

Trabajo Fin de Máster

Análisis energético de paneles solares híbridos fotovoltaicos - térmicos en el sector hotelero en distintas zonas climáticas del Ecuador.

Energy analysis of photovoltaic - thermal hybrid solar panels in the hotel sector in different climatic zones of Ecuador.

Autor:

Santiago Javier Chiluza Espín

Director:

Alejandro del Amo Sancho

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

TRABAJOS DE FIN DE GRADO / FIN DE MÁSTER

D./D^a. SANTIAGO JAVIER CHILUIZA ESPIN,

con nº de DNI 1803270717 en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster) Análisis energético de paneles solares híbridos, (Título del Trabajo) fotovoltaicos - térmicos en el sector hotelero en distintas zonas climáticas del Ecuador.

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 20 de septiembre de 2018

Fdo: _____

Análisis energético de paneles solares híbridos fotovoltaicos - térmicos en el sector hotelero en distintas zonas climáticas del Ecuador.

RESUMEN

El aprovechamiento del recurso solar en varias regiones del mundo se ha caracterizado por la promisoría funcionalidad y múltiples beneficios que ofrece este tipo de energía renovable en diversos campos. La industria hotelera es uno de los principales sectores que genera importantes ingresos económicos; así mismo, es el sector que concentra un alto consumo energético significativo debido a su constante desarrollo.

La República del Ecuador, gracias a su favorable ubicación geográfica sobre la línea ecuatorial, goza de un privilegiado potencial energético renovable. Uno de ellos es el recurso solar que al aprovecharse mediante determinadas tecnologías se puede disponer de energía térmica y eléctrica.

El presente trabajo analiza la producción de electricidad y agua caliente sanitaria simultáneamente en un panel en favor a cubrir parcialmente la demanda energética de hoteles según la tipología de la instalación, comparando la incidencia de distintas zonas climáticas en la cobertura solar mínima establecida por la norma ecuatoriana de la construcción en categorías de hoteles que van desde 1 estrella hasta 5 estrellas, simulando el sistema solar híbrido en una herramienta dinámica y observar su comportamiento.

Los resultados muestran que las condiciones geográficas y los niveles altos de radiación propios del Ecuador en general, benefician considerablemente a la instalación de sistemas solares híbridos térmicos - fotovoltaicos. Así lo demuestra un análisis económico realizado calculando el PAYBACK para cada zona y tipo de hotel.

Debido a la situación actual política que vive el país, con la revisión a los subsidios del combustible de origen fósil, se efectuó un análisis de sensibilidad en el Índice de Precios de Consumo con una incidencia del 4% afectando directamente al flujo de caja sobre el ahorro que generará a 20 años.

El ahorro energético en los hoteles analizados tiene una buena perspectiva desde el punto de vista energético, teniendo que efectuar un análisis económico a detalle de las instalaciones que busquen la inversión con este tipo de tecnología híbrida.

INDICE

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO NORMATIVO.....	1
1.1.	Justificación	1
1.2.	Objetivos.....	1
1.3.	Contexto normativo	2
1.4.	NEC-11: Capítulo 13 - Eficiencia energética en la construcción en Ecuador ...	2
1.4.1.	Normas de referencia.....	3
1.4.2.	Disponibilidad de los recursos: Recurso solar.....	4
1.4.3.	Generación de energía a través de fuentes renovables.	5
1.4.4.	Contribución mínima anual de energía renovable.....	6
1.5.	NEC-11: Capítulo 14 – Energías renovables	6
1.5.1.	Parte 14-1. Sistemas de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario en el ecuador	6
1.5.2.	Parte 14-2. Sistemas de generación con energía solar fotovoltaica para sistemas aislados y conexión a red de hasta 100 kW en el Ecuador	11
2.	DEMANDA.....	16
2.1.	Demanda de agua caliente sanitaria.....	16
2.2.	Cálculo de la demanda energética.....	17
3.	TIPOLOGIA.....	20
3.1.	Circulación forzada.....	20
3.2.	Sistemas de ACS medianos y grandes con acumuladores de agua sanitaria ...	21
3.3.	Solar centralizada con acumulación y apoyo centralizado	22
4.	SIMULACIÓN.....	23
4.1.	Modelo dinámico	23
4.2.	Datos de radiación solar.....	24
4.3.	Caudal en circuito primario.	25
4.4.	Tanque de acumulación	26
4.5.	Bombas	26
4.6.	Simulación dinámica.....	26
5.	RESULTADOS	28
5.1.	Análisis energético.....	28
5.2.	Análisis económico.....	29
5.2.1.	Presupuesto Referencial	30
5.2.2.	Caso tipo.....	31

5.2.3. Ahorro generado	33
5.2.4. Vida útil de la instalación	33
5.2.5. Estudio comparativo	33
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
BIBLIOGRAFÍA	37
ANEXOS	38

TABLAS

Tabla 1. Datos de radiación solar en el Ecuador	4
Tabla 2. Datos de radiación solar en Quito y Guayaquil.....	5
Tabla 3. Potencia fotovoltaica a instalar para edificaciones de gran tamaño	5
Tabla 4. Porcentaje de aporte de energía desde fuentes renovables.....	6
Tabla 5. Zonas del Ecuador según irradiación solar.....	10
Tabla 6. Valores promedio de irradiación solar de ciertas zonas del Ecuador.....	10
Tabla 7. Características recomendadas de sistemas auxiliares de energía	11
Tabla 8. Publicaciones de referencia	12
Tabla 9. Demanda de agua caliente sanitaria a 60° C	16
Tabla 10. Parámetros para demanda tipo.....	16
Tabla 11. Demanda de ACS según la categoría de hotel.....	17
Tabla 12. Demanda de ACS según la categoría de hotel.....	18
Tabla 13. Cálculo de demanda energética mes a mes ZII	19
Tabla 14. Ángulo óptimo de aprovechamiento de irradiación	24
Tabla 15. Irradiación media anual, obtenida a partir de la base de datos de Meteonorm (TRNSYS), comparada con los valores del Mapa Solar	25
Tabla 16. Análisis energético para hotel de 1 estrella	28
Tabla 17. Análisis energético para hotel de 2 estrellas.....	28
Tabla 18. Análisis energético para hotel de 3 estrellas.....	28
Tabla 19. Análisis energético para hotel de 4 estrellas.....	29
Tabla 20. Análisis energético para hotel de 5 estrella	29
Tabla 21. Bancadas de paneles híbridos ah60	30
Tabla 22. Elementos asociados a la hidráulica	30
Tabla 23. Instalación fotovoltaica	31
Tabla 24. Monitorización	31
Tabla 25. Presupuesto tipo – Zona V	32
Tabla 26. Cuadro comparativo Zona II	33
Tabla 27. Cuadro comparativo Zona III.....	34
Tabla 28. Cuadro comparativo Zona IV	34
Tabla 29. Cuadro comparativo Zona V	34

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa político del Ecuador	8
Ilustración 2. Atlas solar del Ecuador.....	9
Ilustración 3. Demanda de ACS	17
Ilustración 4. Demanda energética anual de ACS	19
Ilustración 5. Instalación con dos acumuladores (uno solar de ACS y otro convencional) conectados en serie	21
Ilustración 6. Modelo de simulación TRNSYS	23
Ilustración 7. Simulación ángulo óptimo.....	25
Ilustración 8. Simulación del modelo Zona II – Energía.....	27
Ilustración 9. Simulación del modelo Zona II - Temperaturas.....	27

1. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO NORMATIVO

1.1. Justificación

Actualmente la crisis energética que atraviesa el mundo debido a la alta demanda por parte de las distintas industrias, principal motor para una economía próspera, así como el coste de los combustibles fósiles que generan altas tasas de contaminación, ha obligado a buscar alternativas en las fuentes de energías renovables que ayuden a cubrir la demanda generada por dicho sector y reducir los efectos de contaminación que ocasionan las fuentes energéticas no renovables.

Así mismo, los recursos energéticos renovables se presentan particularmente de acuerdo a la zona geográfica donde se busca el aprovechamiento, motivo por el cual es de gran interés para el sector industrial tener conocimiento del potencial energético que representa una fuente de energía renovable. Tanto la energía eléctrica como térmica al ser un servicio básico necesario en el sector hotelero, y con el fin de brindar un servicio de calidad, se pretende motivar la inversión del sector para explotar el recurso, razón por la cual es de particular interés en el territorio ecuatoriano, que tiene un ingreso económico bastante significativo en el turismo que aumentó un 14% en el 2017, según información publicada por la Coordinación General de Estadística e Investigación del MINTUR (Ministerio de Turismo, 2018).

En tanto las fuentes de energía renovable disponibles en las distintas zonas climáticas permitan la potencial producción de energía térmica así como eléctrica, en base al presente estudio, el sector industrial hotelero tendrá una mejor perspectiva técnica para abrir nuevas posibilidades sostenibles energéticas en la industria.

1.2. Objetivos

El objetivo principal es analizar el aporte energético de paneles solares híbridos fotovoltaicos – térmicos, aplicados al sector hotelero en distintas zonas climáticas de la República del Ecuador. Para ello, a partir de la demanda térmica de varias categorías de hoteles, se hará una aproximación del aporte energético de los paneles híbridos y su cobertura solar que representa en función a la zona climática donde éstos se instalen.

A continuación, se desglosa los objetivos que busca el presente trabajo:

- Cuantificar el aporte energético que realizan los paneles solares híbridos
- Clasificar el aporte energético en función a las distintas zonas climáticas de la República del Ecuador
- Simular el comportamiento de un sistema solar híbrido.

Para ello, a partir de en la demanda térmica requerida por las distintas categorías de hoteles y el aporte energético que tendrá al introducir paneles solares híbridos PV/T considerando el emplazamiento, se empleará una herramienta de simulación dinámica del comportamiento de un sistema de agua caliente solar y generación de energía solar fotovoltaica para un año típico a fin de que se pueda cuantificar el aporte energético a largo plazo.

1.3. Contexto normativo

En los años 70 con la primera gran crisis del petróleo, la gran mayoría de países desarrollados como Suecia, Alemania, Inglaterra, Francia, entre otros, instituyeron un control importante sobre la eficiencia energética relacionada a la edificación creando políticas que fomenten el ahorro de energía.

Para países europeos que gozan de condiciones climáticas menos favorables, se establecieron normas de calidad térmica en la edificación, pero con estándares menos exigentes que en el caso anterior. Por otra parte, en el continente americano, exceptuando Argentina que creó sus primeras normas a principios de los años 80, los países de la región mostraban poco interés en temas relacionados a ahorro energético; sin embargo, varios años más tarde serían Chile, México y Brasil quienes tomaran la iniciativa en la creación de una normatividad comprometida con el desarrollo energético.

En el caso del Ecuador, con base a la Constitución de la República, expresado en su artículo 375 donde se establece que le corresponde al Estado ejercer la rectoría para la planificación, regulación, control, financiamiento y elaboración de políticas de hábitat y vivienda. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014)

En referencia al artículo mencionado, el 6 de abril de 2011, y con Decreto Ejecutivo No. 705, publicado en el Registro Oficial No. 421 de fecha 06 de abril del 2011, se conforma el Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC, encargado de expedir lo relacionado al contexto normativo de la construcción, que serán de obligatorio cumplimiento de los procesos constructivos donde se contempla requisitos mínimos a ser observados en el diseño, construcción y control en el desarrollo de las obras, estableciendo nuevas normas constructivas, que tengan hegemonía con los avances tecnológicos en el área de la construcción.

Actualmente, mediante Acuerdo Ministerial N° 0028 del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI, expedido el 19 de agosto de 2014, fueron aprobados los seis primeros capítulos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC. Cabe señalar que dicho Ministerio tiene por competencia aprobar progresivamente y disponer la publicación de la declaratoria de vigencia de los restantes capítulos que conforman la NEC. Para la revisión normativa del presente trabajo se toma como base la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-11 expedido por el Comité Ejecutivo, haciendo énfasis en sus capítulos 13 y 14 de EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR y ENERGÍAS RENOVABLES, respectivamente.

1.4. NEC-11: Capítulo 13 - Eficiencia energética en la construcción en Ecuador

En este apartado se hace referencia al contexto normativo inherente al recurso solar para entender el campo de aplicación y los principales requerimientos de la norma para al sector hotelero. El capítulo tiene por objeto establecer las especificaciones y características técnicas mínimas a ser tomadas en cuenta en el diseño, construcción, uso y mantenimiento de las edificaciones en el país, favoreciendo de esta manera la reducción del consumo de energía y recursos necesarios, mediante mecanismos de control y verificación que debe cumplir una determinada construcción en el territorio ecuatoriano. Se aplicará de forma progresiva durante 10 años una vez expedida la norma.

La verificación y cumplimiento de la norma tiene carácter obligatorio para toda edificación nueva o reforma sustancial de una edificación que deberá contar con una memoria técnica o proyecto justificativo de cumplimiento de lo que hace referencia esta normativa. El cumplimiento de estos requisitos está sujeto a reconocimientos e incentivos en los siguientes casos:

- Edificios de nueva construcción;
- Rehabilitación de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m².
- Reformas de locales comerciales y de edificios de uso administrativo.

Se excluyen del ámbito de aplicación:

- Edificios y monumentos con valor histórico o arquitectónico reconocido, cuando el cumplimiento de las exigencias de esta sección pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto;
- Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a 2 años;
- Instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.

El incumplimiento o alteración de los parámetros de diseño previstos en el momento de la solicitud del permiso de obra se constituye automáticamente en una infracción a la norma de la construcción, lo cual puede tener implicaciones administrativas y legales, según la legislación local y Nacional pertinentes.

Con la aplicación de este capítulo, los profesionales del área deben realizar diseños y construcciones de edificaciones sostenibles, con aportes significativos de eficiencia energética y buen manejo de las fuentes renovables en el Ecuador, disminuyendo el consumo de combustibles fósiles y recursos no renovables que generen gases de efecto invernadero asociados al uso de esta fuente de energía.

1.4.1. Normas de referencia

El capítulo se basa en las siguientes publicaciones referenciadas, siendo indispensables para la aplicación de esta normativa.

- EN ISO 6946:1997 Building components and building elements -- Thermal resistance and thermal transmittance -- Calculation method
- EN ISO 13370:1999 Thermal performances of buildings – Thermal transfer via the ground-Calculations methods
- EN ISO 13789:2007 Thermal performances of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients- Calculations methods
- NOM-028-ENER-2010 Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba.
- MINISTÈRE DE L'EMPLOI, DE LA COHÉSION SOCIALE ET DU LOGEMENT. Arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments
- DOGC 4574 – 16.2.2006. GENERALITAT DE CATALUNYA. DECRET 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis.

- Acuerdo 20 de 1995 Concejo de Bogotá D.C. Código de Construcción del Distrito Capital de Bogotá,
- GOBIERNO DE CHILE MINVU, Ordenanza General De Urbanismo Y Construcciones Artículo 4.1.10
- CALIFORNIA ENERGY COMMISSION, Efficiency Standards for residential and nonresidential buildings, 2008
- REINO DE ESPAÑA, Ministerio de la vivienda, CTE Código Técnico de la Edificación, marzo 2006
- ISO 8995-1:2002 (CIE S 008/E:2001) Lighting of work places -- Part 1: Indoor

1.4.2. Disponibilidad de los recursos: Recurso solar

La disponibilidad del recurso solar se debe evaluar para su posterior uso ya sea de forma térmica, fotovoltaica, fotoquímica, etc. En el anexo respectivo a la norma analizada, se muestran los valores de radiación solar para varias ciudades del Ecuador. Esta energía puede ser utilizada de múltiples maneras en la edificación, gracias a su alta confiabilidad y calidad energética. Usos posibles de este recurso son el calentamiento de agua sanitaria, generación eléctrica fotovoltaica, climatización, ganancias de energía por orientación y radiación, etc.

En la tabla 1 se presentan datos promedio de radiación solar en 22 de las 24 provincias del Ecuador extraídas de la norma ecuatoriana. La actualización de la información es imprescindible para tener datos fiables, pero sirven de referencia para poder apreciar el potencial que representa el recurso solar.

Tabla 1. Datos de radiación solar en el Ecuador

PROVINCIA	CIUDAD	Wh/m ² /día
Carchi	Tulcán	4200
Esmeraldas	Esmeraldas	4350
Imbabura	Ibarra	5250
Manabí	Portoviejo	4650
Pichincha	Quito	5075
Tsáchilas	Santo Domingo	4650
Cotopaxi	Latacunga	4800
Napo	Tena	4350
Santa Elena	Salinas	4350
Guayas	Guayaquil	4513
Los Ríos	Babahoyo	4650
Bolívar	Guaranda	4800
Tungurahua	Ambato	4650
Chimborazo	Riobamba	4200
Pastaza	Puyo	4200
Cañar	Azogues	4500
Morona Santiago	Macas	4050
Azuay	Cuenca	4350
El Oro	Machala	4200
Loja	Loja	4350
Zamora Chinchipe	Zamora	4350
Galápagos	Puerto Ayora	5835

Fuente: (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

Las principales ciudades del Ecuador: Quito y Guayaquil, son ciudades importantes donde el movimiento económico referente al sector industrial hotelero, tiene un gran impacto. Los valores promedio mensuales de radiación solar global son:

Tabla 2. Datos de radiación solar en Quito y Guayaquil

MES	Wh/m2/ día promedio	
	Quito	Guayaquil
Enero	4950	3900
Febrero	4950	4200
Marzo	4950	4650
Abril	4800	4350
Mayo	4650	4500
Junio	4800	4200
Julio	5250	4350
Agosto	5400	4650
Septiembre	5550	5100
Octubre	5250	4500
Noviembre	5250	4950
Diciembre	5100	4800
Promedio	5075	4513

Fuente: (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

1.4.3. Generación de energía a través de fuentes renovables.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción establece que una parte de la energía usada para el normal funcionamiento de la edificación deberá provenir de fuentes renovables. Así, deberán cumplir además los porcentajes mínimos de aporte de energía renovable establecidos en la contribución mínima anual de energía renovable que se verá en el siguiente apartado.

El uso de agua caliente sanitaria (ACS) representa la principal fuente de energía renovable razón por la cual debe ser solar, sin embargo, en caso de disponer de distintas fuentes de energía, se podrá usar ésta siempre y cuando se respete el porcentaje de aporte. De tal manera, sin perjuicio de lo mencionado, las edificaciones de gran tamaño tienen la obligatoriedad de cumplir con lo dispuesto mencionado en la tabla 3.

Tabla 3. Potencia fotovoltaica a instalar para edificaciones de gran tamaño

Potencia de energía solar fotovoltaica (W)	
Cubiertas de más de 2500 m ² (supermercados, almacenes, bodegas, recintos feriales, galpones)	5000
Edificaciones de más de 2500 m ² de construcción (conjuntos habitacionales, hoteles, hospitales, edificios públicos, edificios de oficinas)	5000

Fuente: (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

1.4.4. Contribución mínima anual de energía renovable

Se dispone que, cuando el uso final de la energía en las edificaciones sea térmico, se debe contar con una contribución mínima de energía renovable o recuperación de calor residual.

Para el cumplimiento de la contribución mínima anual de energía renovable no se distinguen zonas en función de la irradiación solar de acuerdo al Mapa Solar del Ecuador, únicamente se establece el porcentaje a cubrir según el uso final de la energía.

Tabla 4. Porcentaje de aporte de energía desde fuentes renovables

Uso final de la energía	Porcentaje de aporte con energía renovable
Calefacción	25%
ACS	75%
Piscinas cubiertas	60%
Piscina descubierta	90%

Fuente: (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

Así mismo, para los grupos electrógenos, calderas, sistemas de vapor y sistemas de aire comprimido se preferirá equipos de alta eficiencia. Se excluyen en edificaciones nuevas el uso de equipos usados o remanufacturados.

En general el capítulo se forma como un antecedente y dar lugar a las bases necesarias para que en el capítulo 14 se amplíe la información y pueda tener un enfoque con mayor detenimiento, sobre todo en relación a la energía solar con su aprovechamiento térmico, así como fotovoltaico.

1.5. NEC-11: Capítulo 14 – Energías renovables

Este capítulo de la norma se divide en dos partes: 1) 14-1 correspondiente a Sistemas de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario en el Ecuador; y, 2) 14-2 correspondiente a Sistemas de generación con energía solar fotovoltaica para sistemas aislados y conexión a red de hasta 100 kW en el Ecuador.

1.5.1. Parte 14-1. Sistemas de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario en el Ecuador

Este apartado de la norma establece las especificaciones técnicas mínimas de fabricación e instalación, así como guías para el dimensionamiento que deben cumplir los Sistemas Solares Térmicos (SST) para calentamiento de agua en aplicaciones solares térmicas de baja temperatura, respecto de los aspectos técnicos, clasificación, descripción, dimensionamiento, componentes, ensayos de homologación y etiquetado. Además, se establece la información que debe entregar el fabricante con sus equipos y las consideraciones de seguridad para los usuarios de los SST. Esta norma aplica a los sistemas de calentamiento de agua sanitaria (ACS) con energía solar en edificaciones públicas y privadas para uso residencial, comercial, deportivo, servicios, aplicaciones industriales y otras.

1.5.1.1. Normas de referencia

Esta sección del capítulo se basa en las siguientes publicaciones referenciadas, siendo indispensables para la aplicación de esta normativa.

- **NMX-ES-001-NORMEX-2005.** Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación (NORMEX), Subcomité de Calentadores Solares. “ENERGIA SOLAR- RENDIMIENTO TERMICO Y FUNCIONALIDAD DE COLECTORES SOLARES PARA CALENTAMIENTO DE AGUA-METODOS DE PRUEBA Y ETIQUETADO”, vigencia a partir del 14 de octubre de 2005, México DF.
- **NADF-008-AMBT-2005.** Secretaria de Medio Ambiente. “NORMA AMBIENTAL PARA EL DISTRITO FEDERAL QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA EN ALBERCAS, FOSAS DE CLAVADOS, REGADERAS, LAVAMANOS, USOS DE COCINA, LAVANDERIA Y TINTORERIA”, expedida el 14 de diciembre de 2005, México DF.
- **DOCUMENTO ANC-0603-17-01.** Unidad De Planeación Minero Energética (UPME) – ICONTEC - AENE, “ANTEPROYECTO DE NORMA - SISTEMAS DE CALENTAMIENTO SOLAR DOMESTICO DE AGUA (TRANSFERENCIA DE CALOR DE UN LIQUIDO A OTRO)”, Bogotá, marzo 2003.
- **DOCUMENTO ANC-0603-13-01.** Unidad De Planeación Minero Energética (UPME) – ICONTEC – AENE, “GUIA DE ESPECIFICACIONES DE SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA PARA USO DOMESTICO CON ENERGIA SOLAR EN COLOMBIA”, Bogotá, marzo 2003.
- **PROY-NMX-ES-002-NORMEX-2006.** Subcomité de Terminología; del Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar, NESO-13, coordinado por la Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación S.C., “ENERGIA SOLAR – DEFINICIONES Y TERMINOLOGIA”, fecha de emisión 20 de septiembre de 2006.
- **CTE HE4.** Ministerio de Fomento de España, Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, “DOCUMENTO BASICO HE DE AHORRO DE ENERGIA: APORTACION MINIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA”, Madrid, noviembre 2006.
- **S/N.** Agencia d’ Energia de Barcelona. “MODIFICACIO INTEGRAL DE L’ANNEX SOBRE CAPTACIO SOLAR TERMICA DE L’ORDENANCA GENERAL DE MEDI AMBIENT URBA”, aprovada pel plenari de l’ Ajuntament de Barcelona el 24 de febrer del 2006; 2_2 Text Modificacio de l’OST, versio aprobada finalment.
- **ANM 20033.** Ayuntamiento de Madrid. “ORDENANZA SOBRE CAPTACION DE ENERGIA SOLAR PARA USOS TERMICOS”, Ordenanza Municipal 27/03/2003, publicaciones BO Comunidad de Madrid 09-05-2003, núm. 109, pág. 85-88.
- **IDAE PET-REV OCTUBRE 2002.** IDAE/INTA. Convenio Para el Impulso Tecnológico de la Energía Solar “PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS DE INSTALACIONES DE BAJA TEMPERATURA”, Madrid, octubre 2002.
- **NTE INEN 0:1990.** Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 0:1990 - ESTRUCTURA Y

PRESENTACION DE DOCUMENTOS NORMATIVOS – REQUISITOS”, primera edición, Quito, 17 de mayo de 1990.

- **NTE INEN 1000:2008.** Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 1000:2008, - ELABORACION, ADOPCION Y APLICACION DE REGLAMENTOS TECNICOS ECUATORIANOS, primera revisión, 31 de octubre de 2008.
- **UNE-EN 12975.** Publicadas por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- **UNE-EN 12975-1:2006.** Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales, año 2001.
- **UNE-EN 12975-2:2006.** Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo, año 2003.
- **UNE-EN 12976-1:2006.** Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas prefabricados. Parte 1: Requisitos generales, año 2006.
- **UNE-EN 12976-2:2006.** Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo, año 2006.

1.5.1.2. Recurso solar en el Ecuador

Situado con la siguiente georreferenciación:

- Latitud: Entre 1°30’N (Carchi) y 5°0’S (Zamora)
- Longitud: Entre 72°0’W (Salinas) y 75°10’W (Orellana) es decir al oeste del meridiano de Greenwich.
- El Archipiélago de Galápagos se encuentra entre las latitudes 1°40’N y 1°30’S y entre las longitudes 89°10’W y 92°0’W.



Ilustración 1. Mapa político del Ecuador

Fuente: (Furian, 2005)

El Ecuador cuenta con atlas de recursos solar con fines de generación eléctrica, el cual se muestra en la ilustración 2:

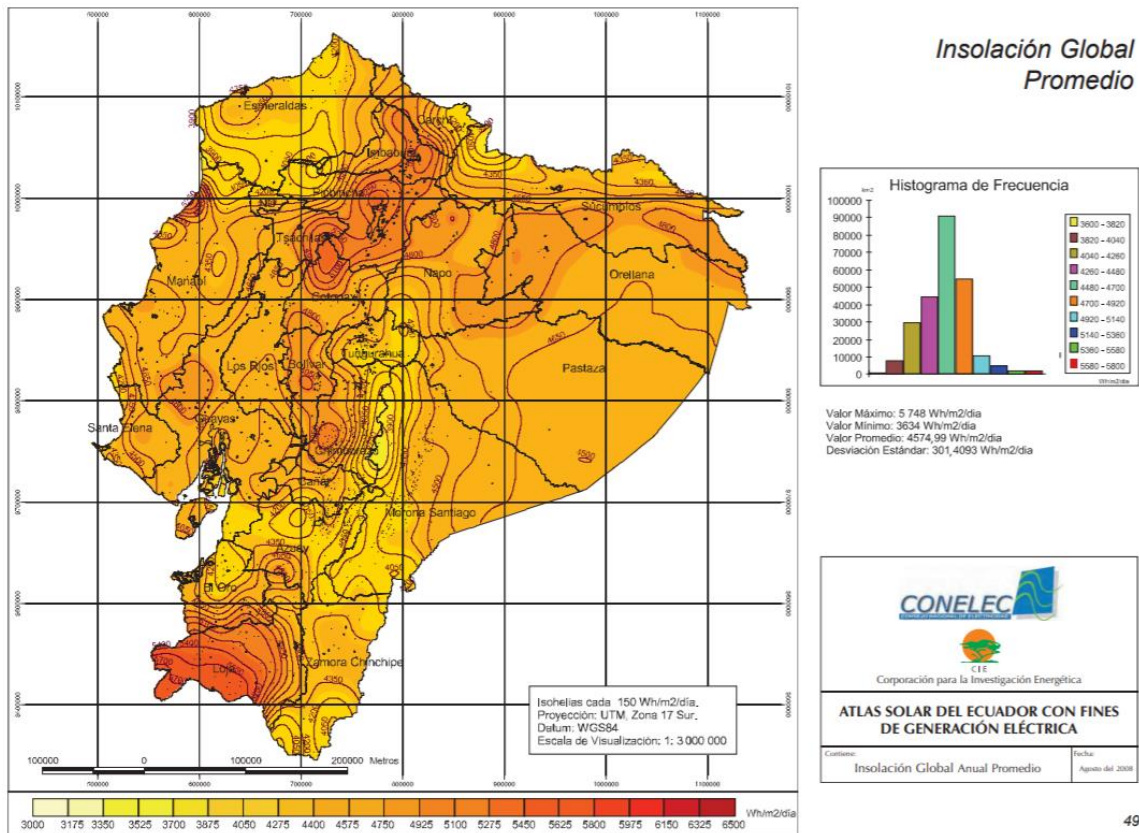


Ilustración 2. Atlas solar del Ecuador

Fuente: (CONELEC, 2008)

Al atravesar la Línea Equinoccial sobre el Ecuador, este país tiene poca variabilidad en la posición del sol durante todo el año, favoreciendo la aplicación de la energía solar para la producción de energía eléctrica y térmica, puesto que en promedio hay 12 horas de sol durante el día.

El Consejo Nacional de Electricidad CONELEC, contrató en el año 2008 la elaboración del Mapa Solar del Ecuador, que se basa en datos tomados de sistemas satelitales del NREL (National Renewable Energy Laboratory) de los Estados Unidos entre 1985 y 1991.

La información muestra las insolaciones directa (isohelias a 300 Wh/m2.día), difusa (isohelias a 100 wh/m2.día) y global (isohelias a 150 Wh/m2.día) para cada mes del año y el promedio anual.

Con base en la elaboración del mapa solar, se ha elaborado un mapa resumen anual con la insolación global promedio anual y se puede agrupar en cinco Zonas I a V en kWh/m2.día, como las siguientes características:

Tabla 5. Zonas del Ecuador según irradiación solar

Zonas	Rango de Radiación Solar (Wh/m ² /día)
1	3500 - 4050
2	4050 – 4350
3	4350 – 4800
4	4800 – 5250
5	5250 - 5700

Fuente: (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

La información de insolación o radiación solar global para 22 de las 24 provincias se muestra en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que dichos valores hasta la fecha actual de su consulta para la elaboración del presente trabajo, no ha sido actualizada.

Tabla 6. Valores promedio de irradiación solar de ciertas zonas del Ecuador

PROVINCIA	CIUDAD	Wh/m2.día promedio	ZONA
Carchi	Tulcán	4140	II
Esmeraldas	Esmeraldas	4350	II
Imbabura	Ibarra	4560	IV
Manabí	Portoviejo	4160	III
Pichincha	Quito	4990	IV
Tsáchilas	Sto. Domingo	3440	III
Cotopaxi	Latacunga	4420	IV
Napo	Tena	4350	II
Santa Elena	Salinas	4360	II
Guayas	Guayaquil	4370	III
Los Ríos	Babahoyo	3780	III
Bolívar	Guaranda	4800	IV
Tungurahua	Ambato	4550	III
Chimborazo	Riobamba	4490	II
Pastaza	Puyo	3800	II
Cañar	Azogues	4500	III
Morona Santiago	Macas	4090	II
Azuay	Cuenca	4350	II
El Oro	Machala	4200	II
Loja	Loja	4350	II
Zamora Chinchipe	Zamora	4350	II
Galápagos	Puerto Ayora	5835	V

Fuente: (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

Mientras no se disponga de un sistema actualizado de la información de radiación solar en el Ecuador, se pueden usar los datos de la tabla 6, contrastando con datos reales medidos *in situ*, donde se instalará el sistema solar térmico al menos con datos de 12 meses anteriores.

1.5.1.3. Dimensionamiento

Para el dimensionamiento del diseño del sistema solar térmico, los datos de partida necesarios serán la demanda energética del proyecto y la recopilación de datos climatológicos del lugar.

De conformidad con los términos establecidos por esta norma, la fracción solar anual será determinada de acuerdo a criterios técnicos y económicos. Se recomienda que sea mínimo del 60% para usos residenciales y del 80% para piscinas. Así mismo, la fracción solar en ningún mes debe exceder el 100% de la cobertura solar.

Debido a la ubicación cercana con la Línea Equinoccial, el campo de colectores debe tener una inclinación mínima de 5° y máxima de 15°, siendo recomendable la orientación hacia la línea equinoccial.

1.5.1.4. Dimensionamiento de sistemas de apoyo

La energía solar está disponible en forma aleatoria, es por esta razón que los SST deben tener un sistema de apoyo o auxiliar. La capacidad del sistema auxiliar debe dimensionarse para cubrir el 100% de la demanda térmica, asumiendo la ausencia del sistema solar térmico. Obligatoriamente se debe dar prioridad siempre a la generación solar. El sistema de apoyo o auxiliar es recomendable que sea eléctrico para equipos pequeños residenciales; esto es, para equipos iguales o menores a 720 litros de capacidad. Las potencias de la resistencia eléctrica de sistemas auxiliares de energía recomendadas se muestran en la tabla 7:

Tabla 7. Características recomendadas de sistemas auxiliares de energía

CAPACIDAD DE LOS S.S.T. (LITROS)	POTENCIA DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA	VOLTAJE
140	1.5W	110V
240	1.5W	110V
320	1.5W	110V
450	3W	220V
600	3W	220V
720	3W	220V

Fuente: (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

Para instalaciones mayores a 720 litros, el sistema auxiliar recomendable puede estar basado en calentadores a gas, cumpliendo con una potencia suficiente para garantizar la elevación de la temperatura total del volumen de agua, en un máximo de 4 horas, según lo indica la norma.

1.5.2. Parte 14-2. Sistemas de generación con energía solar fotovoltaica para sistemas aislados y conexión a red de hasta 100 kW en el Ecuador

Este apartado establece las especificaciones y características técnicas que deben tener los sistemas fotovoltaicos (SFV) que se emplean en la generación de energía de origen fotovoltaico en el Ecuador, así como los servicios que deben brindar las empresas proveedoras para garantizar la confiabilidad, seguridad y durabilidad de los componentes del sistema a instalar, que deben constar en sus fichas técnicas.

La norma referida, cubre los sistemas fotovoltaicos aislados de la red de cualquier potencia, según su aplicación. Así mismo, cubre los sistemas fotovoltaicos conectados a la red de hasta 100 kW de potencia nominal, determinada como potencia del inversor.

1.5.2.1. Normas de referencia

Esta sección del capítulo se basa en las siguientes publicaciones referenciadas, siendo indispensables para la aplicación de esta normativa.

NTC 318: 1979, Tubos fluorescentes para alumbrado general.

NTC 2883: 1991, Energía fotovoltaica. Módulos fotovoltaicos.

NTC 4405: 1998, Eficiencia energética. Evaluación de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos y sus componentes.

Thermie B: SUP-995-96: Norma Técnica Universal para Sistemas Fotovoltaicos Domésticos.

Tabla 8. Publicaciones de referencia

Componente	Estándar	Descripción	Estado
Módulos FV	IEC 61215	Módulos FV de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación. Para los módulos de capa delgada se aplicarán al menos los procedimientos de certificación IEC-61646, SERI/TR-213-3624.	Ed.2. 2005 Esp
Batería solar	IEC 61427	Acumuladores para sistemas de conversión fotovoltaicos de energía - Requisitos generales y métodos de ensayo.	Ed.2. 2005 Esp
Controlador de carga	IEC 62093 UL 1741	Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales	Ed.1. 2005 Esp
Inversor DC/AC	IEC 61683 UL 1741	Sistemas fotovoltaicos - Acondicionadores de potencia - Procedimiento para la medida del rendimiento.	Ed.1. 1999 Esp
Luminarias DC	IEC 60925	Balastos electrónicos alimentados en corriente continua para lámparas fluorescentes tubulares. Sección uno: prescripciones de funcionamiento.	Ed.1.2 2005 Esp
Cables		NEC 2008 UL Type PV, UL 4703, USE-2, UNE 21123, UNE 20.460-5-52, UTE C 32-502. IEC 60811	
Sistema FV	IEC 60904	Dispositivos fotovoltaicos. Parte 1: Medida de la característica corriente-tensión de dispositivos fotovoltaicos	Ed.2. 2006 Esp
	IEC 61173	Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos (FV) productores de energía. Guía.	Ed 1. 1992 Esp
	IEC 61194	Parámetros característicos de los sistemas fotovoltaicos (FV) autónomos	Ed 1. 1992 Esp
	IEC 61829	Campos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino - Medida en el sitio de características I-V.	Ed 1. 1995 Esp
	IEC 61836	Solar photovoltaic energy systems - Terms, definitions and symbols	Ed.2. 2007 Bil
	IEC 62124	Equipos fotovoltaicos (FV) autónomos. Verificación de diseño	Ed.1. 2004 Esp

Fuente: (Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

1.5.2.2. Sistemas fotovoltaicos

Para el caso de los sistemas fotovoltaicos aislados, la energía producida por los paneles fotovoltaicos se almacena en un banco de baterías a través del regulador de carga, que cumple con la función de controlar el voltaje y la corriente del SFV.

Caso contrario, para sistemas conectados a la red, la energía generada por el arreglo fotovoltaico se inyecta a la red mediante un inversor, pudiendo contar o no con un respaldo de baterías. La generación fotovoltaica del sistema sirve a las cargas convencionales en baja tensión.

Para una mejor referencia, a los sistemas fotovoltaicos se los clasifica de la siguiente manera:

AISLADOS (SFVA)

- SFVAR residenciales: para una vivienda con cargas en corriente continua, corriente alterna, o ambas.
- SFVAC para uso comunitario: centros de salud, escuela, casa comunitaria, iglesia, etc. Generalmente servicio en corriente alterna.
- SFVAE para usos especiales: telecomunicaciones, bombeo de agua, iluminación pública, sistemas de seguridad, otros. Generalmente en corriente alterna.
- SFVAM en micro red. Incluye las redes de distribución.

Todos los SFV aislados disponen de respaldo de baterías.

CONECTADOS A LA RED

- SFVCS sin respaldo en baterías.
- SFVCB con respaldo en baterías.
- SFVCM con micro inversores.

HÍBRIDOS

- SFVH que forman parte de un sistema mayor con energía de respaldo de fuentes renovables o no, como una micro central hidroeléctrica, una turbina eólica, un generador de biomasa, un grupo diésel, etc. Un sistema híbrido puede ser tanto aislado como conectado a la red.

1.5.2.3. Elementos de medición y registro de parámetros del SFV

Se especifica que el SFV debe ofrecer al usuario de forma permanente información sobre el estado de funcionamiento de los componentes.

En el caso de SFV conectados a la red, la instalación de elementos de medición es obligatorio. Dicha medición debe brindar los parámetros eléctricos del sistema. Para SFV aislados mayores de 1000 W, obligatoriamente deben proveer la siguiente información:

- Irradiación solar (kWh/m².dia). Se lo puede hacer con un piranómetro de tipo celda fotovoltaica.
- Intensidad y voltaje del arreglo fotovoltaico.
- Voltaje de la batería
- Intensidad de la carga, CC o CA.

1.5.2.4. Producción energética

Referente a los cálculos de producción energética, al tratarse de una instalación que brinda servicio durante todo el año, se deben hacer para el promedio anual de la radiación global sobre superficie horizontal, teniendo en cuenta que se le debe indicar al usuario el mes más desfavorable de producción.

Cuando se trata de instalaciones que no brindan servicio durante todo el año, el cálculo de la producción energética se lo hará para el periodo de tiempo más desfavorable durante el cual se diseña la operación del sistema.

1.5.2.5. SFV conectados a la red

En esta sección de la norma se estipula la conexión de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red que deben hacerse en baja tensión para voltajes de suministro en el punto de entrega inferiores a 600 V en corriente alterna.

Es importante que las instalaciones de los SFV conectadas a la red no originen situaciones peligrosas para el personal de mantenimiento y operación de la red de distribución, así mismo se debe evitar generar perturbaciones en la red como armónicos, flickers, etc.

Para el diseño eléctrico de la conexión a la red de los SFV deberá ser similar a cualquier sistema de generación convencional (grupo electrógeno, central mini hidráulica, etc.).

1.5.2.6. Facturación y medición

En el caso de la medición de los sistemas fotovoltaicos se lo hace generalmente mediante dos conceptos: 1) Medición neta, y 2) Tarifa preferencial.

- 1) La medición neta consiste en que la producción energética del SFV, conectado o no a la red, se descuenta del consumo energético del usuario cuando éste haga uso de la red pública, con lo que la planilla de pago mensual será la diferencia entre ambas. Al existir un excedente de producción energética, se entregará a la red, aun cuando supere el valor de consumo, no se reconoce al usuario el excedente vertido. Este sistema es de aplicación principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica.
- 2) La tarifa preferencial consiste en que la producción energética del SFV, conectado o no a la red, tiene un valor de venta mayor al de consumo. Se debe registrar los dos valores, el de consumo del usuario y el de producción del arreglo fotovoltaico. La medición puede hacerse con un solo medidor de doble sentido que permita registrar el consumo y la venta con dos tarifas.

En el Ecuador se aplica la tarifa preferencial con base en las regulaciones del Consejo Nacional de Electricidad. La regulación vigente (marzo 2010) que hace referencia a la tarifa preferencial para SFV es la 009/06 que fija un precio de venta de 52,04 centavos de dólar por kWh producido en el sector continental y de 57,24 centavos de dólar por kWh producido en la región insular.

En los anexos del capítulo de la norma consta los lineamientos sobre los cuales se basa el presente trabajo en los capítulos relativos a la demanda, así como los dimensionamientos correspondientes al sistema solar térmico para la producción de ACS.

2. DEMANDA

La distribución del consumo energético demandado por un hotel, depende de varios factores: del tipo de hotel, de su situación, categoría, los servicios que ofrece, etc. En este apartado se establece la demanda energética de los hoteles en las distintas zonas climáticas que conforma el Ecuador. Para ello se va a tener en cuenta consumos extraídos de la bibliografía empleada por la norma para hacer aproximaciones.

Con base a la norma ecuatoriana de la construcción NEC-11, se establecen las distintas categorías de hoteles (1-5 estrellas) aplicables en el sector. En los siguientes apartados se detalla los valores obtenidos, así como las fuentes utilizadas para obtener la estimación.

2.1. Demanda de agua caliente sanitaria

En el capítulo 14 de la NEC-11, se estipula que la demanda energética se la debe calcular mensualmente, según la tabla de necesidades de ACS. En el caso de la República del Ecuador, no existen estudios o datos establecidos para el consumo medio de agua caliente sanitaria de una persona según el tipo de instalación, pero son válidas las referencias del Código Técnico de la Edificación – Ministerio de Fomento de España.

La carga para el calentamiento de agua caliente sanitaria, según el CTE, sección HE 4 *Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria*, proporciona valores medios de consumo para distintos tipos de consumidores. En la siguiente tabla recogida por la norma UNE 94002 se especifica la demanda requerida a 60°C para la instalación, ya que es la temperatura impuesta por la norma.

Tabla 9. Demanda de agua caliente sanitaria a 60° C

Demanda	Litros ACS/(día.cama)
Hotel *****	69
Hotel ****	55
Hotel***	41
Hotel/hostal **	34
Hostal/pensión*	28

Fuente: (Martínez Gracia & Del Amo Sancho, 2016)

A continuación, se establecen los parámetros para el cálculo de la demanda mensual de ACS aplicada a las diferentes categorías de hoteles.

Tabla 10. Parámetros para demanda tipo

Número de usuarios	100
Número de hoteles	1
Temperatura de uso ° C	60

Tabla 11. Demanda de ACS según la categoría de hotel

	% Ocupación	Volumen requerido: Hotel * (m3/mes)	Volumen requerido: Hotel ** (m3/mes)	Volumen requerido: Hotel *** (m3/mes)	Volumen requerido: Hotel **** (m3/mes)	Volumen requerido: Hotel ***** (m3/mes)
Enero	100%	86.8	105.4	127.1	170.5	213.9
Febrero	100%	78.4	95.2	114.8	154	193.2
Marzo	100%	86.8	105.4	127.1	170.5	213.9
Abril	100%	84	102	123	165	207
Mayo	100%	86.8	105.4	127.1	170.5	213.9
Junio	100%	84	102	123	165	207
Julio	100%	86.8	105.4	127.1	170.5	213.9
Agosto	100%	86.8	105.4	127.1	170.5	213.9
Septiembre	100%	84	102	123	165	207
Octubre	100%	86.8	105.4	127.1	170.5	213.9
Noviembre	100%	84	102	123	165	207
Diciembre	100%	86.8	105.4	127.1	170.5	213.9
TOTAL		1022	1241	1496.5	2007.5	2518.5

Cabe mencionar que como condición previa para garantizar en cualquier momento una cobertura solar mínima, se ha considerado una ocupación del 100% del hotel durante todos los meses del año.

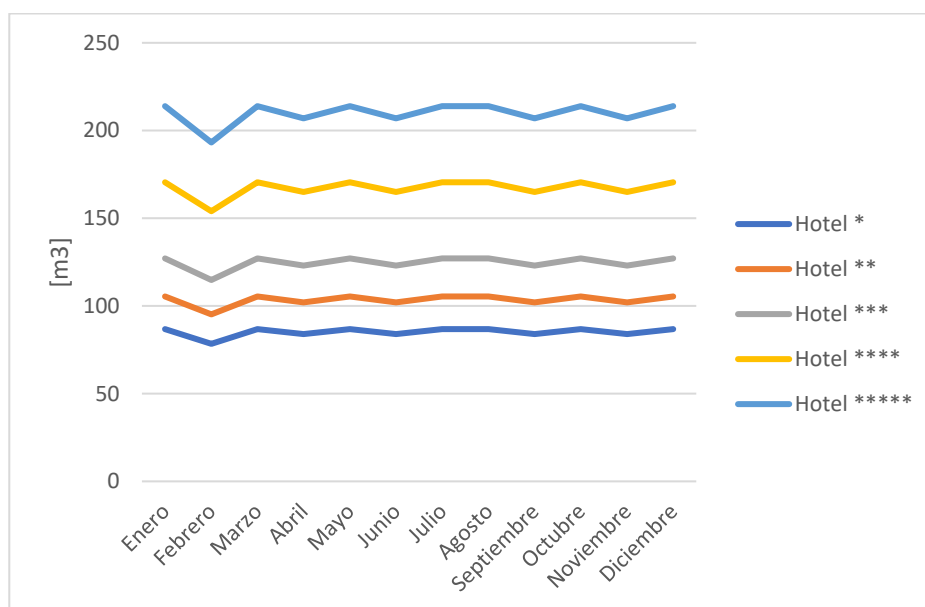


Ilustración 3. Demanda de ACS

2.2. Cálculo de la demanda energética

Realizado el calculado de consumo de ACS se procede a determinar la demanda energética que será la cantidad de energía necesaria para elevar la masa de agua de los consumos requeridos desde la temperatura de suministro del agua de red a la de referencia que estable la normativa.

Para el cálculo de la demanda energética se emplea la ecuación 14-a7 de la norma ecuatoriana de la construcción, que está en función al consumo diario de agua caliente sanitaria:

$$L_{TOT} = C \left(\frac{\text{litros}}{\text{persona y día}} \right) N_H N_M \rho_{H_2O} c_{pH_2O} (T_{ACS} - T_{red})$$

Donde,

ρ_{H_2O} densidad del agua,

c_{pH_2O} capacidad calorífica del agua (4.18 kJ/kg.K),

N_M días del mes,

N_H número de usuarios y,

$(T_{ACS} - T_{red})$ variación de temperatura entre el agua de red y el agua caliente sanitaria deseada.

Según la Tabla 5, zonas del Ecuador según irradiación solar, se dispone de varias zonas a lo largo de las distintas provincias del territorio ecuatoriano, motivo por el cual el análisis se centra en una ciudad representativa de cada una, teniendo en cuenta que la temperatura del agua de red varía en función a la altitud y región donde se encuentre el sitio a analizar.

En la siguiente tabla se describen las ciudades a ser analizada en el presente trabajo:

Tabla 12. Demanda de ACS según la categoría de hotel

PROVINCIA	CIUDAD	Wh/m2.día promedio	ZONA	Altura de referencia m.s.n.m
Azuay	Cuenca	4350	II	2550
Guayas	Guayaquil	4370	III	6
Pichincha	Quito	4990	IV	2812
Galápagos	Puerto Ayora	5835	V	12

La demanda energética se calcula mes a mes, de acuerdo la tabla de demanda de ACS para cada categoría de hotel. A modo de ejemplo, se presenta la tabla 13 calculada para la zona II que corresponde a la ciudad de Cuenca.

En los anexos se proporciona los valores de demanda energética para todas las zonas analizadas que tienen referencia a este trabajo.

Tabla 13. Cálculo de demanda energética mes a mes ZII

ZONA II CUENCA	Energía Necesaria Hotel * (kWh/mes)	Energía Necesaria Hotel ** (kWh/mes)	Energía Necesaria Hotel *** (kWh/mes)	Energía Necesaria Hotel **** (kWh/mes)	Energía Necesaria Hotel ***** (kWh/mes)
Enero	4798.85	5827.18	7026.89	9426.32	11825.74
Febrero	4307.09	5230.04	6306.81	8460.36	10613.90
Marzo	4778.66	5802.66	6997.33	9386.66	11775.99
Abril	4624.51	5615.48	6771.61	9083.86	11396.12
Mayo	4768.57	5790.40	6982.54	9366.83	11751.11
Junio	4595.20	5579.89	6728.69	9026.29	11323.89
Julio	4778.66	5802.66	6997.33	9386.66	11775.99
Agosto	4738.28	5753.63	6938.20	9307.34	11676.48
Septiembre	4624.51	5615.48	6771.61	9083.86	11396.12
Octubre	4798.85	5827.18	7026.89	9426.32	11825.74
Noviembre	4653.82	5651.07	6814.52	9141.43	11468.34
Diciembre	4808.95	5839.44	7041.67	9446.15	11850.62
TOTAL	56275.95	68335.09	82404.07	110542.05	138680.03

La demanda energética anual para las zonas destinadas a la simulación, se presenta en la ilustración 4, donde se observa que la altura incide directamente en la energía necesaria para el consumo de agua caliente sanitaria.

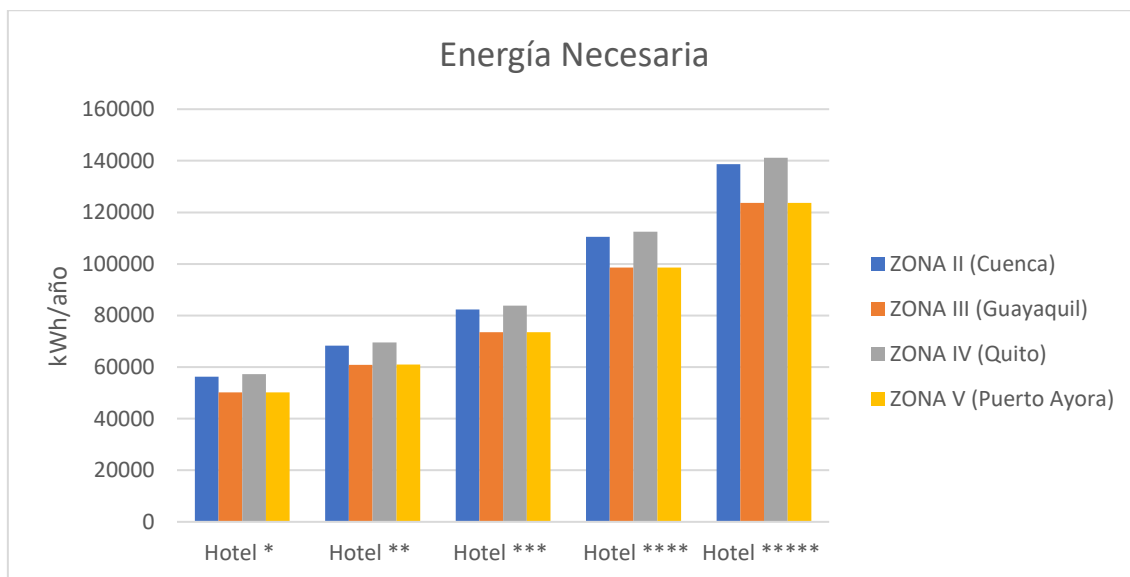


Ilustración 4. Demanda energética anual de ACS

3. TIPOLOGIA

En este apartado se describe el tipo de instalación solar de baja temperatura que, en función a las características climatológicas y a la demanda establecida en el apartado anterior, se presenta una de las posibles configuraciones que mejor se adapte a este tipo de uso.

Las instalaciones solares se pueden clasificar de varias maneras de acuerdo al criterio que se lo tome (Martínez Gracia & Del Amo Sancho, 2016):

- a. Según el tipo de circulación utilizado en el primario de instalación
Instalaciones por circulación natural (termosifón). Funcionamiento por convección natural;
Instalaciones por circulación forzada. Funcionamiento por accionamiento eléctrico de las bombas.
- b. Según el tipo de sistema de expansión utilizado
Sistemas abiertos. En comunicación directa con la atmósfera;
Sistemas cerrados. Circuito cerrado, con vasos de expansión.
- c. Según el tipo de transferencia de calor del primario al secundario
Sistemas directos. Fluido del circuito primario igual al agua de consumo;
Sistemas indirectos. Intercambiador de calor entre circuito primario y de consumo.
- d. Según el tipo de conexión con el sistema auxiliar
Sistemas centralizados en circuito solar y sistema de apoyo;
Sistemas con circuito y acumulación solar centralizada y apoyo individual con sistema instantáneo;
Sistemas con circuito solar centralizado y acumulación distribuida directa, con apoyo individual con sistema instantáneo;
Sistemas con circuito solar centralizado y acumulación distribuida indirecta, con apoyo individual con sistema instantáneo.

En el mercado existe una amplia variedad de combinaciones posibles entre los tipos de instalaciones anteriormente mencionados. Teniendo en cuenta la clasificación descrita se detalla el modelo para la simulación.

3.1. Circulación forzada

Debido a que el sector industrial hotelero requiere de un control importante en la instalación, se opta por la circulación forzada en el circuito primario. La característica principal para este tipo de instalación es que se requiere obligatoriamente de una bomba que realice el proceso de circulación del fluido, teniendo en cuenta que el encendido lo acciona un control diferencial de temperaturas.

Los hoteles por lo general se consideran instalaciones grandes que buscan cubrir una demanda bastante representativa, razón por la cual un intercambiador de placas es requerido en el circuito.

La principal ventaja de utilizar una circulación forzada es que se puede trabajar con saltos de temperatura menores lo cual implica un mejor rendimiento del sistema. La configuración para el trabajo de la bomba se caracteriza en el control entre 5 – 7 °C, medidos en el depósito y los paneles.

El caudal de trabajo de la bomba debe estar en función al requerimiento de agua caliente sanitaria y los parámetros estipulados en el diseño del captador (40-50 l/h.m²) (Martínez Gracia & Del Amo Sancho, 2016).

Las particularidades de cada instalación son independientes de este proyecto, generalizando una tipología común para analizar la influencia climatológica en distintos puntos de la República del Ecuador.

3.2. Sistemas de ACS medianos y grandes con acumuladores de agua sanitaria

Generalmente, las instalaciones solares medianas corresponden a sistemas provistos de un campo de captadores en el rango de 10m² a 50m², y, aquellas que sobrepasan los 50m², se consideran instalaciones grandes. Este tipo de instalaciones suelen colocarse en edificios residenciales plurifamiliares, residencias estudiantiles, hospitales, edificios comerciales, entre otros, donde el consumo de agua caliente sanitaria tiene una demanda significativa. Para el diseño de este tipo de instalaciones solares de gran capacidad se puede, en esencia, emplear el mismo principio de los sistemas a menor escala de demanda, utilizando un acumulador solar de ACS. (Cedeño, 2015)

De acuerdo al esquema de la ilustración 5, los paneles híbridos calientan inicialmente el fluido del circuito primario, de igual manera se encargan de generar energía eléctrica. Una vez alcanzado una diferencia de temperaturas suficiente entre dicho circuito y la parte inferior del acumulador solar, se acciona la bomba de carga en el circuito secundario permitiendo que el acumulador de agua sanitaria se caliente a través del intercambiador de calor externo. Al ser necesario un aporte auxiliar de energía ya que el calentamiento de agua sanitaria por fuente solar no cumple el requerimiento de temperatura necesaria de servicio, entra en acción el calentamiento del acumulador del sistema convencional por medio de la caldera.

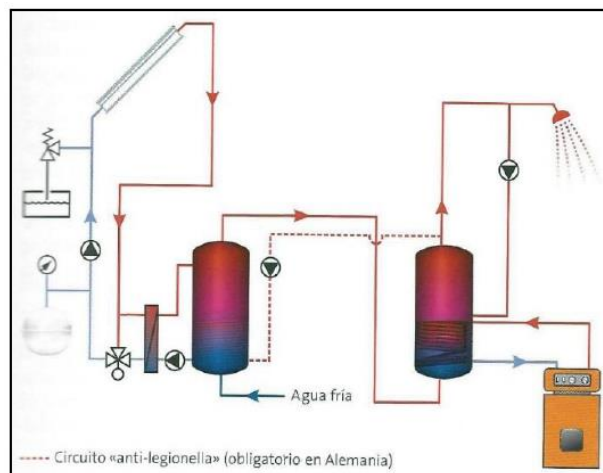


Ilustración 5. Instalación con dos acumuladores (uno solar de ACS y otro convencional) conectados en serie

Fuente: (Peuser, Remmers, & Schnauss, 2005)

Esta instalación presenta ciertas ventajas e inconvenientes enlistados a continuación:

Ventajas:

- Sencilla configuración del sistema;
- Operación de los captadores a un nivel de temperaturas lo más bajo posible, debido a que no existe un intercambiador de calor entre el circuito primario y el agua fría;
- Eliminación del control de descarga y del intercambiador de descarga;
- Consumo de energía eléctrica auxiliar inferior al del sistema de acumulador de inercia, ya que solo se necesitan de dos bombas.

Inconvenientes:

- Costos de los acumuladores de ACS mayores a los acumuladores de inercia debido a la mayor presión nominal, así como mayores requisitos relativos a la higiene y a la protección anticorrosiva;
- Reducción del rendimiento medio anual a causa de la diaria desinfección térmica del acumulador solar (obligatorio en Alemania);
- El calor solar se transfiere únicamente cuando hay consumo de agua caliente.

3.3. Solar centralizada con acumulación y apoyo centralizado

La industria hotelera tiene una amplia variedad de instalaciones para el servicio de agua caliente sanitaria, en general, se puede establecer una superficie de captación, acumulación y sistema de apoyo concentrados para dar servicio a los usuarios del hotel.

Este tipo de sistemas al estar todo centralizado, se consiguen buenos rendimientos puesto que la contribución solar está repartida entre todos los beneficiarios. Este modelo se acomoda mejor a la industria gracias a que el espacio común esta destinado a alojar todos los equipos de la instalación.

Para mantener el circuito caliente, de modo que el usuario pueda disponer de ACS de forma inmediata, las tuberías montantes tienen un sistema de recirculación mediante una bomba. Tanto la tubería de retorno, así como la bomba son pequeñas ya que el objetivo es mantener caliente la tubería.

La válvula termostática se ubica a la salida del depósito garantizando la distribución a la mínima temperatura y evitando al mínimo pérdidas de calor.

4. SIMULACIÓN

La simulación dinámica de estos sistemas en herramientas como TRNSYS, permite no solamente optimizar los componentes y parámetros fundamentales del sistema, sino también detectar posibles errores de dimensionado, antes de ser puestos en práctica.

En el presente trabajo se presenta un esquema general de dimensionado de un sistema de energía solar térmica para calentamiento de ACS de un hotel con capacidad para 100 personas, variando en su demanda de acuerdo a la categoría del hotel, a través del cual se pretende mostrar la incidencia de los distintos tipos de climatología presentes en la República del Ecuador.

4.1. Modelo dinámico

La siguiente ilustración muestra el modelo empleado construido en TRNSYS.

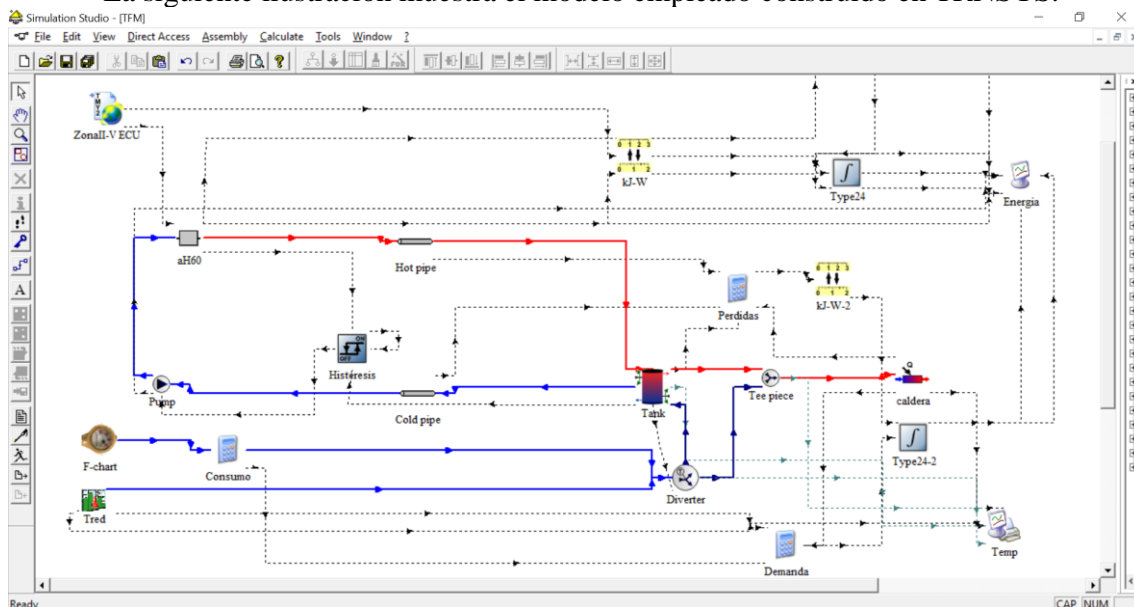


Ilustración 6. Modelo de simulación TRNSYS

El componente que proporciona los datos meteorológicos (temperatura ambiente, irradiancia, etc.) utiliza la base de datos METEONORM, correspondientes a las ciudades previstas a evaluar energéticamente en el país de Ecuador, teniendo en cuenta que la temperatura de agua de red se modela de acuerdo a los datos proporcionados por la norma.

El panel híbrido está representado por el type aH60, que es el modelo de colector proporcionado por la empresa ABORA ENERGY S.L. Este componente está diseñado para modelar un colector solar no acristalado que tiene el doble propósito de crear energía a partir de células fotovoltaicas (PV) integradas y proporcionar calor a una corriente de fluido que pasa a través de tubos unidos a una placa absorbente ubicada debajo de las células PV.

El calor residual rechazado a la corriente de fluido es útil por dos razones; 1) enfría las celdas fotovoltaicas permitiendo mayores eficiencias de conversión de energía y 2) proporciona una fuente de calor para muchas aplicaciones posibles de baja temperatura.

Este modelo se basa en factores lineales que relacionan la eficiencia de las celdas PV con la temperatura de la celda y también la radiación solar incidente. Se supone que las celdas están funcionando en su condición de punto de máxima potencia. (ABORA ENERGY, 2017)

El componente DIVERTER simula el comportamiento de una válvula termostática de tres vías, cuya función es limitar la temperatura de salida del sistema, en este caso a 60°C, temperatura por debajo de la cual se debe mantener la corriente de flujo de la fuente de calor en todo momento.

El perfil de consumo proporcionado por el componente f-char, está basado en correlaciones empíricas que ha sido asumido para su modelación, teniendo en cuenta que se puede modificar de acuerdo a las necesidades propias de cualquier otro tipo de perfil.

El controlador diferencial denotado como HISTERESIS permite determinar el encendido y apagado de la bomba de circulación para mantener un continuo funcionamiento de la bomba. La histéresis proporciona una diferencia entre los tiempos de apagado y encendido según los parámetros de temperatura que se establezca.

4.2. Datos de radiación solar

Al aprovechar la ventaja de la simulación dinámica de TRNSYS, se puede establecer el ángulo óptimo para aprovechar todo el potencial energético sobre la superficie a lo largo del año.

A los efectos de determinar la inclinación óptima para el tipo de demanda dada, se realizan simulaciones para inclinaciones distintas, y evaluando la irradiación global incidente sobre el plano inclinado para un periodo de tiempo de un año. La siguiente tabla resume los resultados obtenidos.

Tabla 14. Ángulo óptimo de aprovechamiento de irradiación

Grados	kWh_incl Cuenca (Zona II)	kWh_incl Guayaquil (Zona III)	kWh_incl Quito (Zona IV)	kWh_incl Pto. Ayora (Zona II)
0	1540	1439	1638	2213
1	1540	1438	1639	2216
2	1539	1437	1640	2218
3	1539	1436	1641	2220
4	1538	1434	1641	2221
5	1537	1433	1641	2222

En la siguiente ilustración se observa la curva de producción de energía sobre la horizontal (curva rosada) y con una inclinación de 5° (curva anaranjada) en la ciudad de Quito, existiendo una variación poco apreciable, pero a la vez la más significativa para obtener el ángulo óptimo de aprovechamiento.

Los niveles de potencia obtenidos con la simulación son similares a lo largo del año con una pendiente de energía bastante estable, por lo que el sistema energético tendrá un comportamiento similar.

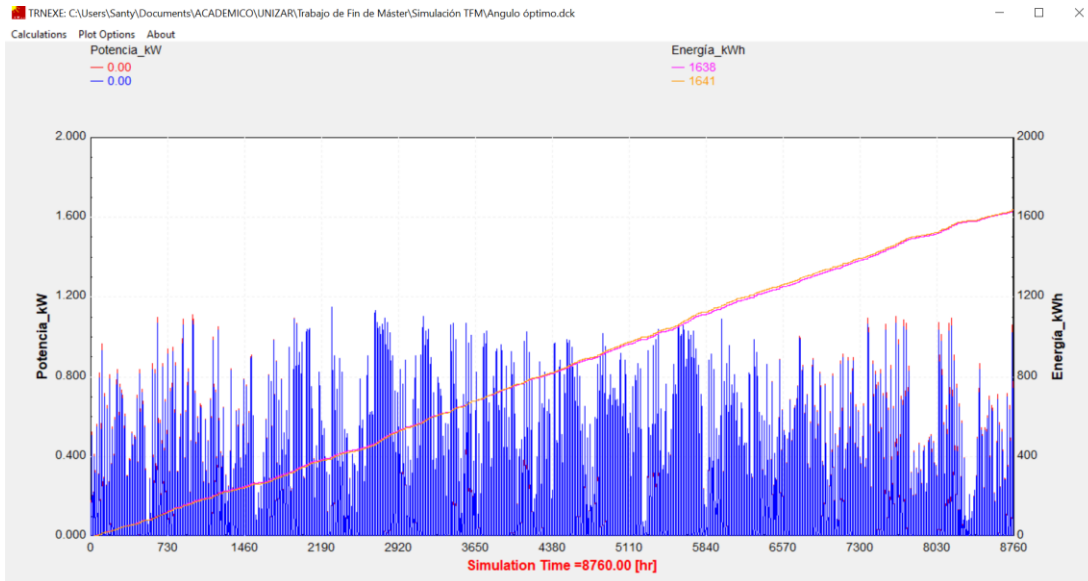


Ilustración 7. Simulación ángulo óptimo

Se puede escoger una inclinación entre 0 a 5° a los efectos de maximizar la energía recibida en un periodo de un año. Sin embargo, considerando que la demanda depende de la altitud y la región donde se vaya a instalar, el ángulo de inclinación se debe verificar con la ubicación exacta para un mejor aprovechamiento del recurso solar.

La diferencia (en valor absoluto) entre los valores del Mapa Solar y Meteonorm indicada en la tabla 15, es relativa al valor correspondiente del mapa solar. Nótese que, exceptuando la zona V (región insular), las diferencias se sitúan por debajo del 10% del valor correspondiente del Mapa Solar.

Tabla 15. Irradiación media anual, obtenida a partir de la base de datos de Meteonorm (TRNSYS), comparada con los valores del Mapa Solar

ZONA	Mapa solar [kWh/m ² .año]	Meteonorm [kWh/m ² .año]	\Delta r [%]
II	1642.5	1540	6.2
III	1595.1	1439	9.8
IV	1821.4	1638	10
V	1938.2	2213	14.2

4.3. Caudal en circuito primario.

El componente que modela la bomba de circulación permite encontrar el caudal óptimo de trabajo en el circuito primario a razón de obtener un mejor aprovechamiento en la producción de energía térmica. Para estimar una aproximación del caudal se calcula como el producto entre el caudal por m² del colector (valor medio de 25 l/h/m²), el número de paneles y el área de cada panel.

Así, la bomba queda determinada por el caudal y la altura, que sería necesario calcular la pérdida de carga de toda la instalación, pero al ser una simulación general en este caso, se asume entre 2 a 3 mca que son valores correspondientes a la altura del captador al tratarse de una instalación en paralelo.

4.4. Tanque de acumulación

El volumen de acumulación en el tanque de la instalación es una magnitud que permite un cierto grado de elección entre unos límites, ya que al considerar un volumen excesivamente pequeño no permite que el captador transfiera suficiente calor para hacer efectivo su funcionamiento en las horas de mayor emisión solar, mientras que un volumen excesivamente grande reduce la productividad. (Suquet, 2006)

Para dimensionar el volumen del tanque de acumulación, con base a la demanda establecida de agua caliente sanitaria y el número de personas, se aproxima al volumen de acumulación inicial a considerar para la simulación, pues la demanda diaria puede considerarse como el desfase temporal máximo. (Martínez Gracia & Del Amo Sancho, 2016).

De esta manera, se debe cumplir la condición: $50 < V/A < 180$, al momento de establecer la relación definitiva entre estas dos variables. Una vez realizada la simulación se puede afinar los valores aproximados considerando datos reales de volumen para tanques de acumulación disponibles en el mercado teniendo en cuenta su producción al variar dichos valores.

4.5. Bombas

La importancia de la función de las bombas de circulación en un circuito forzado es la de permitir la circulación del fluido de trabajo, es decir, deben ayudar a vencer la resistencia que opone el fluido a su paso por la tubería.

La norma ecuatoriana de la construcción establece que: En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba deberán ser:

- a. Resistentes a la corrosión.
- b. Compatibles con el fluido de trabajo utilizado.
- c. Resistentes a las averías producidas por el efecto de las incrustaciones calizas.
- d. Resistentes a la presión y temperatura máxima del circuito.

Estas características que deben cumplir las bombas y otras relativas a su dimensionamiento, se deberá seleccionar una relativa a que garantice la circulación de impulsión en base a recomendaciones técnicas que apuntan a hacerlo de esta manera en los casos de instalaciones superiores a 50 m².

4.6. Simulación dinámica

Una vez descritos los componentes que se utilizan al momento de realizar el modelo del sistema, así como de encontrar el grado óptimo de inclinación de los paneles, se efectúa la simulación en el Software TRNSYS a largo de un año en las distintas zonas climáticas a analizarse.

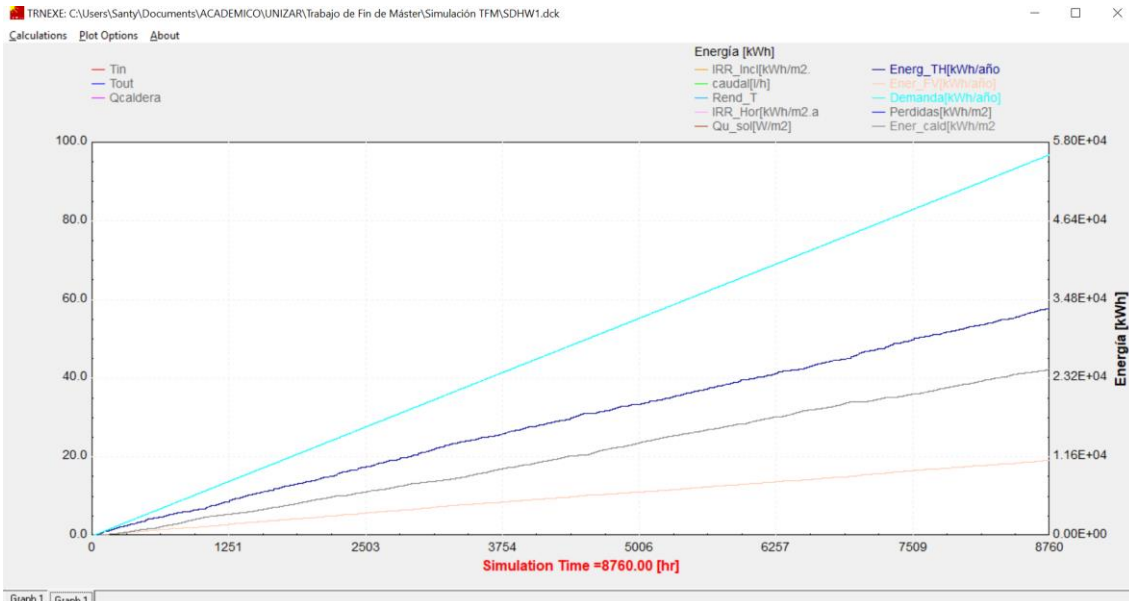


Ilustración 8. Simulación del modelo Zona II – Energía

La información que provee la simulación, proporciona datos de producción tanto de energía térmica (curva azul), como fotovoltaica (curva amarilla), donde se incluye el cálculo de demanda de ACS (curva celeste) y el aporte del sistema auxiliar (curva gris). Los datos obtenidos son analizados en el apartado 5.

Al ser una herramienta de simulación que brinda información con el propósito de aprovechar de manera eficiente la incidencia de la energía solar captada en los colectores solares, se puede representar la temperatura del tanque de almacenamiento de forma estratificada como lo muestra la siguiente ilustración.

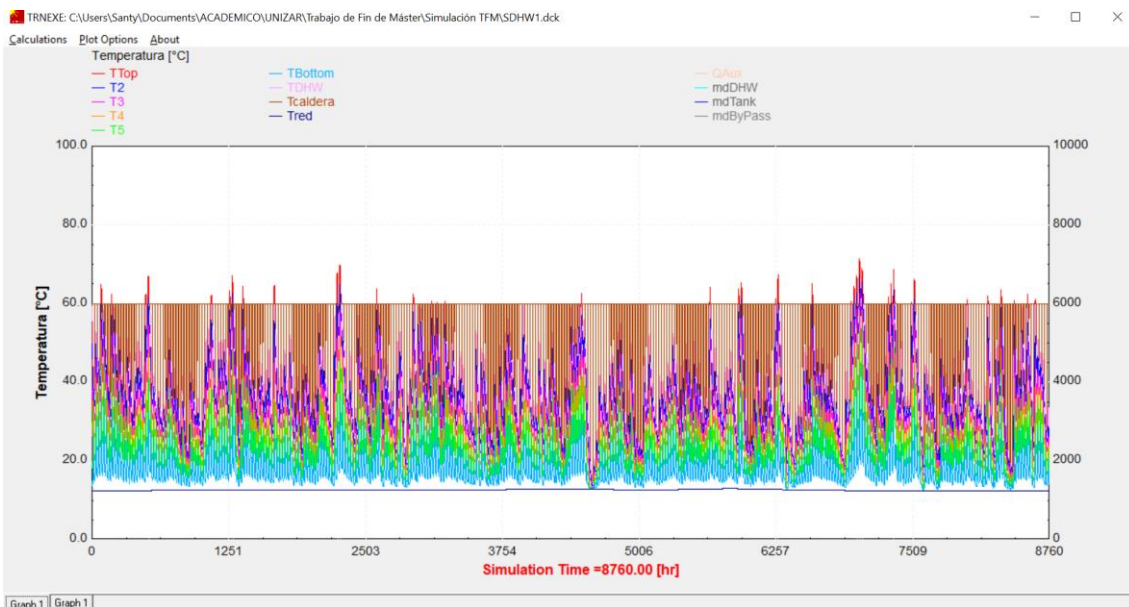


Ilustración 9. Simulación del modelo Zona II - Temperaturas

La altura de cada nodo del tanque de almacenamiento se lo puede fijar de acuerdo a cada tanque específico en cuestión, siendo la altura total del tanque la suma de todas las alturas de los nodos.

5. RESULTADOS

Una vez modelado y simulado los principales componentes del sistema solar térmico, se tiene el siguiente análisis energético anual para las distintas zonas climáticas del Ecuador; a la vez se realiza un análisis económico general de una instalación para su potencial aprovechamiento en la industria hotelera.

5.1. Análisis energético

Se recopila principalmente la información referente a la producción energética tanto térmica como fotovoltaica, así mismo las pérdidas que se produce en los principales elementos constitutivos del sistema solar primario como son caldera, tanque de acumulación, etc.

El porcentaje de la demanda térmica queda cubierto gracias a la instalación que, de conformidad de la norma, recomienda que sea mínimo el 60% para uso residencial, sin que se establezca una distinción en función a las zonas climáticas.

Tabla 16. Análisis energético para hotel de 1 estrella

Categoría hotel: 1 estrella								
Número personas: 100								
Consumo ACS (60°C): 28 l/persona/día								
ZONA	Irr_Horiz (kWh/m2.año)	Irr_Incl (kWh/m2.año)	Energía TH (kWh/año)	Energía FV (kWh/año)	Energía AUX (kWh/año)	Número de colectores	Demanda ACS (kWh/año)	CS (>60%)
II	1540	1540	33531	11165	24607	36	56229	60%
III	1439	1439	30179	10905	22334	38	50180	60%
IV	1638	1641	35101	11260	24201	34	57299	61%
V	2213	2222	30769	8941	21920	20	50182	61%

Tabla 17. Análisis energético para hotel de 2 estrellas

Categoría hotel: 2 estrellas								
Número personas: 100								
Consumo ACS (60°C): 34 l/persona/día								
ZONA	Irr_Horiz (kWh/m2.año)	Irr_Incl (kWh/m2.año)	Energía TH (kWh/año)	Energía FV (kWh/año)	Energía AUX (kWh/año)	Número de colectores	Demanda ACS (kWh/año)	CS (>60%)
II	1540	1540	40637	13608	29491	44	68278	60%
III	1439	1439	36668	13443	26586	47	60933	60%
IV	1638	1641	41684	13244	29771	40	69577	60%
V	2213	2222	37132	10729	26271	24	60932	61%

Tabla 18. Análisis energético para hotel de 3 estrellas

Categoría hotel: 3 estrellas								
Número personas: 100								
Consumo ACS (60°C): 41 l/persona/día								
ZONA	Irr_Horiz (kWh/m2.año)	Irr_Incl (kWh/m2.año)	Energía TH (kWh/año)	Energía FV (kWh/año)	Energía AUX (kWh/año)	Número de colectores	Demanda ACS (kWh/año)	CS (>60%)
II	1540	1540	49458	16707	34989	54	82336	60%
III	1439	1439	43960	16048	32085	56	73478	60%
IV	1638	1641	50566	16225	35499	49	83902	60%
V	2213	2222	44476	12956	31746	29	73477	61%

Tabla 19. Análisis energético para hotel de 4 estrellas

Categoría hotel: 4 estrellas								
Número personas: 100								
Consumo ACS (60°C): 55 l/persona/día								
ZONA	Irr_Horiz (kWh/m2.año)	Irr_Incl (kWh/m2.año)	Energía TH (kWh/año)	Energía FV (kWh/año)	Energía AUX (kWh/año)	Número de colectores	Demanda ACS (kWh/año)	CS (>60%)
II	1540	1540	65842	22525	46793	73	110451	60%
III	1439	1439	59001	21993	42259	77	98569	60%
IV	1638	1641	68600	22427	46248	68	112553	61%
V	2213	2222	59540	17403	41878	39	98567	60%

Tabla 20. Análisis energético para hotel de 5 estrella

Categoría hotel: 5 estrellas								
Número personas: 100								
Consumo ACS (60°C): 69 l/persona/día								
ZONA	Irr_Horiz (kWh/m2.año)	Irr_Incl (kWh/m2.año)	Energía TH (kWh/año)	Energía FV (kWh/año)	Energía AUX (kWh/año)	Número de colectores	Demanda ACS (kWh/año)	CS (>60%)
II	1540	1540	82628	28378	58295	92	138566	60%
III	1439	1439	74006	27698	52577	97	123660	60%
IV	1638	1641	86255	28346	57451	86	141202	61%
V	2213	2222	75661	22277	51133	50	123657	61%

Análisis:

De acuerdo a los datos obtenidos en la simulación para varias categorías de hoteles en distintas zonas climáticas de la República del Ecuador, la cobertura solar a cubrir según lo estipulada la norma ecuatoriana de la construcción, se cumple con un determinado número de paneles que está en función a la demanda de ACS y a la irradiación solar que recibe el emplazamiento.

5.2. Análisis económico

Para establecer un análisis económico de instalaciones que hacen uso de paneles solares híbridos PV/T, se establece criterios como el ahorro generado, inversión de la instalación, flujo de caja generado, retorno de la inversión o PAYBACK, entre otros criterios.

A continuación, se exponen ciertas consideraciones tomadas en cuenta para la elaboración del presupuesto:

1. El presupuesto que se establece para la instalación es referencial que responde a un análisis económico el cual incluye los principales elementos de la instalación solar térmica y fotovoltaica para su implementación.
2. La fuente de información donde se obtiene precios de equipos, así como mano de obra, es propiedad de ABORA ENERGY S.L. (España), que aporta con su experiencia y precios de mercado actuales para un presupuesto apegado a la realidad.
3. La fabricación en Ecuador de este tipo de tecnología hasta el momento se considera artesanal sin contar con requerimientos de garantía de fabricación que avalen ensayos de homologación y etiquetado.

4. Los precios varían de acuerdo al trámite de importación que se pueda obtener en el mercado, teniendo en cuenta que actualmente existe exoneración en el pago de aranceles para este tipo de tecnología.

5.2.1. Presupuesto Referencial

El presupuesto establecido incluye costos directos, así como indirectos de mano de obra y utilidad para el instalador, siendo una instalación “llave en mano” para el inversionista. El precio de cada instalación varía de acuerdo a la capacidad de cada elemento.

A continuación, se describen los principales rubros considerados en el presupuesto:

Tabla 21. Bancadas de paneles híbridos ah60

PANEL HÍBRIDO aH60	Panel solar híbrido aH60 de segunda generación con producción simultánea de energía térmica y eléctrica, con aislamiento térmico en la cara posterior y una cámara aislante en la cara frontal del panel. Dimensiones exteriores Largo x Ancho x Espesor=1655 x 998 x 83 mm, con una superficie total de 1.65 m ² y área de apertura de 1.57 m ² y peso 42 Kg. Rendimiento óptico 0.59, coeficiente de pérdidas primario 3.3 W/m ² *K, coeficiente secundario 0.018 W/m ² *K. La capa fotovoltaica está formada por 60 células monocristalinas, potencia máxima 260 W, y los siguientes valores eléctricos: Vmp=31.44 V, Imp=8.59 A, Isc=9.07 A, Voc=38.65 A y eficiencia 16.01%, en condiciones estándar STC (AM 1.5, Irradiación 1000 W/m ² , temperatura de la célula 25 °C).
VÁVULA DE EQUILIBRADO	Válvula de equilibrado STAD-15/14 s/v de IMI TA

Tabla 22. Elementos asociados a la hidráulica

ACUMULADORES	Depósito acumulador de acero vitrificado Master Vitro según requerimiento
BOMBAS DOBLES	Bomba Magna 3 D 32- 80 PN10 o lo requerido
INTERCAMBIADORES	Intercambiador de placas Sedical. Modelo UFP-34/11 H-C PN10 o lo requerido
VASOS DE EXPANSIÓN	Vaso de expansión de capacidad de acuerdo al requerimiento
DISIPADORES TERMICOS	Equipo de disipación térmica de energía solar. Modelo 501- P. dis. 39,8Kw Pm490 w; 695x700x515mm; 41Kg o lo requerido
SISTEMA DE REGULACIÓN	Regulador solar Resol Deltasol SLT
CAUDALIMETRO	RESOL caudalímetro V40-25
TUBERIA DE COBRE	Tubo de cobre de 18mm.
TUBERIA DE COBRE	Tubo de cobre de 22mm.

TUBERIA DE COBRE	Tubo de cobre de 28mm.
AISLAMIENTO	Aislamiento Rubaflex Solar HT de 30 mm. de espesor para tubo de cobre de 18mm.
AISLAMIENTO	Aislamiento Rubaflex Solar HT de 30 mm. de espesor para tubo de cobre de 22mm.
AISLAMIENTO	Aislamiento Rubaflex Solar HT de 30 mm. de espesor para tubo de cobre de 28mm.

Tabla 23. Instalación fotovoltaica

INVERSOR FOTOVOLTAICO	Inversor trifásico sin transformador FRONIUS Symo 10.0-3-M. P=10kW; 200-1000Vdc; wifi; IP65; 2MMPT; 2+2 entradas cc.; 19,9kg. (o lo requerido)
CUADRO DE PROTECCIÓN CONTINUA	Cuadro de protección para continua 2M. Formado por 4 fusibles para FV de 16A y 2 sobretensiones PSM3-40/1000 PV. Y p.p. de cableado de DC (o lo requerido)
CUADRO DE PROTECCIÓN ALTERNA	Cuadro de protección para alterna salida inversor trifásico 2T Imax: 16A. Incluye: interruptor diferencial, magnetotérmico y sobretensiones Y p.p. de cableado de AC (o lo requerido)

Tabla 24. Monitorización

MONITORIZADOR	aH HYBRID MONITOR 1.0: Monitorizador de producción de energía solar térmica y fotovoltaica con comunicación on-line. El aH HYBRID MONITOR puede medir temperaturas, caudal y presión del circuito hidráulico solar así como la intensidad eléctrica de sistema fotovoltaico. El equipo permite conocer, en tiempo real, la producción térmica y fotovoltaica de la instalación. Así como almacenar datos históricos, calcular los ahorros económicos y los ahorros de emisiones de CO2 producidos. A través de la plataforma on-line esta información está disponible en cualquier navegador de internet. El caudalímetro no está incluido y es imprescindible para el cálculo de energía térmica. Características: salida por impulsos < 5V.
----------------------	---

5.2.2. Caso tipo

Se realiza un presupuesto tipo llave en mano donde consta el precio real para el cliente incluido mano de obra, beneficio industrial, para el caso de Puerto Ayora, categoría 1 estrella. Cabe mencionar que el precio no incluye I.V.A. y se excluye costes de importación de equipamiento al país.

Tabla 25. Presupuesto tipo – Zona V

Número de paneles instalación	20
Tipo de estructura	ESTRUCTURA METÁLICA COPLANAR
Conexión Eléctrica	INVERSOR TRIFÁSICO

26,260.54 €

OCULTAR CELDAS EN BLANCO ----> DOBLE CLICK

CAP. 1 - BANCADAS DE PANELES HIBRIDOS AH72				
Nº Partida	Resumen	Cant.	Coste unitario	Coste Total
PANEL HÍBRIDO ah72	Panel solar híbrido ah72 de segunda generación con producción simultánea de energía térmica y eléctrica, con aislamiento térmico en la cara posterior y una cámara aislante en la cara frontal del panel. Dimensiones exteriores (LxAxE) = 1641 x 992 x 65 mm con una superficie total de 1.65 m ² y área de apertura de 1.57 m ² y peso 42 Kg. Rendimiento óptico 0.59, coeficiente de pérdidas primario 3.3 W/m ² *K, coeficiente secundario 0.018 W/m ² *K. La capa fotovoltaica está formada por 60 células monocristalinas, potencia máxima 260 W, y los siguientes valores eléctricos: Vmp=31.44 V, Imp=8.59 A, Isc=9.07 A, Voc=38.65 A y eficiencia 16.01%, en condiciones estándar STC (AM 1.5, Irradiación 1000 W/m ² , temperatura de la célula 25 °C).	20	647.70 €	12,954.00 €
RACORES DE BANCADA	Kit de conexión rápida/roscada para 10 paneles ah60/ah72, formado por: 18 compensadores de dilatación de acero inoxidable, Codo + Llave de corte (Entrada bancada), Purgador + Llave de corte + Portasonda cuando corresponda (Salida bancada), Valvula de seguridad + Llave de vaciado y Tapón.	2	450.96 €	901.92 €
ESTRUCTURA METÁLICA COPLANAR	Estructura coplanar para 10 paneles ah72 en cubierta inclinada. Se incluyen los anclajes y tornillería para sujetar los paneles. No se incluyen salvatejas o anclajes a tejado.	2	653.23 €	1,306.46 €
VÁVULA DE EQUILIBRADO	Válvula de equilibrado STAD-15/14 s/v de IMI TA	2	92.72 €	185.45 €
TOTAL BANCADAS DE PANELES HÍBRIDOS ah60				15,347.83 €

CAP. 2 - INSTALACIÓN HIDRÁULICA				
Nº Partida	Resumen	Cant.	Coste unitario	Coste Total
INTERACUMULADORES	Depósito acumulador de acero vitrificado Master Vitro MVV-2500-RB	1	3,667.53 €	3,667.53 €
BOMBAS SIMPLES	Bomba ALPHA2 15-60	1	0.00 €	0.00 €
VASOS DE EXPANSIÓN	Vaso de expansión de capacidad 18 litros, 270mm de diámetro 400mm. de altura	1	108.71 €	108.71 €
DISIPADORES TERMICOS	Equipo de disipación térmica de energía solar. Modelo 391- P. dis. 31,2Kw Pm490w; 695x700x15mm; 40Kg	1	827.10 €	827.10 €
SISTEMA DE REGULACIÓN	Regulador solar Resol Deltasol BX	1	364.35 €	364.35 €
CAUDALÍMETRO	RESOL caudalímetro V40-15	1	133.30 €	133.30 €
TUBERÍA DE COBRE	Tubo de cobre de 18mm.	13	18.29 €	237.80 €
TUBERÍA DE COBRE	Tubo de cobre de 22mm.	25	22.10 €	552.40 €
AISLAMIENTO	Aislamiento Rubaflex Solar HT de 30 mm. de espesor para tubo de cobre de 18mm.	13	13.28 €	172.65 €
AISLAMIENTO	Aislamiento Rubaflex Solar HT de 30 mm. de espesor para tubo de cobre de 22mm.	25	14.18 €	354.57 €
TOTAL INSTALACIÓN HIDRÁULICA				6,418.39 €

CAP. 3 - INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA				
Nº Partida	Resumen	Cant.	Coste unitario	Coste Total
INVERSOR FOTOVOLTAICO	Inversor trifásico sin transformador FRONiUS Symo 6.0-3-M. P=6kW; 150-1000Vdc; wifi; IP65; 2MMPT; 2+2 entradas cc.; 19,9kg.	1	1,487.04 €	1,487.04 €
CUADRO DE PROTECCIÓN CONTINUA	Cuadro de protección para continua 1M. Formado por 2 fusibles para FV de 16A y 1 sobretensiones PSM3-40/1000 PV. Y p.p. de cableado de DC.	1	523.80 €	523.80 €
CUADRO DE PROTECCIÓN ALTERNA	Cuadro de protección para alterna salida inversor trifásico 1T Imax: 10A. Incluye: interruptor diferencial, magnetotérmico y sobretensiones Y p.p. de cableado de AC	1	922.80 €	922.80 €
TOTAL INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA				2,933.64 €

CAP. 4 - INSTALACIÓN MONITORIZADOR				
Nº Partida	Resumen	Cant.	Coste unitario	Coste Total
MONITORIZADOR	ah HYBRID MONITOR 1.0: Monitorizador de producción de energía solar térmica y fotovoltaica con comunicación on-line. El ah HYBRID MONITOR puede medir temperaturas, caudal y presión del circuito hidráulico solar así como la intensidad eléctrica de sistema fotovoltaico. El equipo permite conocer, en tiempo real, la producción térmica y fotovoltaica de la instalación. Así como almacenar datos históricos, calcular los ahorros económicos y los ahorros de emisiones de CO2 producidos. A través de la plataforma on-line esta información está disponible en cualquier navegador de internet. El caudalímetro no está incluido y es imprescindible para el cálculo de energía térmica. Características: salida por impulsos < 5V.	1	1,560.68 €	1,560.68 €
TOTAL INSTALACIÓN MONITORIZADOR				1,560.68 €

Fuente: (ABORA ENERGY, 2017)

Considerando una tasa media de cambio 1EUR=1,15USD, el presupuesto asciende a \$30,199.62

5.2.3. Ahorro generado

El ahorro generado representa la cantidad de dinero que el usuario de esta tecnología deja de pagar, en este caso a la compañía suministradora de electricidad o de gas. De acuerdo a la Agencia de Regulación y Control de la Electricidad, la tarifa preferencial para SFV es la 009/06 que fija un precio de venta de energía de 52,04 centavos de dólar por kWh producido en el sector continental y de 57,24 centavos de dólar por kWh producido en la región de Galápagos, mientras que el precio de compra de energía eléctrica utilizado en el sector comercial se calcula en 0,12 centavos de dólar por kWh, incluyendo valores de recaudación a terceros. (Agencia de Regulación y Control de la Electricidad, 2018).

Con base a estas tarifas, se toma en cuenta la producción de energía eléctrica y térmica generada por los paneles híbridos multiplicando por sus respectivos precios para obtener el ahorro económico generado a lo largo de un año.

5.2.4. Vida útil de la instalación

Actualmente, con la evolución y perfeccionamiento de los componentes en los sistemas tanto térmicos como eléctricos, la vida útil de una instalación híbrida PV/T se puede estimar en unos 25 años con facilidad. Para esto dicha instalación solar deberá contar con componentes de calidad y una monitorización constante. A efectos de criterio conservadores, el presente trabajo considera una vida útil de 20 años.

Sin duda, con un mantenimiento tanto preventivo como predictivo, en el que se incluya un sistema de monitorización se puede tener una mayor vida útil asegurando los ahorros energéticos y económicos.

5.2.5. Estudio comparativo

En las siguientes tablas se resume los resultados obtenidos en el trabajo, teniendo en cuenta que las instalaciones obedecen a tipologías generales para cada zona y que los flujos de caja generados consideran como ingreso únicamente el ahorro generado y como egresos a los costes asociados al mantenimiento (7% del ahorro generado) y los impuestos que se debe retribuir a las arcas del Estado.

Tabla 26. Cuadro comparativo Zona II

CUENCA					
Categoría Hotel	1 estrella	2 estrellas	3 estrellas	4 estrellas	5 estrellas
Paneles	36	44	54	73	92
Cobertura solar (%)	60%	60%	60%	60%	60%
Ahorro económico (\$/año)	\$9,833.99	\$11,958.04	\$14,629.28	\$19,623.05	\$24,683.27
Inversión de instalación (\$)	\$50,328.61	\$60,406.14	\$75,039.48	\$84,930.70	\$126,377.63
Payback (años)	5.87	5.80	5.88	5.09	5.87
Flujo de caja acumulado (\$)	\$177,608.00	\$216,604.22	\$264,078.57	\$366,801.96	\$445,753.07

Tabla 27. Cuadro comparativo Zona III

GUAYAQUIL					
Categoría Hotel	1 estrella	2 estrellas	3 estrellas	4 estrellas	5 estrellas
Paneles	38	47	56	77	97
Cobertura solar (%)	60%	60%	60%	60%	60%
Ahorro económico (\$/año)	\$9,296.44	\$11,395.90	\$13,626.58	\$18,525.28	\$23,294.76
Inversión de instalación (\$)	\$52,211.42	\$65,274.79	\$77,813.34	\$104,438.33	\$131,216.89
Payback (años)	6.35	6.45	6.43	6.37	6.36
Flujo de caja acumulado (\$)	\$164,192.52	\$200,255.02	\$239,644.69	\$326,874.82	\$411,119.33

Tabla 28. Cuadro comparativo Zona IV

QUITO					
Categoría Hotel	1 estrella	2 estrellas	3 estrellas	4 estrellas	5 estrellas
Paneles	34	40	49	68	86
Cobertura solar (%)	61%	60%	60%	61%	61%
Ahorro económico (\$/año)	\$10,071.82	\$11,894.26	\$14,511.41	\$19,903.01	\$25,101.86
Inversión de instalación (\$)	\$48,558.79	\$57,879.74	\$67,139.06	\$91,244.33	\$115,526.59
Payback (años)	5.58	5.62	5.38	5.34	5.36
Flujo de caja acumulado (\$)	\$184,293.13	\$217,212.18	\$267,787.45	\$367,953.56	\$463,707.65

Tabla 29. Cuadro comparativo Zona V

PUERTO AYORA					
Categoría Hotel	1 estrella	2 estrellas	3 estrellas	4 estrellas	5 estrellas
Paneles	20	24	29	39	50
Cobertura solar (%)	61%	61%	61%	60%	61%
Ahorro económico (\$/año)	\$8,810.11	\$10,597.12	\$12,753.13	\$17,106.28	\$21,830.67
Inversión de instalación (\$)	\$30,199.62	\$32,274.36	\$43,558.56	\$48,836.16	\$68,051.57
Payback (años)	4.15	3.73	4.13	3.52	3.81
Flujo de caja acumulado (\$)	\$171,027.29	\$208,958.53	\$247,697.45	\$339,918.77	\$429,214.95

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El aprovechamiento de fuentes de energía renovable en el Ecuador, especialmente en el campo de energía solar térmica es nuevo en el medio, aportando una reducción en el consumo energético por actividad económica e impulsando mejoras tecnológicas, así como verdaderos cambios de comportamiento en cuanto al aprovechamiento de la energía, buscando una manera eficiente del uso de la energía.

Existen iniciativas llevadas a cabo que requieren mayor interés y celeridad en los procesos normativos que determinen verdaderos cambios pero que muestran una firme intención de hacer uso de conceptos como eficiencia energética y energías renovables, que den paso al desarrollo de nuevas tecnologías rentables ya disponibles en países europeos.

El Ecuador dispone de altos niveles de radiación, teniendo un rango de valores entre 3.5 y 5.7 KWh/m², dividido en 5 zonas climáticas según su nivel de intensidad que permiten la instalación de sistemas solares híbridos (fotovoltaicos-térmicos) para la obtención de ACS y energía eléctrica.

El dimensionamiento para cubrir la contribución solar mínima exigida por el borrador del capítulo 13 estipula un 75% para el uso de energía renovable como ACS. Sin embargo, dicho valor se establece como único sin hacer distinción alguna en relación a las zonas climáticas con sus niveles de radiación en el territorio ecuatoriano. Este elevado porcentaje se basa en las favorables condiciones climáticas de la región sin considerar la incidencia de la altura y el efecto de ésta en la temperatura, razón por la que se considera un porcentaje del 60% en el presente trabajo que consta, de igual manera, en el borrador de la normativa para el sector residencial, siendo un criterio más conservador y a la vez se recomienda un análisis en los valores de contribución solar mínima tomando en cuenta las distinciones antes mencionadas.

El sector de la industria hotelera abarca una demanda energética importante según la categoría de hotel a considerar. Dichos valores son estimados en función al número de personas y el consumo de agua caliente sanitaria que debe cubrir la instalación en un año tipo según datos del borrador de la norma ecuatoriana de la construcción sin existir una demanda obligatoria.

El análisis económico de la instalación con paneles solares híbridos PV/T muestra que, en base al cálculo del PAYBACK, con el uso de este tipo de tecnología se consigue un retorno del capital invertido en un periodo de tiempo entre 3.52 y 6.45 años, con un coste de inversión de la instalación de \$30,199.62 a \$131,216.89, de acuerdo al número de paneles y según la zona donde se instale el sistema híbrido. Con la actual revisión a los subsidios del combustible de origen fósil, se efectuó un análisis de sensibilidad en el Índice de Precios de Consumo con una incidencia del 4% afectando directamente al flujo de caja sobre el ahorro que generará a 20 años.

Se debe considerar que el precio de la instalación solar puede resultar más elevada debido a que la tecnología y componentes empleados tienen que ser importados, ya que existe una producción nacional ínfima y poco competitiva en el mercado, aunque existe un trato especial para la importación de tecnología que beneficie al medioambiente.

El ángulo óptimo para un mejor aprovechamiento de la superficie captadora se encuentra entre 0° y 5°, permitiendo su instalación en terrazas de las edificaciones sin inclinación considerable, gracias a la ubicación geográfica del Ecuador.

El uso de esta tecnología, así como sus componentes de alta calidad de los sistemas solares que existen en la actualidad cuentan niveles altos de fiabilidad. Así mismo, la simulación mediante software dinámicos apoya el diseño y dimensionamiento que dejan abierto a una amplia gama de posibilidades para diversos tipos de instalaciones teniendo en cuenta factores relacionados con su correcto dimensionamiento, instalación, puesta en marcha y mantenimiento.

Se requiere necesariamente contar con normativas y reglamentos técnicos que regulen los consumos energéticos de las edificaciones fomentando el uso de fuentes de energía renovables teniendo en cuenta su compatibilidad y coherencia con las zonas climáticas en donde se ejecutará este tipo de instalaciones.

La información de datos meteorológicos carece de una base actualizada donde se pueda encontrar fácilmente datos relativos a zonas específicas. Al ser parámetros de entrada necesarios que ayudan a mejorar la precisión en el dimensionamiento de la instalación es de significativa importancia su acceso y manejo.

La socialización de este tipo de instalaciones es fundamental para su aplicación con el fin de develar al sector industrial el potencial aprovechamiento de las energías renovables y sus beneficios que ésta conlleva. Además, fomentar el uso responsable de la energía motivando a los potenciales actores económicos su compromiso con el medioambiente.

La introducción de la tecnología propia de los sistemas solares térmicos ya sea inicialmente por medio de su importación y posteriormente con la posibilidad latente de su producción local, traerá consigo para el medio ecuatoriano un importante desarrollo comercial e industrial, y en consecuencia como un importante factor social la creación de nuevos puestos de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- ABORA ENERGY, S. (2017).
Agencia de Regulación y Control de la Electricidad. (Enero de 2018). *Resolución y pliego tarifarios*. Obtenido de <https://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/2018/01/Resolucion-y-Pliego-Tarifarios-SPEE.pdf>
- ASHRAE Standard. (2001). *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*. Nueva York: The Society.
- Cedeño, C. (28 de Enero de 2015). *Universidad Politécnica de Catalunya*. Obtenido de Portal de acceso abierto al conocimiento de la UPC: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/25644>
- Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. (06 de Abril de 2011). *Norma Ecuatoriana de Construcción*. Obtenido de Capítulo 14 - Energías Renovables: <https://inmobiliariadja.com/nec-2011/>
- Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. (06 de Abril de 2011). *Norma Ecuatoriana de Construcción*. Obtenido de Capítulo 13 - Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador : <https://inmobiliariadja.com/nec-2011/>
- CONELEC. (12 de Marzo de 2008). Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Furian, H. P. (2005). Ecuador y las Islas Galápagos. Islas Galápagos, Ecuador.
- Martínez Gracia, A., & Del Amo Sancho, A. (2016). *Instalaciones solares térmicas de baja temperatura*. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (26 de Agosto de 2014). *Biblioteca*. Obtenido de Base Legal: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/Registro-Oficial-319-Norma-Ecuatoriana-de-la-Construcci%C3%B3n.pdf>
- Ministerio de Turismo. (04 de Enero de 2018). *Noticias* . Obtenido de Arribo de turistas a Ecuador creció en 14% en 2017: <https://www.turismo.gob.ec/arribo-de-turistas-a-ecuador-crecio-en-14-en-2017/>
- Peuser, F. A., Remmers, K.-H., & Schnauss, M. (2005). *Sistemas solares térmicos. Diseño e instalación*. Sevilla: Progensa.
- Suquet, P. P. (2006). *Proyecto y cálculo de instalaciones solares térmicas*. Madrid: ea! Ediciones de arquitectura.