energía (de España), asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) Comentarios al reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. España. 1998.
5. García Gandara, Manuel, Aroca Lastra, Santiago. Calefacción y agua caliente. España: E. AMU Ediciones. 1991.
6. Arizmendi, Luís Jesús. Cálculo y Normativa Básica de las instalaciones en los edificios (Tomo 1). España: E. EUNSA. e. 5^a. 1995.

APÉNDICE

APÉNDICE A

A1. Base de datos para el cálculo de Severidad Climática

TEMPERATURA (°C)

El siguiente ejemplo corresponde a la Temperatura Media, en grados Celsius, de la Ciudad Capital de Guatemala, cuyos datos provienen de la estación meteorológica del INSIVUMEH.

Tabla L: Temperatura de la Ciudad Capital de Guatemala

Temeratura Media (°C) Ciudad de Guatemala												
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	17.6	18.2	19.2	20.6	21.4	20.6	20.4	20.5	20.1	19.8	18.6	18.2
1991	18.4	18.8	21	21.8	21.5	20.6	20.3	20.6	20.1	19.6	18.4	17.9
1992	18.8	19.1	20.6	20.7	20.7	20.4	19.7	20	19.6	19.5	19.6	18.2
1993	18.4	18.7	19.7	21.2	21.8	20.4	20.2	19.6	19.7	19.5	18.1	17.5
1994	17.5	18.8	19.5	20.5	20.8	19.7	20	19.4	19.3	20	19.6	18.5
1995	18	19.4	20.5	19.4	21.5	20.6	20.1	20.3	19.4	19	18.7	18.4
1996	17	18.2	18.9	20.8	20.5	20.1	19.5	19.9	20	19.8	18.5	18.4
1997	15.5	19.4	20.5	21.6	20.7	20.5	20	20.7	19.3	20	19.9	18.3
1998	19.8	20.3	20.7	22.2	22.5	20.3	20.9	20.8	19.6	21.5	19	18.1
1999	17.4	17.3	19.6	20.9	20.7	19	19	19.3	18.4	18.4	17.3	17.8
2000	18	18.6	19.6	23.6	19.9	19.2	20.1	19.7	19.5	18.8	19.3	16
2001	16.8	18.1	19.2	20.3	20.4	19.5	20.1	19.9	19.2	19	17.3	18.3
2002	17.3	18.6	18.6	19.8	20.3	20.1	21	19.6	18.9	18.5	17.1	17.9
2003	16.8	17.8	24.8	20.6	20.7	19.1	20.3	20	19.7	20.2	19.2	17.5

Temperatura media en grados Celcius

A continuación se presenta la base de datos de la temperatura, especificando en cada tabla el departamento al que corresponde la información, con el formato indicado en el cuadro anterior, clasificando dichos departamentos en centro, norte, sur, oriente, occidente y Peten.

**Tabla a1-1. Temperatura Media (Grados Celsius) de los Departamentos
de la Republica de Guatemala**

REGIÓN CENTRAL

CHIMALTENANGO 1 (san martin jilotepeque)												
días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	16.6	17.3	18.5	19.7	20.4	19	18.5	18.8	18.5	17.9	16.8	16.4
1991	17.1	17.7	20.1	21.5	20.2	19.7	19.1	19	18.7	18	16.7	16.4
1992	17	18	19.8	20.2	19.5	19.9	18.4	18.6	18.4	17.9	17.5	16.5
1993	16.6	17.9	19	20.4	20.3	19	18.6	18.5	18.4	18.3	17	16.3
1994	16.4	17.5	19.4	20.4	20	19.3	19.3	18.9	18.7	18.4	17.5	16.6
1995	17	18.1	19.7	20.2	20.5	20	19	19.4	18.7	18.4	17.4	17
1996	15.8	17.1	18.5	19.5	19.3	19.6	18.9	18.6	19.4	18.4	17	16.6
1997	16.9	17.8	18.9	20.5	20.2	19.1	19.5	19.3	18.8	18.5	18.2	16.8
1998	18.2	19.3	19.5	21.3	21.1	20.4	18.8				16.8	16.1
1999	16	16.2	18.5	19.9	20.2	18.6	18.4	19	17.9	17.5	16	16.3
2000	15.4	16.4	18.8	20.2	18.9	18.3	19	18.7	18.8	17.3	18	15.8
2001	15.7	17	18.8	20	20.1	19.3	19.5	19.3	18.9	18.6	17.5	17.2
2002	17.3	17.8	19.3	19.6	19.5	19.6	19.3	19.5	19.1	18.8	17.3	17.9
2003	16.2	18.2	20.1	21	21.3	19.8	19.6					

CHIMALTENANGO 2 (Balanya)												
días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	16.3	16.5	17.5	18.7	19.2	20.7	20.7	20.9	21.4	20.6	15.4	14.6
1991	15.3	15.5	17.2	18	17.9	17.5	17	17	17.5	17.1	15.6	15.2
1992	15.8	15.7	16.8	17.7	17.5	17.4	16.7	17.1	16.8	16.8	16.7	15.5
1993	14.4	15.5	16.3	17.6	18.1	16.9	17.1	17.1	16.9	16.9	15.8	15
1994	14.2	15	16.5	17.6	17.7	17.2	17.5	17.2	17.1	16.8	15.9	15
1995	14.5	15.6	16.2	17.5	17.7	17.7	17.5	17	16.7	16.7	16.4	15.9
1996	14.5	13.9	15.9	17.2	17.2	17.5	17.1	16.8	17.7	16.7	15.6	17.3
1997	-	15.7	17.1	18.7	18.2	17.4	17.7	17.6	17	16.5	16.1	15.3
1998	16.1	16.6	16.9	16.6	18.7	18.3	16.8	17.8	16.9	16.7	16.1	15.4
1999	14.3	14.2	16.9	18.3	18	16.6	16.4	16.8	16	15.8	14.4	14.3
2000	13.8	14.5	16.4	17.5	16.7	16.7	16.8	16.7	16.3	15.7	16.3	14.1
2001	14	15	15.5	17.6	17.4	16.8	16.7	16.9	16.3	16.7	15.5	15.4
2002	15.3	15.8	16.8	18.6	18.2	17.4	17.2	17.5	16.9	17.2	15.9	16.1
2003	14.6	16.2	17.2	18.8	18.9	17.7	17.5	17.3				

Continúa

SACATEPEQUEZ												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1997				22	19.6	20	20.4	19.6				20
1998	21	21.2	21	23	20	18.1	18.7	18	16.1	14.5	15	14.3
1999	12	20.1	20.5	21.6	20.9	18.6	18.2	19.3	18.5	17.2	16.5	20.2
2000	19.1	19.7	21.2	21.5	21.1	20.5	20	21.7	20		17.8	17.2
2001	18.5		20.1	20.7	19.8	19.6	19.2	18.3	18.1	18	18.3	19.1
2002	18.9	18.4	18.6	20.2	18.3	18.4	18.7	18.8	18.6	19.6	17.3	17.1
2003	17.5	18	20.5	21.1								

EL PROGRESO (Morazan)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	26	27.1	28.1	29.7	30.6	28.4	28.6	28.6	26.9	27.1	26.3	25.8
1991	26.6	25.3	30.7	31.8	30.4	28.1	28.6	29.1	27.5	27.3	26	25.7
1992	26.3	27.4	29.5	29.4	28.6	28.1	27.9	28.1	28.2	27.1	27.6	25.4
1993	26.3	27.5	28.2	29.7	30.5	28.8	27.9	27.9	27.5	27.9	26.2	26.1
1994	24.4	28.4	29.2	30.3	30	28.4	29.3	28.3	27.9	28.3	27.1	26
1995	27	27	29.4	30	30.8	29.2	28.3	28.3	27.3	26.6	26.2	26.3
1996	25.7	26.7	27.9	29.4	28.4	28.9	28	26.5	29	27.7	25.5	25.8
1997	26.6	27.1	29	31.2	31.4	28.8	28.8	29.2	28.4	27.4	27.8	26.8
1998	27.6	29.2	29.4	31	31	29.1	28.3	29.1	20.3	28.4	26	26.3
1999	25.7	26.8	28.1	30.5	31	28.6	27.8	28.3	27.3	26.4	22.5	24.8
2000	25.1	27	29.4	30.3	28.8	27.4	28.9	28	27.7	26.8	27.6	24.2
2001	25.2	27.1	27.7	30.2	30.1	28.9	29.2	30	28.4	27.3	26.4	26.3
2002	26.2	26.8	29.4	30.3	30.7	29.9	29.6	29.4	28.5	28.4	26.9	27.2
2003	24.9	28.5	30.7	39.9	31.4		29.3	29.4				

EL PROGRESO (Albores)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1994	16	16.5	18.5	19.4	19.7	18.7	18.5	18.7	18.1	18.4	17.8	15.5
1995	16.5	16	18.6	19.9	19.9	19.3	17.9	18.8	17.7	17.8	16.3	15.5
1996	15.5	15.7	16.9	18.9	18.1	18.3	17.6	17.7	18.6	17.2	15	15
1997	17.1	17.1	17.9	19.7	19	21	18	18.4	18.5	17.1	16.8	16.5
1998	17.2	18.1	17.8	19.3	20.1	19.1	17.8	15.2	16	15.5	14	14.5
1999	15.1	15.5	17	18.7	18.4	16.9	17.4	17.5	16.5	15.1	13.1	12.9
2000	12.6	14.1	17.2	16	15.3	16.5	17	16.1	15.9	14.1	13.6	14.8
2001	16.1	18.8	19.5	21.1	21.7	21	20.7	21.1	20.9	20.4	19.1	
2002	17.9	18.3	20.8	22.3	22.3	21.5						

Continúa

REGIÓN NORTE

ALTA VERAPAZ (Coban)												
días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	15.7	16.6	17.5	18.9	20.5	19.6	20.4	18.9	19.2	18.3	16.9	15.9
1991	16.1	16.3	19.4	20.5	19.9	20.4	20.8	19.8	19.3	18.4	16.6	17.3
1992	17.2	17.4	19.7	20.6	19.9	20.9	19.7	20.1	19.4	19.4	18.6	17.3
1993	17	16.1	18.7	20.6	21.3	21.5	19.1	18.8	20.1	17.7	16.1	17
1994	16.7	16	17.8	20.2	19.7	19.9	18.9	19.9	19.3	19.5	18.2	16
1995	14.7	16.7	17.7	20.2	22.7	20.7	20	22	20.6	*****	*****	*****
1996	15.5	15.7	17.4	19	21	20.4	18.8	19.5	19.9	18.8	19.2	16.7
1997	16.4	17.3	18.1	19.8	19.4	20	19.6	19.3	20.6	19.9	18.9	18
1998	17.5	20.1	19.4	22.1	20.7	21.9	20.5	19.2	20.4	18.4	18.6	17
1999	16.7	17	18.6	21.3	21.9	20.7	20.4	20.6	20.6	19.2	15.8	16.1
2000	15.9	16.4	19.5	20.1	21.2	20.2	20.3	20.1	20.8	18.7	19.7	16.6
2001	16.3	17.4	19	20.3	21.3	20.9	20.9	21.1	19.3	19.3	17.8	17.5
2002	17.2	17.4	18.6	20	20.4	21.5	20.6	20.5	21.4	19.8	17.9	17.7
2003	15.3	18.3	20.4	21.2	22.4	22.1	20.8		20.5	20.3	18.1	15.7
2004	17.2	18.3	18.4									

BAJA VERAPAZ (San Jeronimo)												
días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	20.1	21.3	21.9	24	24.6	22.7	23.1	22.5	22.6	21.6	20.5	19.9
1991	21.3	20.7	23.5	25.9	24.4	24.6	23.3	23.3	22.5	22	19.3	18.5
1992	20.4	21.4	22.1	24	23.2	23.5	21.8	22.9	22.8	22.7	22.3	20.7
1993	21	21.5	22.6	22.4	24.7	23.2	23.3	22.5	22.7	23.4	18.5	17.5
1994	20.7	20.9	21.4	23.9	24.3	22	23.1	23.4	23	23.1	22	20.7
1995	18.6	19.3	20.7	22.1	22.3	22	20.6	20.6	23.4	23.1	20	19.6
1996	26.3	20.6	27.8	23.1	22	21.7	21.4		22.6	11.7	19.3	
1997	19	19.7	20.2	21.7	21	21	20.9	20.4	20.6	20.4	20	18.7
1998	20	22.3	22.8	24.1	24	23.4	22.6	22.6	23	21.4	20.3	20.9
1999	19.3	20.1	21.3	23.5	23.4	22.5	21.6	22.1	21.9	21	18.4	19.2
2000	18.9	19.5	19.5	19.3	18.5	17.6	17.2	18.1	18.9	17.4	17.5	15.7
2001	18.3	16.8	18	18.9	19.2	18.9	18.6	18.6	18.7	17.8	17.3	17.1
2002	17	17.2	18.9	19.9	19.5	20	18.7	19.3	19.5	18.8	18.6	19.5
2003	18.6	20.7	22.5	21.6	23.3	22.3						

Continúa

IZABAL (Las Vegas)												
días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	25.4	25.6	26.3	28.7	29.6	28.3	28.5	27.9	28.2	27.9	25.3	25.3
1991	26.1	25.7	28.5	29.4	29.5	29.2	28.6	26.6	28.2	27.8	25.7	25.2
1992	25.6	26.3	27.7	29.1	28	28.6	28.1	28.1	28	27.2	26.5	25.2
1993	25.6	25.8	26.5	28.4	29.4	29.3	28.1	27.8	28.4	27.9	26.7	25.5
1994	25	26.1	27.7	27.9	29.6	28.6	29.2	28.7	28	29.1	26	26.5
1995	25.9	25	25.4	30.6	32.1	29	28.7	28.7	28.4	28.9	26.8	26
1996	24.9	25.5	26.8	29.1	29.4	29.5	29.3	29.2	30	28.5	25.8	25.7
1997	26	26.4	28	31	29.6	28.2	28.5	29	29.5	29.4	27.6	27.1
1998	26.7	28.9	28.2	29.3	31.3	30.9	29.3	28.2	31.8	29.3	27.6	25.1
1999	25.3	25.2	28.1	29.8	30	29.4	28.7	29	28.8	28.4	25.6	25.5
2000	25.2	25.6	28.2	29.4	28.9	28.5	28.5	29.3	28.4			24.9
2001	24.5	24.8	27.4	28.6	29.1	29	28.9	29	29	26.5	25.6	
2002	25	25	26.5	28.2	27.9	29.3		28.4	29.6	27.9	25.7	
2003	24.1	26.3	28.2	27.8	28.7	29.8	28.1	28.4	29.7	28.1		

IZABAL (Puerto Barrios)												
días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	24.5	24.8	25.2	27.2	28.6	27.9	27.6	27.7	27.1	26.6	24.7	23.7
1991	24.6	23.7	26.7	27.6	27.7	28.9	28.4	27.8	26.9	26.7	23.9	24.1
1992	23.8	24.4	25.4	27.7	27	28.6	28	27.8	27.4	27	26.4	24.2
1993	24.8	25	25.4	26.3	28	28.5	27.7	27.4	27.6	27.6	27.1	23.8
1994	24.1	25.3	26.2	28	28.6	28.6	28.1	27.1	27.1	27.8	25.6	24.4
1995	24.5	24.4	26.2	28.5	29.8	29	28.4	28.9	28	27.4	25.7	24.8
1996	23.4	23.7	25	27.3	27.6		27.9	27.7	28.6	24.3	24.3	24.1
1997	24.1	25	26.9	28.5	28	28.6	27.8	27.6	29.1	26.1		24.5
1998	25.1	25.8	24.4	27.3	28.6	30.1	28.2	27.7	29.6	26.8	25.5	24
1999	23.4	24.3	25.5	27.6	28.9	27.9	27.3	28.1	27.6	26.9	24.2	23.3
2000	23.1	23.6	25.8	27.1	27.6	27.6	27.8	27.4	28	25.4	25.7	23.4
2001	23	25.3	25.5	27.3	27.7	28.8	28.2	28.2	27.8	26.6	24.7	24.3
2002	24.2	24.3	25.9	27.3	28.6	28.8	28	28.2	28.6	27.5	25.1	24.4
2003	21.9	25.5	27.6	27	29.1	29.5	27.9	27.7	28.6	27		

Continúa

ALTA VERAPAZ (Cahabon)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	21.6	22.6	23.4	26	27.9	26.9	26.9	25.7	26	25.2	22.6	22.1
1991	22.5	22.8	22.3	29	26.8	25.4	26.3	24	23.6	23	23	22.9
1992	23.1	23.7	25.4	27.2	23.1	27.7	26	26.2	25.5	25	20.8	24.4
1993	23.5	20.4	25.2	24.1	23.8	27.5	21.9	22.5	22.6	21.7	19.9	18.7
1994	19.8	24.1	25.4	27	27.5	26.9	26	26.5	25	26.2	19.7	19.7
1995	23.1	23.6	26	27.8	29	29	25.4	23.2	27	26.4	24	23.6
1996	21.8	23	24.1	26.8	27	27.1	27.8	26.8	26	26.5	24	24.1
1997	24.3	24.4	26.3	29.6	28.7	29	27.1	27.3	28	26.7	25.2	24
1998	24.4	26.3	25.8	28.8	29.1	28.2	***	***	***	26.3	***	***
1999	23	23.6	24.8	28.8	29.5	28.1	26.4	27.6	27.1	25.5	22.5	22.3
2000	22.5	22.8	26.6	27.3	27.5	26.2	26.4	25.8	27	24.4	25.1	21.7
2001	29.2	23.8	25.2	26.9	27.3	26.8	26.6	26.3	26.4	25.4	24	23.5
2002	30.2	22.5	31.7	26.6	27.1	27.4	34.2	26.6	27.9	26.2	24.6	23.8
2003	21.2	24.9	26.7	26.7	27.6	28	26.4	26.8	27.4	25.9	24.9	23.1
2004	22.2	24	24.5									

REGIÓN OCCIDENTE

HUEHUETENANGO (Todo Santos)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	10.9	12.5	12.8	13.1	14.6	13.9	13.6	13.2	13.9	12.3	12.6	11.5
1991	11.5	12.1	15	15	16.6	15.2	14.8	14.3	13.9	13	11.4	11.2
1992	11.9	13.6	15.1	15.3	15.6	15.2	14.6	14.3	13.7	12.6	12.0	11.9
1993		13.4	14.1	15.7	15.3	14.9	14.8	13.9	14	13.9	13.5	13
1994	12.7	13.2	15.2	16	15.9	15.2	14.9	15.3	14.7	14.9	13.9	
1995		15.1	14.6	15	15	15	14.7	14.6	14.2	14.6	14.1	13
1996	12	12.5	14.2	14	14.4	14.1	13.8	14	14	13.6	12.6	12.9
1997	12.7	15	14.2	15	14.3	14	13	14	14	14	15	15
1998	14	16	16	16	16	16	16	15.7	16	15	15	15
1999	14	14.2	15.6	16	15.4	16	14	14	14.5	14	12.5	13.1
2000	13.7	12.6	15.4	15.1	16	15.1	14.8	14	14.7	13.7	13.1	-----
2001	14.7	14.6	14.6	15.4	15	16	15	15	15	14	13	14
2002	14	-----	-----	26.5	14.2	13.4	14.5	14.5	14.2	13.8	12.5	12.3
2003	10.8	13.1	13.9	15.7	15.2	15.4	14.7	14.4	14.9	13.8	13.2	11

Continúa

HUEHUETENANGO (huehuetenango)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	15	17	18	17.7	18.2	18	16.7	17.9	16.9	17.6	15.8	15.4
1991	15.1	17.6	18.3	19.1	18.4	18.6	18.5	17.9	18.9	16.5	16.7	14.8
1992	16.5	17.8	19.8	19.8	18	18.6	18.9	19.3	18.8	17.5	17.6	16.8
1993	15.9	17	17.7	18.7	18.3	18.1	19	17.1	17.6	17.5	15.7	14.3
1994		15.8	19.3	20.3	20.5	19	19.1	19.2	18.9	17.6	16.4	15.4
1995	15	15.7	17.6	18.1	18.5	18.4	18	18.1	18.6	17.2	16.3	15.4
1996	14.1	15.1	17.3	18.2	19.2	18.3	17.6	17.4	18.2	17.4	15.3	14.7
1997	14.5	16.1	19.2	23.2	20.7	18.5	18.2	17.9	17.9	17.2	17.5	15.3
1998	17.4	18.4	23.3	21.4	18.9	19.4	17.9	18.8	19.6	18.1	17.1	15.8
1999	16.2	16.4	18.4	21.1	20.4	18.8	18.6	19.1	18.4	17.4	15.7	15.2
2000	15.3	15.6	16.8	19.2	19.8	19	17.4	18.8	17.1	17.3	15.8	15.2
2001	16.2	16.8	18.5	20	19.9	18.3	19.3	19.1	18.8	18.3	17.2	16.8
2002	17.1	17.8	19.7	19.6	20.2	19.9	19.4	19.4	19.2	18.8	17.2	17.2
2003	16.3	18.1	20	20.6	21.2	19.9	19.7	19.7	19.9	18.9	18	15.6

HUEHUETENANGO (Cuilco)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	22	22.9	24.3	25	25.6	26.1	24.1	23.3	23.8	22.4	22.8	20.9
1991	22.4	23	25.7	26.9	25.5	24.4	24.6	23.9	22.6	22.4	21.7	21.8
1992	21.8	22.5	25.6	26.3	26.2	24.2	23.6	23.2	23.2	22.4	23.3	22.3
1993	22	23.4	24.5	26.3	26.3	24.3	23.6	23.1	**	22.5	22.2	22.6
1994	22.1	23.7	25	25.3	26.4	23.9	24.4	22.9	22.8	23.6	23.1	22.9
1995	22.2	27.1	24.3	24.6	25	24.2	23.6	23.6	22.5	22.1	23.1	22
1996	21	22.4	23.5	25	24.4	23	22.8	27.9	23.2	23.2	23.1	21.5
1997	21.9	23.3	24.2	25.3	25.3	24.2	24.1	23.9	23.3	22.5	22.8	21
1998	22.6	23	24.4	25.7	26.3	26	24	24	23	23.1	22.1	21.1
1999	21.6	22	25	26.1	25.4	23.2	22.5	23.3	22.5	21.9	20.3	19.6
2000	20.1	22.1	24.6	25.6	23.7	22.3	23.8	23	22.5	22.3	24	21.2
2001	21.1	23.2	24.2	26.4	27.2	24.3	24	23.6	22.8	22.9	22.6	22.1
2002	22.3	22.7	25	**	**	23.5	24.6	24.7	23.5	23.8	**	22.5
2003	21.2	23.8	25	**	26	24.3	24	23.6	23.6			

Continúa

QUICHE (Chinique)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	15.6	17.3	18.2	19	20.2	18.2	18	18.5	18.5	18.3	17.4	17.2
1991	16.7	16.5	19.1	19.8	19.5	19	18.2	18	17.5	18	17.1	16.3
1992	17.5	18	17.4	19.5	19.6	19.8	19.1	19.1	18.3	18.2	18.6	17.4
1993			18.7	18.3	18.6	17.6	18.1	17.8	18.7	17.9	17.5	16.8
1994	17.4	17.8	18	18.7	19.2	18.4	18.6	18.4	18.1	18.4	17.4	17.7
1995	16.8	17.1	18.4	18.3	18.9	19	18.2	18.1	18.5	17.4	18.3	18.7
1996	16.7	17.8	18.8	18.9	19	17.9	17.6	18.2	18.8	18.8	18.2	17.7
1997	17.9	17.8	18.3	19.2	19.4	17.6	19.3	17.8	18.2	18.9	17.5	17.8
1998	18.9	17.9	19.2	19.8	19.5	19.4	18.3	18.3	19.1	19.2	18	18.7
1999	18	18	17.6	20.1	20.7	19.6	18.5	18.4	18.1	18.5	18.7	17.3
2000	17	16.9	18.9	19	18.3	18.4	18.1	17.2	18.3	17.8	17.2	14.4
2001	14.4	15.9	18.4	19	19	18.4	18	18.7	17.8	17.6		
2002		16.8	18.2	24.2	17.6	18	16.5	16.8	21.5	15.7	11.1	14.3
2003		16.7	22.4	19								

QUICHE (Chuitinamit)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	21.9	22.8	24	24.1	25.5	23.9	23.1	23.9	23.8	23.5	23.2	21.7
1991	22.4	22.3	24.2	25.9	25.6	25.1		23.7	23.2	22.5	21.9	20.8
1992	22.3	23	24	24.8	23.7	23.9	23	23.8	23	22.7	22.5	21
1993	20.9	22.2	23.6	25	25.1	24	23	23	22.7	22.4	21	20.3
1994	20.2	21.3	23.1	24	24	23	23	23.1	22.4	23	22	22
1995	20.8	22	23.3	23.6	24.8	23.7	23.2	22.9	22.7	22.5	21.3	20.7
1996	21.3	21.5	22.8	24.3	23.6	23.2	22.3	21.7	23.2	22.4	20.4	20.3
1997	20.5	21.6	22.9	24.4	29	23	22.6	22.6	22.7	22	22.1	20.5
1998	22	22.5	24	26.3	25.1	24.4	22.4	24	23.3	22.3	21	25.5
1999	20	21	22.1	24.9	24.9	22.9	21.6	23	22.2	21	19	19.4
2000	19.4	26.4	22.7	23.3	23.2	21.7	22.1	22.1	22.4	21.1	21.6	18.9
2001	19.6	20.9	22.5	24.4	24.3	22.7	22.9	23.1	22.2	21.8	20.4	21.2
2002	20.9	21.6	23.5		23.9	23.6	23.2	23.2	22.5	22.4	21	21.5
2003	20	22.4	24.2									

Continúa

QUICHE (Nebaj)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	14.2	14.9	16	17.4	18.6	17.5	16.7	16.6	17.1	16.2	15.3	15
1991	14.9	14.7	18.3	19.2	18.5	18.4	16.9	16.9	17	16.6	14.8	14.5
1992	14.6	15.3	16.8	17.9	16.8	18	16.5	16.6	16.6	16.3	15.9	14.8
1993	14.2	14.9	16.1	18.5	18.6	17.8	17.1	16.6	17	16.5	14.9	13.9
1994	14.4	15	16.7	17.5	18.2	17.6	17.1	17	17	17	16.6	14.8
1995	14.5	15.4	16.9	18.5	19	18.4	17.5	17.9	17.4	17.3	16.1	
1996	14.1	14.6	15.9	18	17.8	18	16.9	17.2	17.3	17	14.7	14.7
1997	14.6	15.1	16.6	18.2	18.4	17.7	17.4	16.9	17.5	17.4	16.7	15
1998	15.9	17.2	17	19.2	18.2	18.2	17.4	18.1	18.6	17.2	15.1	14.3
1999	14	14	16.2	18	18.8	17.6	17.2	17.4	17.5	16.5	13.8	13.8
2000	13.1	13.6	16.4	16.5	16.8	15.9	15.5	16	17	14.8	15.6	12.8
2001	13.2	13.4	16	16.7	17.3	16.8	16.3	16.7		15.5	14.3	14.7
2002	14.2	14.2	15.9	16.7	16.8	16.8	16.5	16.1	17.3	16.4		15.8
2003	13.4	15.8	17.5	18.7								

QUICHE (Chixoy Quiche)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	23.8	23.7	24.2	26.7	27.4	26.2	26.1	25.8	25.9	25.6	23.5	23
1991	23.9	23.5	26.2	27.5	27.5	27	25.8	25.6	25.7	24.8	22.6	22.6
1992	23	23.6	25.7	26.7	25.8	26	25.1	25.5	25.2	24.5	24.5	22.8
1993	23	23.8	25.5	26.8	26.9	26.3	25.1	24.5	25.2	25	23.5	23
1994	22.2	24.2	25.6	27	27.4	26.1	24.9	26.2	26	26.1	24.4	23.3
1995	23.4	23.5	25.8	26.9	28.2	26.7	25.8	26.7	26	24.8	24.4	23.8
1996	21.9	23.5	24.8	26.4	26.6	26.5	24.8	36.1	26.8	25	22.5	23.3
1997	23.1	23.8	25.9	27.6	26.6	26.8	26.2	26.1	26.6	25.5	24.8	23.4
1998	24.5	26.1	25.4	28.3	27.9	27.9	26.1	23.4	27	25.6	24.1	22
1999	22.6	24.1	24.5	27.3	28.2	26.4	25.3	26.2	24.8	24.9	22.1	22.8
2000	22.7	22.8	26	26.6	26.5	25	25.5	26	25.8	23.8	24.9	21.2
2001	21.9	22.8	24.7	26.6	26.8	26	25.7	26.1	26.2	25.1	23.4	23.2
2002	22.5	23.2	25.2	26.7	25.9	26.5	25.5	25.7	26.4	25.1	23.2	22.8
2003	20.9	24.3	26.1	27.5								

Continúa

RETALHULEU												
días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1991	27.3	27.7	28.3		27.9	27.9	27.6	27.4	26.7	26.4	27.1	26.7
1992	27	27.5	28.7	29	28.5	27.5	27.2	27.5	26.3	26.8	27	27.2
1993	27.1	27.6	28.4		28.2	27.2	27.5	26.8	26.3	27	27.3	27.2
1994	27.1	27.7	28.2	29	28	27.4	27.6	27.2	26.5	26.5	26.7	26.2
1995	26.2	27.5	28.7	28	27	27.3	27	26.5	26.3	26.3	26.4	27.1
1996	26.5	28.5	27.6	28.3	27	27.1	26.7	27	26.7	26.5	26.6	26.7
1997	26.8	27.9	28.2	28.2	28.7	27.3	28	28.1	26.8	26.9	26.9	26.9
1998	27.5	27.6	28.6	30.1	30.1	28.2	27.1	26.4	26.3	27	26	27
1999	27.1	27.1	28	28.7	27.8	26.4	26.9	26.8	25.5	25.9	26.4	26.2
2000	26.4	26.8	27.8	28.5	27	26.9	27.2	27.3	26.2	26.7	27.2	0
2001	26.6	27.7	27.2	28.6	28.3	27.3	27.3	27.6		26.5	26.5	26.8
2002	26.9	27.6	28.2	28.1	27.7	26.9	27.1	27	26	26.5	26.5	26.7
2003	27	27.8	28.5	28.7	27.6	26.4	26.9	26.8	26.4			

SAN MARCOS (San Marcos)												
días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	12.5	11.5	12.3	13.3	13.7	15.1	14.6	14.9	13.6	12.3	12.9	12.9
1991	11.9	12.9	12.1	14.4	15	14.7	14.8	13.7	14.6	12.5	13.6	12
1992	11.5	11.7	13.9	15.7	15.4	15.3	15	14	--	14.2	13.2	12.8
1993	11.5	11.6	12.8	14	14.7	14.5	14.7	13.9	13.9	13.8	13.9	12.5
1994	11.7	11.7	13.9	14.3	14.9	14.3	15.3	14.4	14.7	14.2	14.2	13.1
1995	12.2	13.3	13.5	14.6	14.7	14.9	14.8	14.3	14	13.8	13.7	12.8
1996	11.9	11.7	12.4	14	14.4	14.4	14.5	14.6	14.1	13.9	--	13.4
1997	12	13	13	14.2	14.7	13.9	15.2	15.3	--	14	14.5	13.3
1998	13.5	13.1	15.1	15.2	15.2	14.2	14.3	14.3	13	14.6	13.8	--
1999	12.4	11.6	13.2	14.2	14.5	14.4	14.9	15	14.1	14.4	13.8	--
2000	12.1	11.3	12.4	13.3	13.3	14.7	15.2	--	14.4	13.8	13.7	13.4
2001	23.3	14.6	14.3	14.6	15.3	-----	15.2	15.8	13.8	15.1	13.5	13.3
2002	13.3	14.1	15.7	16.7	14.4	14.6	15.4	-----	14.4	14	14.2	20.4
2003	12.7											

Continúa

SAN MARCOS (Catarina)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	26.2	26.4	27.4	27.6	27.2	26.8	26.6	26.5	26.2	26	26.7	26.3
1991	26.3	27.2	28	28.3	27.9	26.9	27	26.7	26.5	26.1	26.4	26.3
1992	26.3	26.9	28.3	28.4	28.2	27.1	26.7	26.7	25.7	26.3	26.3	26.4
1993	26	26.7	27.3	28.5	28	26.8	26.1	25.8	25.8	26.1	26.5	26.4
1994	26.3	26.8	27.7	28.4	27.4	26.7	27.3	26.7	26.7	26.5	26.2	25.8
1995	26.3	26.6	27.3	28.7	27.4	26.7	26.5	26.4	25.6	26	*****	26.4
1996	25.8	27	27.2	27.5	26.8	26.5	26.5	26.3	26.4	26.2	26.5	26.2
1997	26.3	27.4	27.8	27.6	28.1	26.7	27.4	27.5	26.3	26.7	26.8	26.7
1998	27.1	27.3	29.1	29.8	29.8	27.5	26.7	26.5	26.2	26.5	25.9	25.9
1999	26.1	26.4	27.3	28	27.4	26.1	26.5	26.2	25.2	25.3	25.7	25
2000	25.2	25.8	27.1	27.6	26.9	26.6	26.7	27	26.1	26.1	26.5	25.7
2001	25.8	26.9	26.5	27.7	27.6	27	26.7	27.1	26.1	26.6	26.2	26
2002	26.3	27.1	27.5	27.4	28	26.9	*****	26.8	26.2	26.5	26.4	26.6
2003	26.8	27.5										

SOLOLA (Santiago Atitlan)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990							19.3	19.3	17.9	18.3	19.3	18.4
1991	18.5	18.5	18.4	19.9	20	19.5	20.9	17.6	18.7	17.7	17.9	18.2
1992	17.2	16.7	19.6	20.3	20	18.8	19.8	19.2	19	18.9	19.1	18.6
1993	17.6	16.6	18.8	20	20.1	19	20.4	19.3	18.6	19.3	19.6	18.6
1994	18.1	18.5	19	19.8	20	22.5	20.5	19.4	19.4	18.5	18.6	18.8
1995	17.4	18.1	18.5	19.6	19.5	19.4	19.8	19	18.4	18.5	20.4	18
1996	17	17.6	18.1	19.1	19.3	19.4	18.9	18.5	18.5	18.3	18.6	17.5
1997	16.6	18.7	18.6	18.2	19.4	19.1	20.9	20.2	18.4	18.1	18.7	18.7
1998	18	17	18.8	20.3	20.4	20	19.4	19.3	19.8	17.4	18.1	18
1999	18.1	16.8	17.9	21.6	19.7	19	19.5	18.7	18	17.7	18.1	17.2
2000	17.2	17.7	17.6	18.7	18.8	19.3	20.1	19.9	18.2	18.6	19	18.2
2001	16.8	18.7	17.7	19.8	19.6	20	20.5	20.2	18.3	19.3	24.9	18.6
2002	18.3	20.5	24	18.2	19.9	19.5	20.5	20	18.7	18.7	18.7	19.4
2003	19.1	18.6	18.6	19.7								

SOLOLA (El Tablon)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1994	12.9	13.3	14.4	14.8	15.6	14.7	15.3	15	14.8	14.8	14.8	14.4
1995	12.9	14.1	14.3	15.5	15.3	15.3	15.5	14.7	14.7	14.5	14.3	13.8
1996	12.4	12.6	13	14.5	15	15.3	15.1	15.3	15.4	14.8	13.9	13.2
1997	12.3	13.1	14.3	15.5	16	15.5	16	15.8	14.8	14.8	14.4	13.4
1998	13.8	13.8	15.1	16.2	16.3	15.8	15	16	14.5	15.3	14.4	13.5
1999	13.3	12.9	14.7	15.5	15.8	14.5	14.9	14.9	14.1	14	12.9	13
2000	12.3	12.7	14	15	14.7	14.8	15.1	15	14.3	14.4	14.5	13
2001	12.3	13.7	13.5	15.5	15.5	14.9	15.1	15.5	14.3	15.3	13.6	14
2002	13.6	14.2	14.3	15.8	16	15.4	15.8	15.8	14.6	15.1	14.3	

Continúa

REGIÓN ORIENTE

CHIQUIMULA (Camotan)												
días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	23.8	24.6	26	27.8	28.3	27	26.4	25.2	26	25.6	23.1	24.1
1991	25.3	24.3	27.4	29.5	27.3	27.5	26.4	26.7	26	25.4	24	23.5
1992	23	25.4	27	27.9	27.3	27.2	26.2	26.6	26.4	25.6	25.4	24.4
1993	23.5	24.9	26.2	28	28.7	26.9	26.5	25.6	25.8	25.6	24.3	23.7
1994	21.8	24.6	26.5	27.5	28.1	26.7	26.7	25.4	26.1	25	23.6	24.1
1995	24.4	23.1	26.8	28	27.5	27.6	25.7	27	25	25.8	24.6	24.8
1996	23.3	24.3	25.7	27.7	27.2	27.5	26.6	26.3	26.7	26	24	24.1
1997	24.7	25.3	27.3	29	29	27.1	26.6	27.5	26	20	26	25
1998	26	27	27.4	29.6	29.4	27.3	27.3	25.8	26.5	25.1	23.8	22.7
1999	23.8	23.9	25.7	28.8	27.9	26.4	26.3	26.6	24.8	24.3	23.3	22.9
2000	23.1	23.6	26.7	27.5	26.2	25.8	26.8	25.9	26.2	23.7	25.2	23
2001	23.2	26.3	26.3	27.7	27.8	26.6	27	27.2	26	25.4	24	24.2
2002	24.3	24.5	26.6	27.5	28	27.4	26.9	27.2	26.6	26.1	24.3	24.5
2003	22.2	26.1	28.1	27.8	28.7	27.1	26.6	27.1	26.5	25.9	24.3	22.4

CHIQUIMULA (Esquipulas)												
días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	21.5	20.1	20.8	23	22.9	21.8	22.5	21.8	21.2	21	19.4	19.1
1991	20.8	19.8	23.5	24.8	24.2	22.7	22.1	22.1	21.7	20.6	19.2	18.7
1992	20.5	20.5	22.3	21.9	21.3	22.1	21.7	21.9	22.5	21.1	19.7	18.5
1993	19.1	21.8	23.4	22	21.9	21.5	21.3	20.7	20.3	22.5	18.8	18.7
1994	21.7	23.3	22.9	25.3	25.3	24.4	23.4	23.5	23.8	22.8	21.5	20.3
1995	20.4	20.5	23.2	24.3	2.3	23.5	22.6	22.6	22.1	21.9	21	20.7
1996	19.6	20	22.2	23.5	23.6	23.7	23	22.8	22.9	22.1	20.1	19.8
1997	20.8	21	23.8	24.9	24.3	22.1	23.2	23.4	23.1	22.6	22.4	20.7
1998	21.7	23.3	22.9	25.3	25.3	24.4	23.4	23.5	23.8	22.8	21.5	20.3
1999	20.2	21.9	23.1	25.3	25	23.1	23.1	23.6	22.6	22	19.1	19
2000	18.8	19.9	23.3	23.8	23.8	22.7	23	22.7	22.8	21.3	21.8	19.3
2001	19.1	21.5	22.5	24.1	24.1	23.2	22.9	23.2	22.6	22.2	20.7	21.3
2002	20.8	21.2	22.6	24	23.9	23.6	23	23.2	22.9	22.4	20.7	20.5
2003	17.6	22.2	23.9	24	24.4	23.7	24.1					

Continúa

JALAPA												
días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	20.8	20.7	22.1	23.8	24.2	23.1	22.9	23.8	22.8	23	21.3	20.7
1991	20.9	21.1	24.3	25.1	24.1	23.7	23.3	23.4	23.4	22.6	21.2	20.9
1992	21.5	22.5	24.4	25.1	24.2	24.2	23	23.4	22.9	22.1	21.7	21.2
1993	21.4	21.9	23.7	25.3	25.7	23.9	23.7	23.4	22.3	23	22	21.2
1994	21	22.7	24.8	25.9	25.7	23.9	24.1	23.7	23.6	23.4	22.7	21.8
1995	21.7	22.2	23.8	25.2	25.4	24.6	23.6	23.7	23.1	22.6	22.3	21.7
1996	20.6	21.9	20.6	24.4	23.3	24.4	23.4	23.6	23.7	23	21.8	20.8
1997	21	23.1	24.2	25.7	25.8	23.7	24	24.5	23.6	22.6	23	20.1
1998	22.5	22.5	23.3	25.8	25.6	25.5	24	24.1	21.5	23.1	22.8	21.6
1999	22	22.2	24	25.4	25.5	23.9	23.8	24.3	23.2	23.1	22	21.8
2000	21	20.9	23.6	25.1	24.5	24.7	24.3	23.6	21.4	23.2	22.6	21.9
2001	20.2	22.3	21.5	25.1	25.4	23.4	25	24.9	23.1	20.5	22.4	22.1
2002	22.7	22	24.9	25.7	23.1	23.6	23.7	24.7	23.2	23.5	21.9	****

JUTIAPA (Montufar)												
días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	28.2	26.9	28.3	30	28	28.5	28.6	29.2	27.8	27.2	27.7	27.6
1991	28.4	28.8	29.1	30	29.6	28.8	29.8	29.2	29	27.9	28.7	29.4
1992	27.6	27.6	30.3	30.5	30.2	30.2	29.3	29.2	28.4	28.8	28.6	29.1
1993	28	28.2		30	29.2	28.5	29.8	29.3	27.7	28.7	29.3	29.1
1994	29.3	31.1	30.9	32.4	31.8	31.3	31.7	28	28.4	27.9	28.3	28.9
1995	28.4	29.4	29.6	29.2	29.1	28.1	28.1	28.1	29.1	27.5	28.8	28.3
1996	27.4	27.2	28.6	30.2	28.3	29.1	28.7	28.5	28.7	27.2	28.4	28.3
1997	26.7	29.5	30	30.4	30.6	29.5	30.5	30.6	28	28.7	28.8	27.1
1998	28.4	28.1	29.8	30.6	31.1	30.5	28.3					
2000	-----	-----	-----	-----	28.5	28.1	28.8	30	28.6	29.7	29.8	
2001	29.2	30.8	29.9	30.6	30.8	30.3	30	31	29	29		
2002	29	30	31	31	31	32	30	30	28	28	28	29
2003	30	30.2	30	32	31	29						

Continúa

JUTIAPA (Asuncion Mita)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	26.3	25.8	28.1	28.6	27	26.5	26.1	27.1	26.5	26.6	25.8	25.9
1991	26.6	26.5	28.2	29.3	27.7	27.2	27.6	27.3	27.1	26	25.7	25.6
1992	26	26.4	28.3	27.8	28.5	27.1	27	27.6	26.5	27.1	26.5	26.1
1993	26.4	27.8	28.1	29.4	28.8	27.1	27.6	26.3	26.1	26.7	26.4	26
1994	26.3	27.9	28.5	29.4	28.2	28.3	28.5	27.9	28.2	26	26.8	25.3
1995	25.2	26	27.5	28.4	27	27.6	26.7	25.9	25.4	25.7	25.8	25.8
1996	24.7	25.6	27.3	27.3	26.7	26.3	25.7	26.1	25.6	25.3	24.7	24.8
1997	24.8	25.9	27.6	28.5	28.1	25.7	27.5	27.2	26	25.6	26.3	25.7
1998	27	27.3	28.1	29.8	29.7	28.7	27.1	27.6	-----	-----	-----	-----
1999	26.1	-----	-----	29.5	29	26.1	27.1	27.1	25.4	23.2	25.1	25
2000	25.4	26.2	28.6	29.4	27.4	26.8	28.3	27.3	26	25.5	27.2	25.6
2001	25.3	27.9	27.7	29.5	28.6	27.8	26.6	28.2	26.1	26.8	25.6	-----
2002	26.5	27.1	28.4	29.3	29.4	27.5	28.1	29	26.3	26.8	26	26.7
2003	25	28.1										

ZACAPA (La Fragua)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	26.3	25.8	28.1	28.6	27	26.5	26.1	27.1	26.5	26.6	25.8	25.9
1991	26.6	26.5	28.2	29.3	27.7	27.2	27.6	27.3	27.1	26	25.7	25.6
1992	26	26.4	28.3	27.8	28.5	27.1	27	27.6	26.5	27.1	26.5	26.1
1993	26.4	27.8	28.1	29.4	28.8	27.1	27.6	26.3	26.1	26.7	26.4	26
1994	26.3	27.9	28.5	29.4	28.2	28.3	28.5	27.9	28.2	26	26.8	25.3
1995	25.2	26	27.5	28.4	27	27.6	26.7	25.9	25.4	25.7	25.8	25.8
1996	24.7	25.6	27.3	27.3	26.7	26.3	25.7	26.1	25.6	25.3	24.7	24.8
1997	24.8	25.9	27.6	28.5	28.1	25.7	27.5	27.2	26	25.6	26.3	25.7
1998	27	27.3	28.1	29.8	29.7	28.7	27.1	27.6				
1999	26.1			29.5	29	26.1	27.1	27.1	25.4	23.2	25.1	25
2000	25.4	26.2	28.6	29.4	27.4	26.8	28.3	27.3	26	25.5	27.2	25.6
2001	25.3	27.9	27.7	29.5	28.6	27.8	26.6	28.2	26.1	26.8	25.6	
2002	26.5	27.1	28.4	29.3	29.4	27.5	28.1	29	26.3	26.8	26	26.7
2003	25	28.1										

Continúa

ZACAPA (La Union)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	19.2	20.1	20.9	22.9	22.5	22.8	22.2	21.9	22	19.8	19.9	19.2
1991	20.2	19.6	21.7	25.5	23.8	23	22.3	22.4	22	21.5	19.4	19.3
1992	18.5	20.6	22.3	23.9	23.1	23.8	22.1	20.5	22.2	21.7	20.1	19.3
1993	19.7	20.9	21	23.8	24.7	23.4	22.1	21.7	22.1	22	20.2	19
1994	19.3	20.6	2.2	23.6	24.2	23.5	22.7	22.9	24.9	23	20.9	19.9
1995	20.1	19.9	23	24.9	26.3	25.2	22.8	24.1	22.8	22	20.4	20.2
1996	19.5	19.6	21.5	23.2	22.6	22.8	22.1	22.1	22	22.5	19.3	20.3
1997	20.8	21.2	22.7	23.2	23.3	23.4	24.5	24.9	25.1	21.4	21.7	21.5
1998	20.4	22.9	22.9	25.7	25.6	24.3	23.4	23.8	25.7	22.9	21.2	20.8
1999	20.6	20.3	22	21.1	****	23.9	23.5	24	23.6	24.2	19.3	19.1
2000	19.1	19.5	23.4	23.8	24.8	23	23.1	22.5	23.7	21.2	****	19.1
2001	18.9	20.2	20.1	23.8	24.4	23.3	22.6	23.5	23.6	22.2	20.5	20.3
2002	20.1	19.3	25.7	23.8	24.5	24.9	24	23.4	24.3	23.2	****	****

REGIÓN SUR

ESCUINTLA (Puerto San Jose)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	26.4	27.9	28.3	28.9	28.1	27.9	27	26.9	26.6	26.3	26.1	25.3
1991	24.9	25.4	26.8	28	28.6	27.7	27.9	27.4	27.6	27.5	26.7	25.8
1992	26.3	26.4	28	28.7	29	28.4	27.4	27.9	26.9	27.5	27.1	26.7
1993	25.8	26.1	27.7	29.1	28.8	27.8	28.3	27.8	27.1	27.4	26.7	26
1994	25.3	26.8	27.7	28.8	29	28.1	28.5	28	27.6	27.1	27	27.4
1995	26	27	27.5	27.1	28.9	28.1	27.7	27.3	27.2	26.8	27.3	26.6
1996	25.3	26.3	27	28.3	27.8	28	27.4	27.4	27.5	27.2	26.8	25.7
1997	26	26.9	28.4	28.4	29.1	28		28.5	27.5	26.5	27.4	27
1998	26.9	26.6	28.5	29	29.2		27.9	28	28	27.2	27	26.1
1999	26.2	26.3	27.5	28.2	28.5	27.8	27.6	27.6	26.3	26.2	25.9	25.2
2000	23.7	25.8	27.2	28.6	27.9	28.3	23.3	28.1	27.3	27	27.5	26.3
2001	25.2	27.3	27.4	29.2	29.1	28.4	28.4	28.7	27.3	27.7	27	26.7
2002	26.4	27.1	28.1	29.5	29.4	28.3	28.9	28.6	27.6	28	27.3	27
2003	26.9	27.4		29.4	28.9	28						

Continúa

ESCUINTLA (Camantulul)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	24.3	25	25.6	26.1	26.6	25.2	25.3	25.1	24.5	24.5	24.9	24.2
1991	24.1	24.7	25.1	26.6	27.1	25.5	25.8	25	26	25.2	25	24
1992	24	24.1	25.2	25.6	27.7	27.4	24.1	26.5	25.3	24.4	24.4	24.4
1993	24.4	24.8	27	25.9	24.7	23.9	24.7	24	23.6	24	24.2	24
1994	23.9	23.9	24.8	26	25.7	25.7	26.2	25.9	25.9	25.4	25.5	25.2
1995	25.2	26.1	25.8	27.5	26.3	25.5	25	24.8	24.8	24.8	25.7	25.1
1996	24.3	25.3	25.7	25.7	25.3	25.6	25.8	24.7	24.5	24.5	24.8	24.2
1997	24.2	25	25.4	25.7	26.2	24.9	25.9	25.9	25	25	25.2	24.6
1998	25.2	25	26.6	27.2	27.2	26	25.1	25.3	24.9	24.4	25.6	26
1999	25.7	26.1	27	27.4	27	25.7	26	26	24.8	24.9	25.7	25.1
2000	25.1	25.7	26.8	26	25.2	25	25	24.3	24.2	24.7	25	24.7
2001	24.4	24.9	24.9	26.3	26.5	26.2	26.3	26.7	25.7	26.5	26	26.1
2002	25.9	26.3	26.5	26.5	26.3	25.8	26.1	26	25.8	26	26.3	26.6
2003	26.6	26.7	27.3	27.9	26.8	26						

ESCUINTLA (Sabana Grande)												
dias al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	25.5	24.6	25	25.1	24.5	24.6	24.9	25.2	24.2	24	24.8	25.3
1991	24.8	23.2	22.2	25.3	24.5	24.6	25.7	28.4	24.4	23.9	24.8	25
1992	24.9	24.6	25.3	26	24.9	24.7	25	24.8	23.7	24.4	24.2	25.1
1993	24.5	25.1	25.3	25.2	24.8	24.4	25.5	25.1		24.4	23.4	25
1994	25	25.1	25.1	25.5	25	25.1	25.3	24.7	24.8	23.8	24.7	25
1995	24.7	25.2	24.8	24.5	25	24.1	24.2	29	23.5	23.2	24.9	24.5
1996	24.2	25		24.7	23.6	24.3	24.3	24.4	23.8	23.9	24.5	25.1
1997	24.8	25.5	25.2	24.8	25.5	23.5	26.1	25.1	24.3	24.5	24.6	24.1
1998	25.2	24.6	26	26.3	26	24	24.5	24.7	23.9	25.4	24.4	25.2
1999		24.6	24.9	24.9	24.6	23.8	24.4	23.9	23	23.2	24	24.2
2000	24.7	25	25	25	23.7	23.6	24.9	24.7	23.4	24.4	24.6	25.4
2001	24.8	25.6	24.4	25.6	24.6	25.3	24.7	25.3	23.7	24.6	25.4	25.3
2002	25.5	25.5	25.6	26	25.3	24.7	25.1	25.3	24	24.5	24.6	25.4
2003	26.1	26.2	25.2	26	25	24.2						

Continúa

SANTA ROSA												
días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	24	24.2	25.3	25.9	25.1	24.6	24.7	24.9	24.4	24.3	23.9	22.3
1991	22.6	22.2	24.3	25.7	24.2	24.5	24.3	23.7	23.4	22.4	22.5	22.3
1992	23.1	23.3	24.9	26.1	25.9	24.9	24.6	24.5	23.9	24.2	24.2	24.6
1993	24.1	25	25.6	26.2	25.6	24.5	25.4	24.6	23.3	23.9	24.1	23.6
1994	23.6	23.9	25.6	25.9	25.1	24.3	25	24.1	24.5	24.2	24.5	25
1995		24.2	24.8	25.2	25.2	24.6	24.6	24.2	24.1	24.6	24.6	24.1
1996	23.1	24.1	24.8	25.5	24.5	24.7	24.5	24.5	24.3	24.1	24.2	23.1
1997	23	24.3	25.1	25.5	25.8	24.6	26	25.7	24	23.4	24.4	23.2
1998	24.1	23.2	25.6	27.7	26.4	25.4	24.6	24.6	24.6	22.9	22.9	29
1999	23.7	23.7	24.8	25.9	25.2	24.6	23.1	23.7	23	23.5	23.6	22.8
2000	23.4	23.5	25	28.7	24.6	24.5	25.2	25.2	23.9	24.4	24.5	26.3
2001	23.3	24.5	24.8	26.2	25.2	25.4	24.9	24.4	24.7	24.7	24.3	24.3
2002	24.8	24.6	25.7	25.4	25.6	25.1	25.4	25.6	22.9	24.5	24.1	24
2003	22.7	24.6										

REGIÓN DE PETÉN

PETEN												
días al mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	22.7	24.9	25.8	28.5	29.4	27.4	26.6	26.8	25.9	25.9	24	23.6
1991	24.1	24.3	28.2	29.2	30.3	29.6	28.5	27	26.4	26.2	23.5	23.5
1992	23.4	24.3	27	28.3	28.4	28.7	27.4	26.9	26.3	25.6	25.4	23.8
1993	24	24.4	26.4	28.5	29.4	28.8	27.5	26.6	26.3	26.1	24.4	23.2
1994	22.9	25	26.1	28.3	29.5	26.5	27.9	27.2	26.5	26.7	24.9	24
1995	24	24.5	27.3	29.4	30.8	28.6	27.2	28	26.9	26.1	25.1	22.3
1996	22.4	24.3	25.3	27.6	26	28.2	27	26.9	28.3	26.8	24.1	23.5
1997	23.3	24.7	27	29.3	28.7	28.6	26.9	27.1	27.1	26.8	25.7	23.3
1998	24	25.7	26.8	29.4	30.8	26.5	28.3	28.8	29	26.8	25.4	24
1999	24.3	24.4	26.6	28	30.3	27.4	26.7	27.7	26.9	25.6	23.3	19

HORAS DE SOL

Al igual que en la temperatura, las horas de sol que corresponden a la Capital de Guatemala provienen de la estación meteorológica del INSIVUMEH.

Tabla LI: Horas de Sol Ciudad Capital

Horas de Sol (hrs) Ciudad de Guatemala												
año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	253	231	271	233	211	151	210	201	161	219	165	227
1991	255	240	286	243	220	166	239	209	181	175	224	215
1992	259	227	249	238	178	142	171	200	150	183	206	215
1993	266	241	234	141	200	232	197	174	151	186	252	253
1994	256	239	161	245	205	176	248	209	189	202	230	216
1995	261	238	271	244	258	173	182	144	124	145	233	159
1996	252	260	274	211	157	157	195	223	179	168	187	169
1997	242	216	242	240	222	171	116	285	123	184	152	145
1998	154	258	227	252	187	183	131	152	310	146	120	115
1999	165	248	267	267	205	111	139	171	94.6	184	222	209
2000	273	248	247	248	123	134	248	195	142	204	213	223
2001	267	221	254	257	155	192	195	208	177	195	237	220
2002	262	236	266	284	177	169	198	198	123	245	234	208
2003	264	235	236	261	171	138	214	223	165	164	225	229
2004	248											

Horas de sol por mes

La tabla anterior posee el formato utilizado para desplegar la información del resto de departamentos, donde a diferencia de la temperatura, no se clasifica de acuerdo a su región, ya que no existe información de horas sol para todos los departamentos.

Tabla a1-2. Horas de Sol mensual en los Departamentos de la Republica de Guatemala

CHIMALTENANGO

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1991			171.3				173.5	238.9	206.4	177.5	164.6	187.7
1992		94.8	205.8	233.8	154.8	92.2		35.1		196.4	166	
1993			86.3	125.4			141.4		119.3	186.5	210.3	129.5
1994	50.4	124.1	133.2	109.3	136.5	120.7	103.8	124.4	99.4	112.4	106.9	120.1
1995	136.1	130.5	131.7	99.6		58.8	128.4	118.4	121.9	173.5	130	176
1996	241.5	230.7	250	187.3	157.9	165.8	154	212.7	168.7	174.6	178	313.3
1997		196.7	233.4	180.9	207.1	147.9	205.8		125.9	120.6		
1998			232.3	100								
1999			243.1	216.8		120.3	166.3	194.7			158.6	222.8
2000	233.1											
2001	164.3	184	233.9	241.7	163.5	220.1	209.4	221	161.1	174	229.8	222.5
2002	251.7	225.7	286.8		187.3	175.3	226.9	219			214.4	
2003				269.1	191.2	138.7						

ALTA VERAPAZ

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	135.2	159.3	172.1	205.4	214	140.3	195.1	195.2	159.2	161.5	89.9	129.5
1991	166.9	137	279	238.9	223.4	181.3	197.1	174	106.3	138.2	118.6	94.6
1992	131	156.9	201.2	201.1	132.4	152.9	183	203.4	118.8	145.5	126.2	116.4
1993	183.4	193.6	226.8	213.6	170	99.1	77.3	115.7	130	117.9	103.7	124
1994	119.2	172.9	224.9	231.2	186.3					181.8		111.8
1995	194.7	178	236.7	178.3	236.1	154.1	158.5	171.7	134.4		168.9	139.5
1996		176.9	296.5	157.5	128.3	140.1	158	153.7	175.2	101.3	100.7	158.5
1997	158.8	165.5	202.2	181.4	169.3	152.3	159.2	161.9	138.6	141.3	127.7	139.5
1998	155	141.1			164.1	181.3	116.3		140.4	99.8	75.7	111.3
1999	136.6	254.1	215.9	243.2	201.4	118.3	136.6	177	106.2	121.3	79.6	134.4
2000	176.5	160.7	259.1	236.4	138.9	100.5	194	241.2	130.5	87.9	164.5	104.8
2001	149.9	144.6	232.9	221.2	159.5	169.4	186	185.1	140.6	117.9	129.3	118.3
2002	178.3	126.6	219.5	231	148.4	154.9	158.9	191.7	140.5	167.9	137.4	144
2003	74.7	172.8	230.6	222.8	165.4	168.8			183.8	131.3	109.3	103.3
2004	109.1	162.8	170.3									

Continúa

BAJA VERAPAZ

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	169.9	184.4	228.4	225.6	240.8	169.9	201	200	174.3	189.4	122.4	180.3
1991	198.9	202	279.6	265.4	203.9	155.1	203.1	210.8	148.5	172.4	119.2	140
1992	174.3	221.5	217.7	216.7	104.2	141.5	168.2	222.8	128.9	164.4	161.5	138.4
1993	198.4	221.8	238.6	207	167	145.2	132.3	99.7	152.1	154.4	170.4	169.1
1994	177	217	237.9	226.6	179.7	161	181.8	202.5	154.4	202.4	173.3	155
1995	188.4	208.7	257.5	208.3	229.4	238.5	145.2	166.8	151.8	131.2	179	135.7
1996	197.3	201.5	217	188.1	134.3	137	137.5		187.4	147.3	102.2	
1997	197.5	186	243.7	230.2	183.8	147.6	156	192.9	153.6	151.4	139.5	154.5
1998	178	239.7	215.5	192.1	132.4	145	143.2	211.7	176.7	131.9	99	154
1999	143.1	197	237.8	243.9	152.8	80.3	134.6	202	134	138.8	121.8	176.2
2000	202.5	186.4	262.7	243	121.6	124	205.4		156.8	144.7		
2001	182.1	183.1	249.6	266.9	171.7	181.8	187.9	208.1	168.3	165.6	170.5	147.5
2002	190.3	175.2	240	285	164.6	163.5	153.2	219.1	145.7	333.4	172.3	160.8
2003	108.9	183.1	157.3	249.7	156.8	152						

IZABAL

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	214.9	196.6	****	216.1	227	153.7	231	211.3	190.9	211.5	****	137.5
1991	217.3	199.4	271.5	239.9	224.9	203.3	187.8	202.5	0	192.5	130.1	***
1992	185.1	173.2	253.9	192.4	222.5	****	201.3	244	202.3	191.2	176.9	161.8
1993	***	****	****	225.1	175.3	137.9	127.9	233.9	203.9	209.1	146.1	****
1994	**	***	**	*****	****	****	**	**	**	**	**	**
1995	200.7	204.6	257	156.4	178.3	212.5	217.8	253.6	194.8	167.5	160.6	117.6
1996	201.1	176.2	238.8	220.1	113.7	0	209.1	216.2	240.9	***	140.4	179.2
1997	273.3	220.4	270.5	250.2	208.1	161.7	**	***	***	172.9	****	****
1998	****	***	189.2	***	****	***	***	***	***	***	71.8	123.4
1999	****	***	****	225.1	175.3	137.9	127.9	233.9	203.9	209.1	146.1	***
2000	190.8	165.4	*****	255.3	168.1	143.3	174.7	****	203.8	***	171.8	106.4
2001	204.5	164.9	254.2	271.6	204.5	210.6	239.5	230.9	214	168.4	146.1	145.3
2002	197.4	161.5	*****	261.4	216.7	202.8	205	246.7	209.9	235.9	153.5	***
2003	54.1	304.4	272.2	233.1	188	216.2	212.4					

Continúa

HUEHUETENANGO

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	258.4	230.5	249.2	204.1	214.6	180.2	206.8	239.3	198.1	207.7	178.7	205.6
1991	256.6	250.4	313.2	255.6	209.9	190.4	235.9	227.2	157	171	195.8	211
1992	983	51.1	275.3	207.2	165.9	166.7	230.2	250.4	188.4	191.8	180.1	228.1
1993	251	268.1	247.9	216.8	197.9	95.2	-----	-----	160.2	175.8	-----	-----
1994		-----	-----	264	190	192.9	253.9	229.4	172.8	205.9	210.7	239.5
1995	263.4	239.1	277	193.3	211.3	171.4	211.8	167.5	148.4	178.1	224	186.9
1996	264.2	258.1	254.5	197.7	181.3	172.3	204.6	112.3	219.9	163.8	182.1	258
1997	244	215.2	279.6	147.3	-----	-----	-----	-----	159.5	145.9	-----	-----
1999	213.4	172.9	286.3	238	172.9	109.5	155	215.1	115.6	137	157.9	232
2000	259.9	237.5	285.6	249.2	118	131.8	263.5	211.5	144.9	176.1	209	215.3
2001	251.9	235.3	269.9	226.6	163.2	215.8	210.3	232.6	154.1	189.2	221.3	211.3
2002	249.7	223.7	285.8	283.7	199	172.9	222.5	252	158.7	211.8	192.8	228.2
2003	222.4	269	252.6	269.6	181.2	166	243.7	236.3	215.7	165.9	179.7	222.5

SOLOLA

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1994	271.1	253.9	275.9	256.7	180.6	207.3	236.1	197.4	189.9	235.6	240.7	268.3
1995	292.8	276.5	273.3	181	143.4	129.1	115	112.5				
1996	300.3	264	265.3	128.2	152.7	144.9	171.7	205.6	188.5	186	221.6	258.2
1997	148.4	67.6	265.2	213.6	215.2	138.1	213.8		112.2			
1998									63.8	153.2	170	240
1999	254	247	296.1	85.8	60.2	115.7	167.8		84.1			265.4

CHIQUIMULA

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	123.8	91.1	174.6	144.5	205.6	197.4	160.6	218.1	230.6	200.7	186.4	168.2
1991	182.5	184.2	275	236.4	215.5	196.2	229.2	204	161.5	163.3	94.2	99.8
1992	170.6	184.7	244.6	218	209.2	164.4	186.1	243.1	157.3	148	150.6	123
1993	180	212.1	231.1	189.5	206.7	148.7	199.3	163.3	165.3	157.7	131.6	48.9
1994	216.1	219.8	246	241.8	211.9	184.1	228.5	227.1	182.3	242.5	145.5	78.3
1995	181.5	207.4	259.8	223.2	247.2	177.6	249.4	127	138.4	118.1	136.8	62.1
1996	169.1	173	224.6	176.8	163.3	183	153.2	190.3	172.3	144	105.4	126.8
1997	175.5	186.9	252.9	258.1	212.4	165.8	195.7	228.2	150.7	164.2	129.8	157.4
1998	183.5	253.3	199.7	214.5	222.7	190.8	175.4	199.4	200.6	112	95.5	131.1
1999	138.3	208.3	233.3	222.9	224	125.5	175.3	222.2	130.6	132.7	115.1	129.8
2000	175.4	181.4	267.3	250.1	137.7	134.2	228.2	173.3	141.8	124	175.9	105.4
2001	157.7	188.8	257.3	250.2	180.9	197.9	206	202.7	157.5	130.1	127.4	130.1
2002	172.9	158.9	219.7	293.5	181.7	156.8	187.9	237	157.5	182.4	155.6	149
2003	58.3	201										

Continúa

JALAPA

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	7.2	8.9	8.9	7.1	6.9	4.7	6.9	6.4	6.3	7.3	5.9	6.5
1991	198.7	251.5	277.4	231.6	193.8	178.8	257.9	215.9	171.9	180.9	203.3	178.2
1992	238.7	224	235.6	216	182.9	180	198.4	124	165	192.2	201	201.5
1993	246	258.8	245.4	196.9	199.3	160.9	215.7	174.4	174.9	161.9	173.6	98.5
1994	235.6	246.4	266.6	246	186	213	251.1	244.9	183	244.9	210	186
1995	242.3	237.7	268.2	215.5	217.2	191.5	203.7	****	****	****	****	****
1996	218.7	236.1	159.6	****	****	****	****	****	****	****	****	****
1997	****	****	****	****	****	****	****	234.4	154.6	205.7	177.5	206.4
1998	188.4	91.8	212.3	235.2	216.3	226.2	189	****	171.9	156.2	****	****
1999	189.7	237.4	286.4	246.9	****	****	151.9	223.2	123	****	204	****
2000	222.8	210.8	266.4	263	116	158.5	255	197.8	172.9	****	****	****
2001	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
2002	235	198	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****

ZACAPA

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1990	214.9	260.1	274.9	253.5	271.2	211.4	247.8	255.1	217.2	258.1	155.3	151.4
1991	213.2	240.9	300.9	263.7	238.6	223.4	263.3	248.5	200	210.6	168.8	163.1
1992	198.7	218.7	254.9	239.5	240	211.9	238.8	242.7	215.4	220.6	192.5	159.2
1993	224.4	246.6	262.1	253.3	247.9	148.1	****	****	211.7	166.2	157.2	197
1994	****	****	275.5	252.7	260.5	235.7	280.4	274.3	225	271	****	****
1995	216	245.5	298.3	254.6	284.3	235.4	222.6	234.2	202.4	169.9	194.7	156.2
1996	198.9	235.2	285	258.5	214.8	226.7	222.9	240.6	193.6	186.5	134.9	178.8
1997	222.3	225.5	294.2	359.3	240.8	202.4	240.7	267.4	216.4	184.7	177	192
1998	218.1	248	266.1	249.5	145.3	****	206.2	236.9	157.7	117.4	131.1	155.8
1999	191.1	253.1	284	212.2	232.1	184.7	205.9	126.9	166.7	207.2	180.3	181.1
2000	213.4	243.9	295	280.2	190.5	187.7	274.5	245.2	208.2	209.6	230.8	203.4
2001	247.2	247.6	93.2	282.2	227.4	258.2	280.2	277.7	216.2	216	212.3	214.7
2002	254	234	290	305.6	250.4	227	256.7	283.1	299	245.6	****	****

HORAS DE SOL MAXIMA

El dato de las horas de sol máxima se puede obtener a partir de la latitud del país, de la siguiente manera:

- Primero se debe establecer la ubicación del país de Guatemala, en la latitud norte:

Ubicación: entre los 13°44" y 18°30" latitud Norte.

- Luego se hace referencia a la Tabla 1. "Número máximo de horas sol" (Doorenbos y Pruitt, 1977), en esta tabla se encuentran los valores de horas sol al día, distribuida por cada uno de los meses del año.

Tabla LDE - A1. Número maximo de horas sol (Doorenbos y Pruitt, 1977).

Lat. Norte	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Lat. Sur	Dic	Nov	Oct	Sep	Ago	Jul	Jun	May	Abr	Mar	Feb	Ene
50	8.5	10	11.8	13.7	15.3	16.3	15.9	14.1	12.6	10.7	9	8.1
48	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46	9.1	10.4	11.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	11	11.5	12	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
15	11.3	11.6	12	12.5	12.8	13	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
10	11.6	11.8	12	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ecuador	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Ubicación de la latitud Norte de Guatemala.

Se puede observar en la tabla que no existe un valor exacto para la latitud de **13°44"** y **18°30"**, por lo que se toma el valor de latitud **15°**, como intervalo medio. Con una diferencia promedio de .1917 horas entre valores cercanos (20° y 10°), aproximadamente 11 minutos y 30 segundos de sol de error para cada uno de los valores, para efectos de cálculos esta diferencia será despreciada.

- Una vez que se tiene el valor de horas máximas al día se multiplica por el número de días que tiene cada mes, para obtener horas/mes, que es la dimensional que se tiene en las tablas de la base de datos para las estaciones meteorológicas del país.

A2. Severidad Climática de Invierno (SCI)

En la siguiente tabla (a2-1) se detallan las severidades climáticas de invierno, para cada uno de los departamentos del territorio de Guatemala. Donde cada uno de los valores se obtiene del procedimiento que se encuentran en el capítulo de Limitación de la Demanda en el inciso, 5.1.

Tabla LDE - A9. Divisiones de SCI (adaptación)

A	B
SCI ≤ 0.2	SCI >0.2

Fuente: Desarrollo del Trabajo de investigación

La tabla LDE - A9, corresponde al capítulo de la Limitación de la energía, del inciso 5.1.

Tabla a2-1 . Distribución de Departamentos en base a su SCI

SEVERIDAD CLIMATICA DE INVIERNO EN GUATEMALA						
UBICACION			VALORES			AREA
REGION	DEPARTAMENTO	ESTACION	GD	n/N	SCI	
VII	NOROCCIDENTE	Huehuetenango	Cuilco	0.00	0.74	-0.38
VII	NOROCCIDENTE	Quiche	Chuitnamit	0.00	0.74	-0.38
VII	NOROCCIDENTE	Quiche	Chixoy Quiche	0.00	0.74	-0.38
VI	SUROCCIDENTE	San Marcos	Catarina	0.00	0.72	-0.38
VI	SUROCCIDENTE	Retalhuleu	Retalhuleu	0.00	0.66	-0.37
III	NORORIENTE	Zacapa	La Fragua	0.00	0.62	-0.36
III	NORORIENTE	El Progreso	Morazan	0.00	0.62	-0.36
III	NORORIENTE	Zacapa	La Union	8.58	0.62	-0.34
IV	SURORIENTE	Santa Rosa	Los Esclavos	0.00	0.54	-0.34
V	CENTRAL	Escuintla	Puerto San Jose	0.00	0.54	-0.34
V	CENTRAL	Escuintla	Camatulul	0.00	0.54	-0.34
V	CENTRAL	Escuintla	Sabana Grande	0.00	0.54	-0.34
IV	SURORIENTE	Jutiapa	Montufar	0.00	0.54	-0.34
IV	SURORIENTE	Jutiapa	Asuncion Mita	0.00	0.54	-0.34
IV	SURORIENTE	Jalapa	Ceibita	0.00	0.54	-0.34
VIII	PETEN	Peten	Flores	0.00	0.54	-0.34
III	NORORIENTE	Izabal	Las Vegas	0.00	0.52	-0.33
III	NORORIENTE	Izabal	Puerto Barrios	0.00	0.52	-0.33
III	NORORIENTE	Chiquimula	Camotan	0.00	0.46	-0.30
II	NORTE	Alta Verapaz	Cahabon	0.00	0.43	-0.29
III	NORORIENTE	Chiquimula	Esquipulas	7.39	0.46	-0.29
II	NORTE	Baja Verapaz	San Jeronimo	31.00	0.52	-0.26
I	METROPOLITANA	Ciudad Capital	Insivumeh	72.40	0.67	-0.19
VI	SUROCCIDENTE	Solola	Santiago Atitlan	77.50	0.72	-0.18
VII	NOROCCIDENTE	Quiche	Chinique	93.28	0.74	-0.14
V	CENTRAL	Sacatepequez	Suiza Contenta	90.60	0.53	-0.10
V	CENTRAL	Chimaltenango	San Martin Jilotepeque	105.84	0.53	-0.06
VII	NOROCCIDENTE	Huehuetenango	Huehuetenango	137.51	0.74	-0.02
II	NORTE	Alta Verapaz	Coban	112.84	0.43	0.00
III	NORORIENTE	El Progreso	Albores	156.33	0.52	0.09
V	CENTRAL	Chimaltenango	Balanya	159.53	0.53	0.09
VII	NOROCCIDENTE	Quiche	Nebaj	178.69	0.74	0.11
VI	SUROCCIDENTE	Suchitepequez	-----	-----	-----	-----
VI	SUROCCIDENTE	Solola	El Tablon	221.13	0.72	0.24
VII	NOROCCIDENTE	Huehuetenango	Todo Santos	225.01	0.74	0.25
VI	SUROCCIDENTE	San Marcos	San Marcos	218.55	0.52	0.28
VI	SUROCCIDENTE	Quetzaltenango	-----	-----	-----	-----
VI	SUROCCIDENTE	Totonicapán	-----	-----	-----	-----

A

B

Observaciones:

- Los departamentos de Quetzaltenango y Totonicapán son incluidas en la división B, debido a sus características climáticas, y su ubicación en latitud y altitud. Para estos departamentos se debe realizar cálculos con una mayor cantidad de datos.
- De la misma manera el departamento de Suchitepequez fue colocado en la división B (características climáticas y ubicación).

Figura LDE – A3 Distribución visual de la SCI en Guatemala



A3. Severidad Climática de Verano (SCV)

En la siguiente tabla (a3-1) se detallan las severidades climáticas de verano, para cada uno de los departamentos del territorio de Guatemala. Donde cada uno de los valores se obtiene del procedimiento que se encuentran en el capítulo de Limitación de la Demanda en el inciso, 5.2.

Tabla a3-1

SEVERIDAD CLIMATICA DE VERANO EN GUATEMALA							
UBICACION			VALORES			AREA	
REGION	DEPARTAMENTO	ESTACION	GD	n/N	SCV		
VII	NOROCCIDENTE	Huehuetenango	Huehuetenango	-6.43	0.50	-0.05	1
V	CENTRAL	Chimaltenango	Balanya	0.00	0.40	-0.02	
VI	SUROCCIDENTE	Solola	El Tablon	0.00	0.41	-0.02	
VI	SUROCCIDENTE	Solola	Santiago Atitlan	1.19	0.41	-0.01	
III	NORORIENTE	El Progreso	Albores	0.00	0.43	-0.01	
VI	SUROCCIDENTE	San Marcos	San Marcos	0.00	0.43	-0.01	
VII	NOROCCIDENTE	Huehuetenango	Todo Santos	0.00	0.50	0.02	
VII	NOROCCIDENTE	Quiche	Chinique	0.00	0.50	0.02	
VII	NOROCCIDENTE	Quiche	Nebaj	0.00	0.50	0.02	
V	CENTRAL	Chimaltenango	San Martin Jilotepeque	9.42	0.40	0.08	
VI	SUROCCIDENTE	Quetzaltenango	-----	-----	-----	-----	
VI	SUROCCIDENTE	Totonicapán	-----	-----	-----	-----	
II	NORTE	Alta Verapaz	Coban	27.24	0.40	0.26		2
I	METROPOLITANA	Ciudad Capital	Insivumeh	30.00	0.46	0.32	
V	CENTRAL	Sacatepequez	Suiza Contenta	43.29	0.40	0.42	3
II	NORTE	Baja Verapaz	San Jeronimo	76.17	0.43	0.73	
III	NORORIENTE	Chiquimula	Esquipulas	120.43	0.48	1.09	4
III	NORORIENTE	Zacapa	La Union	128.65	0.59	1.19	
VII	NOROCCIDENTE	Quiche	Chuitnamit	149.52	0.50	1.29	
IV	SURORIENTE	Jalapa	Ceibita	156.00	0.44	1.30	
V	CENTRAL	Escuintla	Sabana Grande	168.35	0.44	1.37	
VII	NOROCCIDENTE	Huehuetenango	Cuilco	174.79	0.50	1.43	
IV	SURORIENTE	Santa Rosa	Los Esclavos	184.38	0.44	1.45	
V	CENTRAL	Escuintla	Camatulul	196.19	0.44	1.51	
II	NORTE	Alta Verapaz	Cahabon	225.64	0.40	1.60	
VII	NOROCCIDENTE	Quiche	Chixoy Quiche	218.67	0.50	1.62	
VI	SUROCCIDENTE	San Marcos	Catarina	243.46	0.41	1.66	5
III	NORORIENTE	Chiquimula	Camotan	246.67	0.48	1.71	
VI	SUROCCIDENTE	Retalhuleu	Retalhuleu	259.64	0.45	1.73	
IV	SURORIENTE	Jutiapa	Asuncion Mita	268.15	0.44	1.74	
V	CENTRAL	Escuintla	Puerto San Jose	270.81	0.44	1.75	
III	NORORIENTE	Izabal	Puerto Barrios	260.31	0.50	1.75	
VIII	PETEN	Peten	Flores	290.16	0.40	1.76	
III	NORORIENTE	Zacapa	La Fragua	268.15	0.59	1.80	
IV	SURORIENTE	Jutiapa	Montufar	317.25	0.44	1.81	
III	NORORIENTE	Izabal	Las Vegas	294.72	0.50	1.81	
III	NORORIENTE	El Progreso	Morazan	329.36	0.59	1.87	
VI	SUROCCIDENTE	Suchitepequez	-----	-----	-----	-----	

Fuente: Desarrollo del trabajo de investigación

Observaciones: De la misma forma que se realizó para la SCI, los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán y Suchitepequez, fueron incorporados a la clasificación cuyos departamentos tengan características climáticas parecidas y cuya ubicación sea similar.

- Quetzaltenango y Totonicapán han sido incluidos en la clasificación 1 de la SCV, ya que poseen características similares y ubicación a cercanías de los departamentos de San Marcos y Solotá.
- Suchitepequez ha sido incluido en la clasificación 5, debido a que pertenece a la zona costera del país, y por lo tanto su severidad climática de verano es semejante a departamentos como los son Escuintla o Jutiapa.

Figura LDE - A4: División visual de la SCV de Guatemala



A4. Zonas Climáticas de Guatemala

La siguiente tabla contiene las zonas climáticas por región, en donde se unen las dos representaciones de las SC, para conformar las zonas climáticas.

Tabla a4-1. Zonas climáticas de Guatemala por Región

REGION	DEPARTAMENTO	ESTA. METEOROLOGICA	SCI (valor)	SCV (valor)	SCI (div)	SCV(div)	Zona Climatica	
I	METROPOLITANA	Ciudad Capital	Insivumeh	-0.19	0.32	A	2	A2
II	NORTE	Alta Verapaz	Coban	0.00	0.26	A	2	A2
			Cahabon	-0.29	1.60	A	5	A5
		Baja Verapaz	San Jeronimo	-0.26	0.73	A	3	A3
III	NORORIENTE	Izabal	Las Vegas	-0.33	1.81	A	5	A5
			Puerto Barrios	-0.33	1.75	A	5	A5
		Chiquimula	Camotan	-0.30	1.71	A	5	A5
			Esquipulas	-0.29	1.09	A	4	A4
		Zacapa	La Fragua	-0.36	1.80	A	5	A5
			La Union	-0.34	1.19	A	4	A4
		El Progreso	Morazan	-0.36	1.87	A	5	A5
			Albores	0.09	-0.18	A	1	A1
IV	SURORIENTE	Jutiapa	Montufar	-0.34	1.81	A	5	A5
			Asuncion Mita	-0.34	1.74	A	5	A5
		Jalapa	Ceibita	-0.34	1.30	A	4	A4
			Los Esclavos	-0.34	1.45	A	4	A4
V	CENTRAL	Chimaltenango	San Martin Jilotepeque	-0.06	0.08	A	1	A1
			Balanya	0.09	-0.78	A	1	A1
		Sacatepequez	Suiza Contenta	-0.10	0.42	A	2	A2
			Puerto San Jose	-0.34	1.75	A	5	A5
		Escuintla	Camatulul	-0.34	1.51	A	4	A4
			Sabana Grande	-0.34	1.37	A	4	A4
VI	SUROCCIDENTE	San Marcos	San Marcos	0.28	-2.13	B	1	B1
			Catarina	-0.38	1.66	A	5	A5
		Quetzaltenango	-----	-----	-----	B	1	B1
			Totonicapán	-----	-----	B	1	B1
		Solola	Santiago Atitlan	-0.18	-0.01	A	1	A1
			El Tablon	0.24	-1.82	B	1	B1
		Retalhuleu	Retalhuleu	-0.37	1.73	A	5	A5
		Suchitepequez	-----	-----	-----	A	5	A5
VII	NOROCCIDENTE	Huehuetenango	Todo Santos	0.25	-1.53	B	1	B1
			Huehuetenango	-0.02	-0.05	A	1	A1
			Cuilco	-0.38	1.43	A	4	A4
		Quiche	Chinique	-0.14	-0.15	A	1	A1
			Chuitinamit	-0.38	1.29	A	4	A4
			Nebaj	0.11	-0.72	A	1	A1
Chixoy Quiche	-0.38	1.62	A	5	A5			
VIII	PETEN	Peten	Flores	-0.34	1.76	A	5	A5

Fuente: Desarrollo del trabajo de investigación

La Ubicación de Estaciones meteorológicas de Guatemala, se encuentran contenidas en la siguiente tabla, para poder una referencia para los municipios de sus cercanías.

Tabla a4-2 Ubicación de Estaciones meteorológicas

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO DE LA ESTACION METEOROLOGICA	NOMBRE DE LA ESTACION METEOROLOGICA	IEM *
El Progreso	San Agustín Acasaguastlán	Albores	6
Chimaltenango	Balanya y/o Sn. Martin Jilotepeque	Balanya y/o Sn. Martin Jilotepeque	4/3
Solola	Santiago Atitlan	Santiago Atitlan	25
Huehuetenango	Huehuetenango	Huehuetenango	28
Quiche	Chinique y Nebaj	Chinique ./ Nebaj	33/32
Ciudad Capital	Ciudad Capital (Insivumeh)	Insivumeh	1
Alta Verapaz	Coban	Coban	8
Sacatepequez	Santiago Sacatepequez	Suiza Contenta	2
Baja Verapaz	San Jeronimo	San Jeronimo	7
Chiquimula	Esquipulas	Esquipulas	13
Zacapa	La Union	La Union	15
Jalapa	Monjas	Ceibita	16
Santa Rosa	Cuilapa	Los Esclavos	19
Escuintla	Sn. L. Cotzumalguapa y/o Escuintla	Camatulul / Sabana Grande	21 / 22
Huehuetenango	Cuilco	Cuilco	30
Quiche	Sacapulas	Chuitinamit	34
Alta Verapaz	Cahabon	Cahabon	9
Izabal	Los Amates y/o Puerto Barrios	Las Vegas / Puerto Barrios	10 / 11
Chiquimula	Camotan	Camotan	12
Zacapa	Zacapa	La Fragua	14
El Progreso	Morazan	Morazan	5
Jutiapa	Moyuta y/o Asuncion Mita	Montufar/Asuncion Mita	18/17
Escuintla	San Jose	Puerto San Jose	20
San Marcos	Catarina	Catarina	24
Retalhuleu	Retalhuleu	Retalhuleu	27
Suchitepequez	-----	-----	
Quiche	Chicaman	Chixoy Quiche	31
Peten	Flores	Flores	35
San Marcos	San Marcos	San Marcos	23
Quetzaltenango	-----	-----	
Tonicapán	-----	-----	
Solola	San Jose Chacaya	El Tablon	26
Huehuetenango	Todo Santos Cuchumatan	Todo Santos	29

*IED, es la identificación de estación meteorológica, con la cual puede encontrarse en la figura 5.

APÉNDICE B

B1. Cálculo del Caudal máximo previsible

Este apartado contiene el cálculo del caudal máximo previsible a partir de una demanda nueva de energía, que se obtiene a valores estadísticos de caudal de agua por aparato sanitario.

Los valores son substituidos en una hoja de cálculo (Excel), que tiene las expresiones que se indicaron en el punto No. 3 de del la sección de análisis económico del capítulo de ACS, y nos proporciona los siguientes resultados.

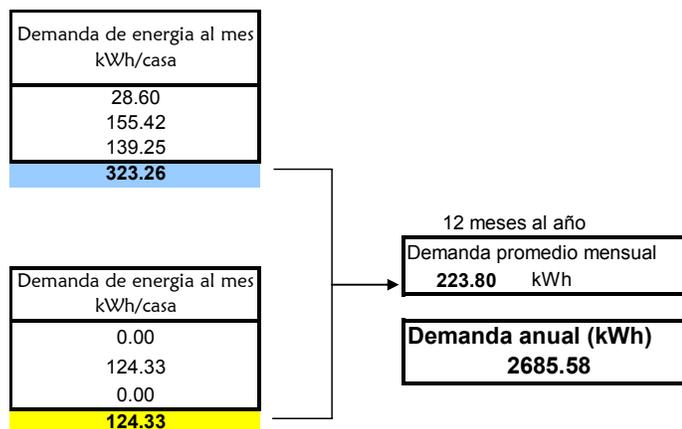
	1 m ³ = <input type="text" value="1000"/> litros	den a 15° C 999.1
	numero de dias de cada mes <input type="text" value="30"/>	den a 60° C 983.21
T de la red invierno <input type="text" value="15"/> ° C	numero de personas en casa <input type="text" value="4"/>	densidad = <input type="text" value="991.155"/> Kg / m ³
T de la red verano <input type="text" value="20"/> ° C		Cp = <input type="text" value="4181.4"/> J/Kg ° C
		1 kWh = <input type="text" value="3.60E+06"/> J

INVIERNO

Aparato Sanitario	L./seg	T de uso ° C	ΔT	tiempo de uso (seg) *	tiempo de uso (min)	Demanda por uso (L)	Frecuencia de uso / día	Demanda al día/persona (L)	Demanda casa/mes (m ³)	Demanda de energia al mes kWh/casa
LAVABO	0.1	38	23	30	1/2	3	3	9	1.08	28.60
DUCHA	0.15	40	25	300	5	45	1	45	5.4	155.42
FREGADERO	0.18	55	40	70	1 1/6	12.6	2	25.2	3.024	139.25
Caudal max	0.43							79.2	9.504	323.26
								deman al día en L/casa	316.8	

VERANO

Aparato Sanitario	L./seg	T de uso ° C	ΔT	tiempo de uso (seg) *	tiempo de uso (min)	Demanda por uso (L)	Frecuencia de uso / día	Demanda al día/persona (L)	Demanda casa/mes (m ³)	Demanda de energia al mes kWh/casa
LAVABO	0.1	38	0	0	0	0	3	0	0	0.00
DUCHA	0.15	40	20	300	5	45	1	45	5.4	124.33
FREGADERO	0.18	55	0	0	0	0	2	0	0	0.00
								45	5.4	124.33



La demanda anual de una casa con los datos anteriores es de 2685. 58 kWh, valor que se encuentra entre la demanda baja y media del inciso 3, del capítulo de ACS.

Las expresiones para obtener las bases de la potencia que se utiliza en la elección del sistema de producción d ACS, son las siguientes:

$$(AB1) \text{ caudal máximo técnico} = \text{caudal max} * \text{tiempo}$$

(L/min)

$$(AB2) \text{ caudal máximo previsible} = (AB1) * F_s$$

(L/min)

Donde el F_s , llamado Factor de simultaneidad, es el factor que se aplica por la utilización en simultáneo de los diferentes aparatos dentro de la edificación, ya que no se puede considerar como caudal máximo previsible el uso simultaneo de todos los aparatos sanitarios.

El factor de simultaneidad para este caso se va a calcular por las razones que existen entre la utilización de las combinaciones de uso de los aparatos y el caudal total posible. Obteniendo los siguientes resultados:

combianacion (co)	(co)/caudal max
L + F	0.65
L + D	0.58
D	0.35
F	0.42

$$\text{caudal max} = 0.43 \text{ L/seg}$$

El promedio de las combinaciones es de 0.5, el cual sera utilizado como Factor de simultaneidad (Fs).

$$\text{Caudal máximo técnico} = (0.43 \text{ L/seg}) * (60 \text{ seg}) = 25.8 \text{ L/min.}$$

$$\begin{aligned} \text{Caudal máximo previsible} &= [(0.43 \text{ L/seg}) * (60 \text{ seg}) * (0.5)] / (1000*60) \\ &= 0.000215 \text{ m}^3/\text{seg.} \end{aligned}$$

$$\text{Caudal máximo previsible} = 12.9 \text{ L/min.}$$

Por último se sustituye los valores obtenidos hasta ahora, en la siguiente expresión:

$$\text{(AB3) Potencia} = \text{Calor específico} * \text{densidad} * \text{(AB3)} * \Delta T$$

Donde ΔT es la diferencia de temperatura mayor que se tiene entre las temperaturas del agua de distribución de la red y la del agua en el aparato demandante de ACS.

$$\begin{aligned} \text{Potencia} &= (991.155 \text{ Kg/m}^3) * (4181.4 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}) * (55-15) * (0.000215 \\ &\text{m}^3/\text{seg}) \\ &= 35641.97 \text{ W} \\ &= \mathbf{35.641 \text{ kW}} \end{aligned}$$

Con los dos resultados obtenidos anteriormente se busca las dimensiones del equipo para los sistemas de producción de ACS.

Potencia = 35.6 kW Caudal máximo previsible = 12.9 L/min

Las tarifas de los de los sistemas de producción, se basa en el catalogo de precios de la empresa SALVADOR ESCOBA S.A., que se encuentra en Barcelona España.

B2. Formato de Entrada del software METRONORT

En la siguiente figura podemos observar el formato de entrada del software utilizado para generar los valores de radiación, para los departamentos del territorio guatemalteco.

Figura AB2: Formato de Entrada METRONORT

Modificar el lugar

Editar

Buscar lugar: * >>

Nombre del lugar: BAJA VERAPAZ3 GT

Altitud [m]: 805

Coord. X [km]: 0

Coord. Y [km]: 0

Longitud [°.'] (E: +): -90,19

Latitud [°.']: 15,06

Uso horario: 6

Situación: Cima

Tipo de lugar: Lugar deseado

Código: 999

IZRM: -30

Continente: America del sur

Zona climática: 501

Sistema del tiempo: legal solar

Nuevo lugar

Grabar

Borrar

Adamuz
 ALTA VERAPAZ GT
 BAJA VERAPAZ1 GT
 BAJA VERAPAZ2 GT
 BAJA VERAPAZ3 GT
 Bélmez
 Bern-Bollwerk
 Cádiz SP
 Cádiz SP Legal
 Cádiz SP Legal Importar
 Cádiz SP Legal Mes
 Chiclana de Segura
 CHIMALTENANGO GT
 CHIQUIMULA GT
 EL PROGRESO1 GT
 EL PROGRESO2 GT
 EL PROGRESO3 GT
 ESCUINTLA GT
 Gaudin SP
 GUATEMALA1 GT
 GUATEMALA2 GT
 GUATEMALA3 GT
 Haldiwald
 Hornachuelos
 HUEHUETANANGO1 GT
 HUEHUETANANGO2 GT

Cancelar

OK

Como se puede observar las variables a ingresar son:

- Altitud
- Longitud
- Latitud
- Uso horario : variación con el meridiano de Greenwich (+6)
- Situación
- Sistema de tiempo: Legal

B3. Valores de Radiación Solar Global para Guatemala.

En las siguientes tablas se encuentran los valores de radiación solar global para cada uno de los departamento del territorio guatemalteco, sin incluir los valores muestra que se encuentran en el siguiente apartado (B4).

Los valores la radiación anual media son calculadas al dividir la racion mensual, entre el número de días del mes.

mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
# días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Alta Verapaza	100	112	140	145	165	153	146	156	158	126	99	92
Chimaltenango	151	149	158	161	147	128	144	146	118	130	122	140
Chiquimula	162	157	182	174	170	158	179	170	148	156	150	152
Escuintla	163	158	183	175	170	159	180	171	148	157	151	153
Jalapa	164	158	183	175	169	156	179	169	144	154	150	154
Peten	122	125	158	168	176	161	161	156	150	147	114	106
Retalhuleu	170	161	169	170	156	139	163	148	125	144	143	152
Sacatepequez	151	149	158	161	147	128	144	146	118	130	122	140
San Marcos	155	141	145	143	129	120	135	130	98	126	120	142
Solola	155	178	182	194	170	148	158	167	145	140	131	134
Suchitepequez	163	159	183	175	170	159	180	171	148	157	151	153
Totonicapan	169	175	178	187	159	138	157	166	134	134	127	140
Zacapa	158	157	182	174	171	165	180	173	155	161	151	150

kWh/m² al mes

Departamento	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	promedio
Alta Verapaza	3.23	4.00	4.52	4.83	5.32	5.10	4.71	5.03	5.27	4.06	3.30	2.97	4.36
Chimaltenango	4.87	5.32	5.10	5.37	4.74	4.27	4.65	4.71	3.93	4.19	4.07	4.52	4.64
Chiquimula	5.23	5.61	5.87	5.80	5.48	5.27	5.77	5.48	4.93	5.03	5.00	4.90	5.37
Escuintla	5.26	5.64	5.90	5.83	5.48	5.30	5.81	5.52	4.93	5.06	5.03	4.94	5.39
Jalapa	5.29	5.64	5.90	5.83	5.45	5.20	5.77	5.45	4.80	4.97	5.00	4.97	5.36
Peten	3.94	4.46	5.10	5.60	5.68	5.37	5.19	5.03	5.00	4.74	3.80	3.42	4.78
Retalhuleu	5.48	5.75	5.45	5.67	5.03	4.63	5.26	4.77	4.17	4.65	4.77	4.90	5.04
Sacatepequez	4.87	5.32	5.10	5.37	4.74	4.27	4.65	4.71	3.93	4.19	4.07	4.52	4.64
San Marcos	5.00	5.04	4.68	4.77	4.16	4.00	4.35	4.19	3.27	4.06	4.00	4.58	4.34
Solola	5.00	6.36	5.87	6.47	5.48	4.93	5.10	5.39	4.83	4.52	4.37	4.32	5.22
Suchitepequez	5.26	5.68	5.90	5.83	5.48	5.30	5.81	5.52	4.93	5.06	5.03	4.94	5.40
Totonicapan	5.45	6.25	5.74	6.23	5.13	4.60	5.06	5.35	4.47	4.32	4.23	4.52	5.11
Zacapa	5.10	5.61	5.87	5.80	5.52	5.50	5.81	5.58	5.17	5.19	5.03	4.84	5.42

kWh/m² diario

kWh/m² diario annual medio

Fuente: Trabajo de investigación

B4. Comparación de valores de radiación

Para los departamentos cuya topografía es bastante variable, se realiza un cálculo para los valores extremos y un valor medio, estos valores son gráficos posteriormente y se tiene las siguientes tablas comparativas.

Tabla AB4: Análisis de valores de radiación

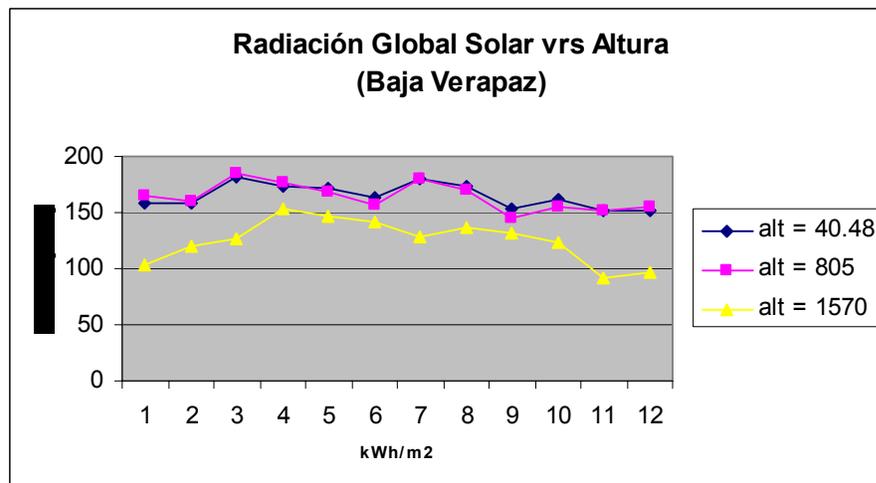
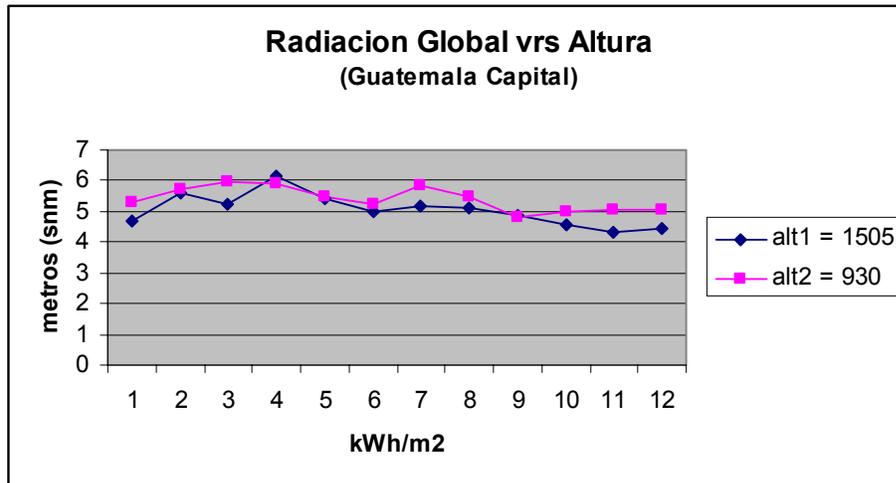
Departamento	altura	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Guatemala	alt = 2101	146	157	162	185	167	149	161	159	147	142	130	138
	alt = 1505	146	157	162	185	167	149	161	159	147	142	130	138
	alt = 930	165	160	185	177	169	157	181	170	145	155	152	156
alt1 = 1505 alt2 = 930	5.05426907	4.71	5.607	5.226	6.167	5.387	4.967	5.194	5.129	4.9	4.581	4.333	4.452
	5.40369944	5.323	5.714	5.968	5.9	5.452	5.233	5.839	5.484	4.833	5	5.067	5.032
Baja Verapaz	alt = 40.48	159	158	182	174	171	164	180	173	154	161	151	151
	alt = 805	165	160	185	176	169	157	180	170	145	155	151	155
	alt = 1570	104	120	126	153	147	142	129	137	131	123	92	97
alt1 = 40.48 alt2 = 805 alt3 = 1570	5.4203277	5.129	5.643	5.871	5.8	5.516	5.467	5.806	5.581	5.133	5.194	5.033	4.871
	5.39276754	5.323	5.714	5.968	5.867	5.452	5.233	5.806	5.484	4.833	5	5.033	5
	4.11592422	3.355	4.286	4.065	5.1	4.742	4.733	4.161	4.419	4.367	3.968	3.067	3.129
El Progreso	alt1 = 1240	165	159	184	176	169	156	180	169	145	154	151	154
	alt2 = 742	165	160	185	177	169	157	180	170	145	155	152	155
	alt3 = 245	160	157	182	174	171	162	180	172	152	159	151	151
alt 1 alt 2 alt 3	5.37626088	5.323	5.679	5.935	5.867	5.452	5.2	5.806	5.452	4.833	4.968	5.033	4.968
	5.39832309	5.323	5.714	5.968	5.9	5.452	5.233	5.806	5.484	4.833	5	5.067	5
	5.40086406	5.161	5.607	5.871	5.8	5.516	5.4	5.806	5.548	5.067	5.129	5.033	4.871
Huehuetenango	alt = 300	161	173	177	194	153	143	153	158	125	129	115	134
	alt = 1650	161	173	177	194	153	143	153	158	125	129	115	134
	alt = 3000	161	173	177	194	153	143	153	158	125	129	115	134
	4.98056196	5.194	6.179	5.71	6.467	4.935	4.767	4.935	5.097	4.167	4.161	3.833	4.323
Izabal	alt = 77	113	140	165	172	182	184	176	185	193	156	114	100
	alt = 40.5	113	140	165	172	182	184	176	185	193	156	114	100
	alt = 40.5	113	140	165	172	182	184	176	185	193	156	114	100
	5.15349462	3.645	5	5.323	5.733	5.871	6.133	5.677	5.968	6.433	5.032	3.8	3.226
Quetzaltenango	alt = 2800	169	175	178	187	159	138	157	166	134	134	127	140
	alt = 1575	169	175	178	187	159	138	157	166	134	134	127	140
	alt = 350	169	175	178	187	159	138	157	166	134	134	127	140
	5.08294233	5.452	6.25	5.742	6.233	5.129	4.6	5.065	5.355	4.467	4.323	4.233	4.516
Quiché	alt = 2310	150	169	170	188	156	141	149	158	135	138	117	134
		150	169	170	188	156	141	149	158	135	138	117	134
		150	169	170	188	156	141	149	158	135	138	117	134
	4.95288658	4.839	6.036	5.484	6.267	5.032	4.7	4.806	5.097	4.5	4.452	3.9	4.323
Santa Rosa	alt = 1330	164	159	184	175	169	156	179	169	145	154	150	154
	alt = 772	166	162	187	178	168	158	182	171	145	155	153	157
	alt = 214	160	157	182	174	170	162	180	172	152	159	151	151
alt = 1330 alt = 772 alt = 214	5.36532898	5.29	5.679	5.935	5.833	5.452	5.2	5.774	5.452	4.833	4.968	5	4.968
	5.43142601	5.355	5.786	6.032	5.933	5.419	5.267	5.871	5.516	4.833	5	5.1	5.065
	5.39817588	5.161	5.607	5.871	5.8	5.484	5.4	5.806	5.548	5.067	5.129	5.033	4.871

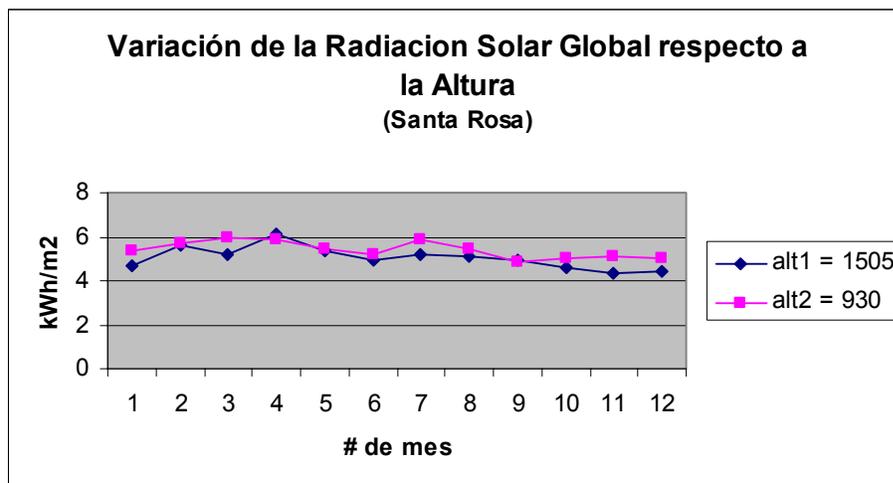
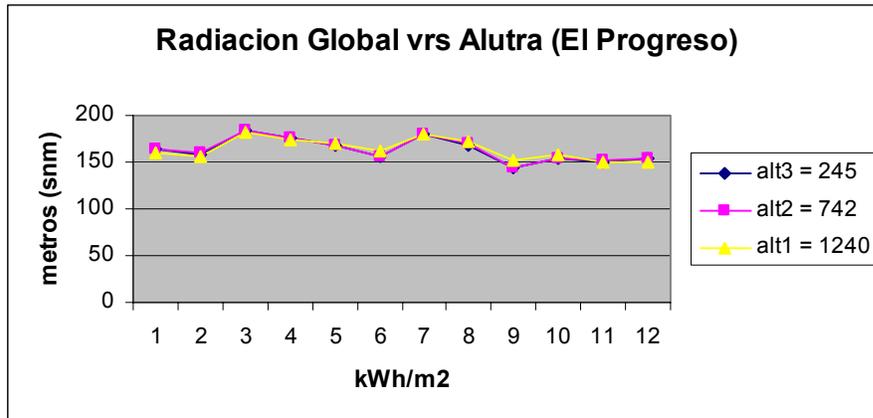
Valor Promedio anual

Fuente: Resultados de iteraciones METEONORM

Se debe aclarar que este análisis únicamente se realiza para una muestra de los departamentos, los cuales fueron escogidos al azar.

Gráfico AB3 – 1: Comparaciones de Radiación Global y Altura





Con los resultados de las tablas y graficas podemos observar:

- que existen diferencias en los valores que corresponden a los departamentos de Guatemala, El Progreso, pero entre ellas no existe un rango representativo (menor a la unidad de Radiación).
- por otra parte para el departamento de Baja Verapaz, existe una salto mayor a la unidad, que podría ser representativa.
- Para el resto de las muestras no se encuentra variación entre las alturas.

Es importante mencionar que los resultados tienen un rango de error, ya que el software fue diseñado para localidades de la comunidad europea. En las cuales las condiciones presentan diferencia al sector centro americano, en donde se encuentra Guatemala.

B4. Radiación Global Solar (Código Técnico)

Los intervalos para las zonas climáticas de España, se encuentran en el siguiente fragmento de la tabla 3.2 del Código Técnico, en su Documento Base HE -4.

Tabla AB4: Radiación solar global.

Zona Climática	kWh/m2
I	$H \leq 3.8$
II	$3.8 < H \leq 4.2$
III	$4.2 < H \leq 4.6$
IV	$4.6 < H \leq 5.0$
V	$H > 5.0$

Fuente: Gráfica 2.3 del Documento Base HE-4, CT

A N E X O S

ANEXO 1

VALORES LÍMITE DE PARAMETROS CARACTERISTICOS MEDIOS ESPAÑA

Los valores límites de los parámetros característicos medios, para el país de España se encuentran en el Documento Básico HE, Ahorro de Energía, en la sección HE-1, de donde se extrajeron los siguientes valores:

Tablas 2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA A3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno U_{Mim} : 0,94 W/m² K
 Transmitancia límite de suelos U_{Sim} : 0,53 W/m² K
 Transmitancia límite de cubiertas U_{Clim} : 0,50 W/m² K
 Factor solar modificado límite de lucernarios F_{Lim} : 0,29

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Him} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Him}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	-	-	-	0,48	-	0,51
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,57	-	0,60	0,41	0,57	0,44
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,50	-	0,54	0,36	0,51	0,39

ZONA CLIMÁTICA A4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno U_{Mim} : 0,94 W/m² K
 Transmitancia límite de suelos U_{Sim} : 0,53 W/m² K
 Transmitancia límite de cubiertas U_{Clim} : 0,50 W/m² K
 Factor solar modificado límite de lucernarios F_{Lim} : 0,29

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Him} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Him}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,56	-	0,57
de 31 a 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	0,57	-	0,58	0,43	0,59	0,44
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,47	-	0,48	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,40	0,55	0,42	0,30	0,42	0,32

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mim} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,67 se podrá tomar el valor de U_{Him} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas A3 y A4.

ZONA CLIMÁTICA B3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Llim}: 0,30$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

ZONA CLIMÁTICA B4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Llim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,58 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas B3 y B4.

ZONA CLIMÁTICA C1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Llim}: 0,37$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	-	-	-	0,42	-	0,46

ZONA CLIMÁTICA C2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Llim}: 0,32$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,52 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas C1, C2, C3 y C4.

ZONA CLIMÁTICA C3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Sim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Lim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,55	-	0,59
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,43	-	0,46
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,51	-	0,54	0,35	0,52	0,39
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,43	-	0,47	0,31	0,46	0,34

ZONA CLIMÁTICA C4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Sim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Lim}: 0,27$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,54	-	0,56
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	0,54	-	0,56	0,41	0,57	0,43
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,47	-	0,46	0,34	0,47	0,35
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,38	0,53	0,39	0,29	0,40	0,30

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,52 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas C1, C2, C3 y C4.

ZONA CLIMÁTICA D1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Lim}: 0,36$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Him} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Him}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,54	-	0,58
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	-	-	-	0,45	-	0,49
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	-	-	-	0,40	0,57	0,44

ZONA CLIMÁTICA D2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Lim}: 0,31$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Him} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Him}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,58	-	0,61
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,46	-	0,49
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	-	-	0,61	0,38	0,54	0,41
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,49	-	0,53	0,33	0,48	0,36

ZONA CLIMÁTICA D3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Lim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Him} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Him}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,54	-	0,57
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,42	0,58	0,45
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,42	0,61	0,46	0,30	0,43	0,32

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mim} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,47 se podrá tomar el valor de U_{Him} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas D1, D2 y D3.

ZONA CLIMÁTICA E1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,57 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,48 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,35 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,36$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,6 (2,9)	3,0 (3,1)	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,1	3,1	-	-	-	0,54	-	0,56
de 41 a 50	2,0 (2,2)	2,4 (2,6)	3,1	3,1	-	-	-	0,45	0,60	0,49
de 51 a 60	1,9 (2,0)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	-	-	-	0,40	0,54	0,43

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,43 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas E1.

Fuente: Código Técnico de la Edificación

ANEXO 2

ZONAS CLIMATICAS DE ESPAÑA

Los siguientes valores son extraídos del CTE, en su sección HE-1, que se encuentra dentro del Documento Base.

Tabla D.1.- Zonas climáticas

Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	1353	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Meilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de gran canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

Fuente: Código Técnico de la Edificación

ANEXO 3

En la siguiente tabla se presentan los valores del poder calorífico interior de algunos combustibles, los cuales son los de uso mas frecuente.

Tabla 1: **Poder Calorífico Inferior (PCI)**

COMBUSTIBLES SÓLIDOS	kcal/kg	kJ/kg
Madera	2.700	11.232
Carbón vegetal	6.500	27.040
Carbón turba	3.300	13.728
Carbón hulla	5.000	20.800
Carbón antracita	7.000	29.120
COMBUSTIBLES LÍQUIDOS	kcal/litro	kJ/litro
Gasóleo «C»	8.550	35.568
Fuel-oil	9.000	37.440
Gas-oil	10.000	41.600
COMBUSTIBLES GASEOSOS	kcal/kg	kJ/kg
Gas butano	11.860	49.337
Gas propano	12.000	49.920
Gas ciudad	4.200	17.472
OTROS kcal/kWh kJ/kWh		
Energía eléctrica	860	3.578

Fuente: Fundamento del aislamiento térmico, de la pagina WEB de ISOVER.

ANEXO 4

DATOS TÉCNICOS DE ALGUNOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

RADIADOR ELÉCTRICO DE ACEITE



Modelo: NR-2500

2 elementos.

2 interruptores selección de potencias.

Termostato de funcionamiento de 6 posiciones + Antihielo.

Termostato de seguridad.

Ruedas para desplazamiento.

Recogecables.

Potencia: 1.100/1.400/2.500 W.

Tensión/Frecuencia: 230 V~/50 Hz.

Costo: 90.00 €

CALDERA CONVENCIONAL

Caldera estanca, marca ISOFAST modelo F 28E (s.d.) = 1,550.00 €

El precio indicado anteriormente no incluye los complementos, ni toda la red de distribución.



BOMBA DE CALOR Geotérmica (Tierra – aire)



Potencia 14.3 Kw

Capacidad:

Casa de 200 m² sobre dos niveles,
2 zonas de calefacción

Estimación climática para una
temperatura base de -5 °C

Superficie de captación prevista:
entre 200 m² v 240 m²

Fuente: Catálogos de equipos de climatización en la Web.