

Sistemas Solares Térmicos

Manual de diseño para el calentamiento de agua



CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO
CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN

Sistemas Solares Térmicos

Manual de diseño para el calentamiento de agua

Es propiedad de la CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO, de la CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN.

Número de Propiedad intelectual: 165746
I.S.B.N: 978-956-7911-09-7

Prohibida su reproducción total o parcial sin citar la fuente.
1ª Edición, octubre 2007, 500 ejemplares.

Dirección: Marchant Pereira 221, of. 11
Providencia, Santiago de Chile
Fono: (56-2) 718 7500
Fax: (56-2) 718 7503
Email: cdt@cdt.cl

Patrocinadores



Auspiciadores



Comité de redacción

Roberto Román
Profesor de Ingeniería Mecánica Universidad de Chile

Hans Petersen
Licenciado en Ingeniería Mecánica Universidad de Chile

Rolf Sielfeld
Jefe de Área Eficiencia Energética y Construcción Sustentable
Corporación de Desarrollo Tecnológico

Comité editorial

Sergio Contardo
Solarco

Osvaldo Milnes
Calder Solar

Jorge Pérez
Asprocom

Marcos Sepúlveda
ProCobre

Hernán Urrutia
Esco Energy

Eduardo Abarca
Macosolar

Franco Dalmazzo
Codifer

Patricio Balbontín
Energygroup

Felipe Herrera
Climatiza

Iván Álvarez
Solarco

Ernesto Muga
Rehau

Ernesto Bravo
SK Ecología

Eduardo Rodríguez
Isener

Roberto Voigt
Autoflame

Pablo Christiny
Creapor

Darío Rodríguez
ProCobre

Rolando Chávez
Ingesolar

Patricio Pino
Cypco S.A.

Edición Periodística: Nicole Saffie

Diseño Gráfico: Anita Goitia

Impresión: Quebecor World Chile S.A.



Sistemas Solares Térmicos

Manual de diseño para el calentamiento de agua

El presente documento contiene recomendaciones y normativas que permiten obtener el máximo rendimiento, calidad y seguridad de instalaciones solares térmicas en Chile. Una instalación solar térmica diseñada de acuerdo a lo que se indica en este manual, garantiza un producto de buen desempeño, máxima rentabilidad, operación segura y una adecuada prestación de servicios por parte del instalador de acuerdo a los compromisos que aquí se le exigen. Adicionalmente, se incluyen datos climáticos y solares actualizados para distintas localidades de Chile así como herramientas prácticas para el uso por parte de instaladores.

Índice

I.	CONSIDERACIONES GENERALES	13
1.1	OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	15
1.2	GENERALIDADES	14
1.3	REQUISITOS GENERALES	17
1.3.1	FLUIDO DE TRABAJO	17
1.3.2	PROTECCIÓN CONTRA HELADAS	17
1.3.3	SOBRECALENTAMIENTOS	19
1.3.4	RESISTENCIA A PRESIÓN	20
1.3.5	PREVENCIÓN DE FLUJO INVERSO	20
1.3.6	PREVENCIÓN DE LEGIONELOSIS	20
II.	CONFIGURACIONES BÁSICAS	21
III.	CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	27
3.1	DIMENSIONADO Y CÁLCULO	29
3.1.1	DATOS DE PARTIDA	29
3.1.2	DIMENSIONADO BÁSICO	29
3.2	DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN	31
3.2.1	GENERALIDADES	31
3.2.2	ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN, SOMBRAS E INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA	32
3.2.3	CONEXIONADO	33
3.2.4	ESTRUCTURA DE SOPORTE	34
3.3	DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR	34
3.3.1	GENERALIDADES	34
3.3.2	SITUACIÓN DE LAS CONEXIONES	35
3.3.3	VARIOS ACUMULADORES	35
3.3.4	SISTEMA AUXILIAR EN EL ACUMULADOR SOLAR	37
3.4	DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO TÉRMICO	37
3.5	DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO	38
3.5.1	GENERALIDADES	38
3.5.2	CAÑERÍAS	38
3.5.3	BOMBAS	38
3.5.4	ESTANQUE DE EXPANSIÓN	39
3.5.5	PURGA DE AIRE	39
3.5.6	DRENAJE	39
3.6	RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS ADICIONALES PARA SISTEMAS POR CIRCULACIÓN NATURAL	39
3.7	RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS ADICIONALES PARA SISTEMAS DIRECTOS	40
3.8	DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR.	40
3.9	DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL.	41
3.10	DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN.	42

ANEXOS	43
ANEXO I: NORMATIVA DE APLICACIÓN Y CONSULTA	45
ANEXO II: DEFINICIONES	47
ANEXO III: PRUEBAS Y DOCUMENTACIÓN	51
ANEXO IV: CÁLCULO DE DEMANDAS ENERGÉTICAS	57
ANEXO V: CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN	60
ANEXO VI: CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR POR SOMBRAS	77
ANEXO VII: COMPONENTES	96
ANEXO VIII: CONDICIONES DE MONTAJE	109
ANEXO IX: REQUISITOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO	114
ANEXO X: TABLAS DE TEMPERATURA Y RADIACIÓN	119
ANEXO XI: MÉTODO DE CÁLCULO RECOMENDADO	141





Construcción y energía solar

La industria de la construcción no detiene su marcha. En los últimos años nuestro sector se posicionó como uno de los rubros de mayor dinamismo en el país, alcanzando importantes tasas de crecimiento. Esta constante expansión plantea fuertes desafíos para las constructoras nacionales, que se encuentran obligadas a la actualización permanente de sus tecnologías para no perder terreno en un mundo altamente competitivo.

En la carrera por obtener la máxima eficiencia, no sólo se debe pensar en las faenas tradicionales de nuestra industria como el hormigonado, instalaciones y terminaciones. Hay nuevos conceptos que toman fuerza y que seguramente serán protagonistas del futuro próximo, como la eficiencia energética. La variable "consumo de energía", que hasta ayer era sólo un indicador más entre muchos, hoy cobra vital relevancia ante el complejo panorama que enfrenta el país en esta materia. Pero más allá de la contingencia, la eficiencia energética llegó para quedarse siendo cada vez más relevante al momento de diseñar y ejecutar un proyecto de construcción.

Si bien el concepto eficiencia energética encierra múltiples aspectos, en este caso nos enfocaremos en la energía solar, un recurso con presencia creciente en la industria de la construcción. En la actualidad, no sorprende encontrarse con edificios públicos y habitacionales que incluyan paneles solares, especialmente para calentar agua, que se complementan sin traumas con las energías tradicionales.

Ante este escenario, la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) asume un rol proactivo y se ubica a la vanguardia del sector al liderar el primer "Manual de Diseño de Sistemas Solares Térmicos". Con este documento, la CDT responde a la necesidad de numerosas empresas del sector que requerían herramientas actualizadas para la utilización del recurso solar. La publicación nació de un proyecto gestionado desde la CDT junto a Pro Cobre, en la cual participaron las principales empresas chilenas vinculadas a la energía solar y cuya secretaría técnica correspondió a la Universidad de Chile.

El contenido técnico del documento destaca por su alta calidad con información actualizada de datos fundamentales para esta especialidad, como la temperatura ambiental y la radiación solar de las principales ciudades de Chile. Además, hace referencia a las normas vigentes en nuestro país.

Además de la realidad local, la publicación también aborda los criterios de diseño empleados en Europa, entregando un interesante panorama sobre las principales tendencias internacionales en el uso de energía solar.

La Corporación de Desarrollo Tecnológico presenta con orgullo este documento único, que seguramente se convertirá en material de consulta ineludible para el diseño de futuros proyectos. Así, la CDT fortalece una vez más su papel de "Referente Tecnológico en la Construcción".

Juan Carlos León F.
Gerente General
Corporación de Desarrollo Tecnológico



La industrialización y desarrollo de los países ha producido a nivel mundial un aumento considerable en el consumo de energía. En Chile la producción interna de energía no es suficiente para abastecer toda la demanda del país, dependiendo energéticamente de la importación de casi el 75% de la energía que consumimos.

Por otra parte, el aumento en el uso de combustibles fósiles como fuente energética ha producido un fuerte impacto en el medioambiente, ya que éstos son los principales emisores de gases contaminantes como el dióxido de carbono, uno de los principales responsables del efecto invernadero.

Por esto en Chile surgen dos necesidades fundamentales: buscar alternativas energéticas que satisfagan las necesidades de nuestro país y mediante el uso de fuentes menos contaminantes; y hacer un uso eficiente de la energía que disponemos fomentando comportamientos, métodos de trabajo y técnicas de producción que consuman menos energía.

Es claro que el uso de energías renovables como la solar, eólica o mini hidráulica y la eficiencia energética, no se pueden plantear como una alternativa de sustitución total de las fuentes convencionales, en un corto plazo ya sea porque falta aún desarrollo tecnológico o por sus altos costos. Sin embargo, no se trata de sustituir sistema actual por otro basado íntegramente en las energías renovables; sino de ir incorporando éstas a un sistema que integre cada vez más tecnologías eficientes y limpias.

La energía solar, en especial su uso para el calentamiento de agua, se ha convertido en una alternativa razonable. En los sistemas de aprovechamiento térmico el calor recogido en los colectores solares puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades, entre las cuales se cuentan: la obtención de agua caliente para consumo doméstico o industrial, calefacción, aplicaciones agrícolas, entre otras.

Una de las falencias reconocidas respecto a este tipo de productos, era hasta hace poco tiempo, la ausencia de normativa que regule su calidad. Sin embargo, a partir de este año se comenzó a trabajar en la norma de colectores solares, un gran paso en mejoramiento de estos artefactos.

Entre los beneficios esperados tras la implementación de la norma y la difusión de documentos como el presente manual, están el mejoramiento en la construcción de colectores solares, una mayor eficiencia lo que redundará en productos más homogéneos, de mejor calidad y un mercado más competitivo.

El presente documento contiene recomendaciones y la referencia a normativas que permiten obtener el máximo rendimiento, calidad y seguridad de instalaciones solares térmicas en Chile.

La idea es contribuir a que existan productos de buena calidad, máxima rentabilidad, operación segura y una adecuada prestación de servicios por parte del instalador, todas materias tratadas en este Manual. Adicionalmente, se incluyen datos climáticos y solares actualizados para distintas localidades de Chile así como herramientas prácticas para el uso por parte de instaladores.

Nicola Borregaard
Directora Ejecutiva
Programa País de Eficiencia Energética

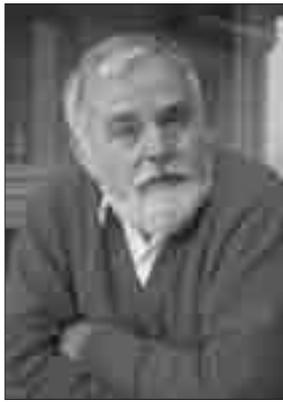


El Centro Chileno de Promoción del Cobre, ProCobre, es una organización sin fines de lucro cuya misión es promover los usos del cobre, impulsando la investigación, el desarrollo de nuevas aplicaciones, en particular tecnologías que dicen relación con la mejor calidad de vida, la salud y el resguardo del medio ambiente, como son los sistemas de colectores solares para calentamiento de agua, con el consecuente ahorro energético.

En el cumplimiento de su objetivo, ProCobre en conjunto con la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción y la Asociación Chilena de Energía Solar, ACESOL formaron un Grupo Técnico de Energía Solar para elaborar un manual de especificaciones de diseño, apropiadas para la instalación, montaje y mantenimiento de sistemas de aprovechamiento térmico de la energía solar.

Este manual incluye recomendaciones, cálculos y buenas prácticas asociadas al uso de sistemas solares térmicos, destinado a profesionales y usuarios para unificar criterios técnicos e impulsar la aplicación y promoción de esta tecnología.

Hernán Sierralta Wortsman
Director Ejecutivo
PROCOBRE



A modo de introducción

Hace un poco más de un año, la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción me invitó a participar, junto con profesionales de PROCOBRE y la naciente ACESOL (Asociación Chilena de Energía Solar), en la elaboración de este Manual de Diseño de Sistemas Solares Térmicos para el Calentamiento de Agua.

Esta iniciativa obedecía a una necesidad clara y evidente: Chile es uno de los países del planeta con mejores condiciones de radiación solar existentes. Sin embargo las instalaciones solares térmicas son pocas y no es una tecnología que se haya masificado. Esto contrasta fuertemente con la situación en Europa, donde los sistemas solares térmicos son cada vez más habituales a nivel de viviendas, edificios e instalaciones industriales.

Al comienzo la tarea parecía algo relativamente sencillo: uno tomaba los manuales existentes al respecto en Europa (principalmente España) y los adaptaba a nuestra realidad nacional.

Sin embargo, la tarea resultó ser bastante más compleja. En efecto, un Manual de Diseño para Chile debe tener los datos necesarios para el país y que los mismos sean confiables. Para realizar este arduo trabajo, contamos con la dedicación a tiempo completo de Hans Petersen, joven egresado de Ingeniería Mecánica. Hans tomó este tema como parte de su trabajo de titulación, bajo mi guía.

Al fin de cuentas, cualquier trabajo de esta envergadura implica la dedicación y entrega de decenas de personas, cada una de las cuales contribuye al éxito final. No es posible mencionar a todos, pero no puedo dejar de mencionar a los científicos del World Radiation Data Centre (WRDC), quienes manejan la base de datos solarimétrica más extensa del mundo. Sus datos de radiación solar y horas de sol (que a su vez se han obtenido de nuestra Dirección Meteorológica Nacional), constituyen uno de los aportes más valiosos del libro. También obtuvimos datos de temperaturas diarias promedio y otros datos básicos para el diseño de sistemas solares térmicos en Chile. Todos los datos son recientes, obtenidos con buen instrumental y han sido validados con diversos modelos.

No sólo se recopiló información, sino que también se procesó la misma realizando una enorme cantidad de cálculos. El diseñador encontrará aquí cómo orientar adecuadamente sus colectores, calcular el espaciamiento entre filas y cómo calcular las pérdidas por inclinación y azimut.

Gracias a la iniciativa de la CDT y de PROCOBRE la comunidad nacional dispone hoy de una herramienta que, sinceramente esperamos, pueda contribuir a que en el Siglo XXI en Chile se comience a utilizar masivamente la energía solar térmica.

Prof. Roberto Román L.
Universidad de Chile



Estimados amigos:

Con motivo de la publicación de la primera edición del "Manual de Diseño de Sistemas Solares Térmicos", que seguramente será vital para la planificación de instalaciones de la industria solar térmica en el país y mientras todos los profesionales involucrados en esta tarea celebramos hoy como una fecha histórica en nuestra actividad, deseo saludarlos con especial atención para expresar a cada uno de ustedes mi sincero reconocimiento y gratitud por su valioso aporte y abnegada dedicación en esta labor trascendental.

Por décadas hemos necesitado de esta herramienta indispensable, sin la cual no es posible que la industria solar térmica se desarrolle dentro de parámetros básicos de calidad y garantía de cumplimiento del derecho de los usuarios, elementos fundamentales para el prestigio que merece esta actividad escasamente conocida y valorizada hasta el momento.

Junto al Profesor Roberto Román, distinguido académico de la Universidad de Chile, y un número importante de instaladores y fabricantes de sistemas solares con los auspicios de CDT y PROCOBRE, hemos trabajado con confianza y persistencia en la convicción y certeza de que este documento de consulta será una herramienta insustituible para instaladores y profesionales relacionados con la energía solar térmica. Además, el manual propenderá a una estandarización de procedimientos e impulsará mayores niveles de calidad y eficiencia a la industria solar.

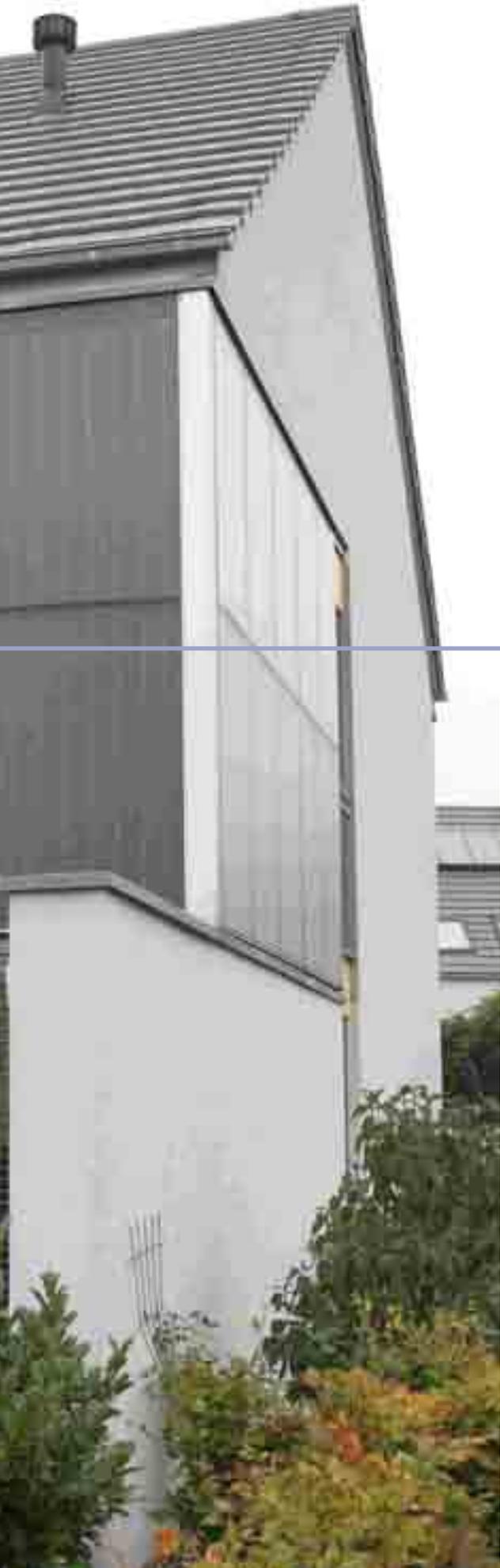
Estamos convencidos que los resultados de su buen empleo, contribuirán a expandir el conocimiento de esta energía silenciosa y limpia entre nuestros conciudadanos, quienes podrán constatar que ésta no es una herramienta "del futuro", sino que se encuentra disponible aquí y ahora para entregarle ahorros comprobables, seguridad de abastecimiento en tiempos inciertos y una mejor calidad de vida a la familia chilena.

Finalmente, en una mirada realista y de mayor alcance, creemos que esta energía debiera merecer el interés del Gobierno más allá de la retórica tradicional. Basta mirar los logros gigantescos y los aportes concretos a estas energías que efectuaron los Gobiernos de prácticamente todos los países europeos. En especial, si tomamos en cuenta que la mayoría de estas naciones dispone de la mitad de nuestra radiación solar.

En Chile, no sólo las grandes generaciones de energía eólica merecen ser consideradas, sino que el mejoramiento de la calidad de vida de la población más modesta que actualmente no tiene acceso al agua caliente sanitaria. También son factores relevantes, la independencia y seguridad energéticas en tiempos inciertos, el ahorro importante de recursos económicos y la protección perentoria del medio ambiente. La producción de bonos de carbono que aceleran la recuperación de las inversiones y los beneficios adicionales nada despreciables, como el desarrollo de una industria de exportación, permite darle valor agregado a nuestro cobre y trabajo a obreros e ingenieros chilenos.

Todos en ACESOL, apóstoles de la misma causa, quisiéramos ver justamente valorada y respaldada esta actividad por razones que más vinculadas al interés nacional que al oportunismo, sustentada por quienes hemos pagado caro por décadas esta ilusión o espejismo. Pedimos hoy, cuando las amenazas energéticas superan ampliamente las "razones" para la inmovilidad, se abra la ancha puerta a una actividad noble que tiene mucho que ofrecer a Chile como contribución real.

Sergio Contardo Flores
 Presidente Honorario
 ACESOL



Capítulo I.- Consideraciones Generales

I. CONSIDERACIONES GENERALES



1.1 Objeto y campo de aplicación

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares térmicas para calentamiento de líquido, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad. El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones. En determinados supuestos para los proyectos se podrán adoptar, por la propia naturaleza del mismo o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este documento, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

1.2 Generalidades

En general, a las instalaciones recogidas bajo este documento le son de aplicación el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios en Chile (RITCH), y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC), junto con la serie de normas NCh, EN y UNE sobre energía solar térmica listadas en el ANEXO I. Este documento es de aplicación para instalaciones con captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior o igual a $9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C})$. Instalaciones con mayores pérdidas son excluidas.

A efectos de requisitos mínimos, se consideran las siguientes clases de instalaciones:

- a) *Sistemas solares de calentamiento compactos o prefabricados:* son lotes de productos con una marca registrada, que son vendidos como equipos completos y listos para instalar, con configuraciones fijas. Los sistemas de esta categoría se consideran como un solo producto y se evalúan en un laboratorio de ensayo como un todo. Si un sistema es modificado cambiando su configuración o cambiando uno o más de sus componentes, el sistema modificado se considera como un nuevo sistema, para el cual es necesario una nueva evaluación en el laboratorio de ensayo.
- b) *Sistemas solares de calentamiento a medida o por elementos:* son aquellos sistemas construidos de forma única o montados elegidos de una lista de componentes. Los sistemas de esta categoría son considerados como un conjunto de componentes. Los componentes se ensayan de forma separada y los resultados de los ensayos se integran en una evaluación del sistema completo.

Los sistemas solares de calentamiento a medida se subdividen en dos categorías:

- i. *Sistemas grandes a medida* son diseñados únicamente para una situación específica. En general son diseñados por ingenieros, fabricantes y otros expertos.
- ii. *Sistemas pequeños a medida* son ofrecidos por una compañía y descritos en el así llamado archivo de clasificación, en el cual se especifican todos los componentes y posibles configuraciones de los sistemas fabricados por la compañía (Ver ANEXO II). Cada posible combinación de una configuración del sistema con componentes de la clasificación se considera un solo sistema a medida.

Como referencia se puede consultar la Tabla 1 en donde se exponen algunas diferencias entre estas definiciones.

Tabla 1: División de sistemas solares de calentamiento prefabricados y a medida

Sistemas solares prefabricados ¹	Sistemas solares a medida ²
<i>Sistemas por termosifón para agua caliente sanitaria.</i>	<i>Sistemas de circulación forzada (o de termosifón) para agua caliente y/o calefacción y/o refrigeración y/o calentamiento de piscinas montados usando componentes y configuraciones descritos en un archivo de documentación (principalmente sistemas pequeños).</i>
<i>Sistemas de circulación forzada como lote de productos con configuración fija para agua caliente sanitaria.</i>	
<i>Sistemas con captador-depósito integrados (es decir, en un mismo volumen), para agua caliente sanitaria.</i>	<i>Sistemas únicos en el diseño y montaje, utilizados para calentamiento de agua, calefacción y/o refrigeración y/o calentamiento de piscinas o usos industriales (principalmente sistemas grandes).</i>

Considerando el coeficiente global de pérdidas de los captadores solares, se considerarán, a efectos de permitir o limitar, dos grupos dependiendo del rango de temperatura de trabajo:

- Las instalaciones destinadas exclusivamente a producir agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas, precalentamiento de agua de aporte de procesos industriales, calefacción por suelo radiante o "fan-coil" u otros usos a menos de 45°C, podrán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas esté comprendido entre 9 W/(m²°C) y 4,5 W/(m²°C).
- Las instalaciones destinadas a climatización, calefacción por sistemas diferentes a suelo radiante o "fan-coil", u otros usos en los cuales la temperatura del agua de aporte a la instalación solar y la de referencia de producción se sitúen en niveles semejantes, deberán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior a 4,5 W/(m²°C).

En particular, para colectores con cubierta se exigirá un factor de pérdidas menor a 9 [W/(m²C)]. Para colectores sin cubierta, como los utilizados en piscinas, el factor U debe ser inferior a 12 [W/(m²C)]. En ambos grupos el rendimiento medio anual de la instalación deberá ser mayor del 30%, calculándose de acuerdo a lo especificado en el Capítulo III. Criterios Generales de Diseño.

¹ También denominados "equipos domésticos" o "equipos compactos".

² También denominados "instalaciones diseñadas por elementos" o "instalaciones partidas".



1.3 Requisitos generales

1.3.1 Fluido de trabajo

Como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará agua de la red, agua desmineralizada, o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar (ver Temperaturas Ambientales en distintas ciudades en el ANEXO X) y del agua utilizada. Los aditivos más usuales son los anticongelantes, aunque en ocasiones se puedan utilizar aditivos anticorrosivos. La utilización de otros fluidos térmicos requerirá incluir su composición y calor específico en la documentación del sistema y la certificación favorable de un laboratorio acreditado. En cualquier caso el pH a 20 °C del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9, y el contenido en sales se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

- a) La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- b) El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l expresados como contenido en carbonato cálcico.
- c) El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l. Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.
El diseño de los circuitos evitará cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación. En particular, se prestará especial atención a una eventual contaminación del agua potable por el fluido del circuito primario.

Para aplicaciones en procesos industriales, refrigeración o calefacción, las características del agua exigidas por dicho proceso no sufrirán ningún tipo de modificación que pueda afectar al mismo.

1.3.2 Protección contra heladas

El fabricante, suministrador final, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deberán ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema. Cualquier componente que vaya a ser instalado en un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 °C, deberá estar protegido contra heladas (ver ANEXO X para T° mínimas históricas según ubicación). El fabricante deberá describir el método de protección anti-heladas usado por el sistema. A los efectos de este documento, como sistemas de protección anti-heladas podrán utilizarse:

- a) Mezclas Anticongelantes
- b) Recirculación de agua de los circuitos
- c) Drenaje automático con recuperación de fluido
- d) Drenaje al exterior (sólo para sistemas prefabricados)

1.3.2.1 Mezclas anticongelantes

Como anticongelantes podrán utilizarse los productos, solos o mezclados con agua, que cumplan la reglamentación vigente y cuyo punto de congelación sea inferior a 0°C^3 . En todo caso, su calor específico no será inferior a $3 \text{ kJ}/(\text{kg}^{\circ}\text{K})$, equivalentes a $0,7 \text{ kcal}/(\text{kg}^{\circ}\text{C})$. Se deberán tomar precauciones para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante como resultado de condiciones altas de temperatura. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con NCh3120/2.c2007. La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la misma y para asegurar que el anticongelante esté perfectamente mezclado. Es conveniente que se disponga de un depósito auxiliar para reponer las pérdidas que se puedan dar del fluido en el circuito, de forma que nunca se utilice un fluido para la reposición cuyas características no cumplan lo estipulado en este documento. Éste último punto será de carácter obligatorio en los casos en que exista riesgo de heladas y cuando el agua deba ser tratada. En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá que las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito sean resueltas con reposición de agua de red.

1.3.2.2 Recirculación del agua del circuito

Este método de protección anti-heladas asegurará que el fluido de trabajo esté en movimiento cuando exista riesgo a helarse. Cuando la temperatura detectada, preferentemente en la entrada de captadores (o salida o aire ambiente circundante), alcance un cierto valor cercano al de congelación del agua (como mínimo 3°C superior para una mayor seguridad), el sistema de control actuará, activando la circulación del circuito primario. Este sistema es adecuado para zonas climáticas en las que los periodos de baja temperatura sean de corta duración. Se evitará, siempre que sea posible, la circulación de agua en el circuito secundario debido a que supone grandes pérdidas energéticas.

1.3.2.3 Drenaje automático con recuperación del fluido

Cuando hay riesgo de heladas, el fluido en los componentes del sistema que están expuestos a baja temperatura ambiente es drenado a un depósito para su posterior uso. La inclinación de las cañerías horizontales debe estar en concordancia con las recomendaciones del fabricante en el manual del instalador y ésta será de al menos $20 \text{ mm}/\text{m}$ para evitar estancamientos y posibles congelamientos. El sistema de control actuará la electroválvula de drenaje cuando la temperatura detectada en captadores alcance un cierto valor cercano al de congelación del agua (como mínimo 3°C superior para una mayor seguridad). El vaciado del circuito se realizará a un tanque auxiliar de almacenamiento, debiéndose prever un sistema de llenado de captadores para recuperar el fluido. El sistema requiere utilizar un intercambiador de calor entre los captadores y el acumulador para mantener en éste la presión de suministro de agua caliente.

3 El punto de congelación deberá estar acorde con las condiciones climáticas del lugar (ver ANEXO X para valores de temperatura ambientales mínimas por ciudad).

1.3.2.4 *Sistemas de drenaje al exterior (sólo para sistemas solares prefabricados)*

El fluido en los componentes del sistema que están expuestos a baja temperatura ambiente, es drenado al exterior cuando existe peligro de heladas. La inclinación de las cañerías horizontales debe estar en concordancia con las recomendaciones del fabricante en el manual de instalación y ésta será de al menos 20 mm/m. Este sistema no está permitido en los sistemas solares a medida.

1.3.3 Sobrecalentamientos

1.3.3.1 *Protección contra sobrecalentamientos*

El sistema deberá estar diseñado de tal forma que con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar al sistema a su forma normal de operación. Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

Cuando las aguas sean duras⁴ se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60°C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios contra la legionella. En cualquier caso, se dispondrán los medios necesarios para facilitar la limpieza de los circuitos.

En cuanto a la selección de materiales, existen variadas alternativas que responden satisfactoriamente a estas condiciones operacionales. Su elección va a depender principalmente si la aplicación se refiere al circuito primario o secundario. Dado que normalmente el circuito primario utiliza fluido caloportador, existe mayor libertad en cuanto a la selección de materiales. Uno de los materiales más adecuados para aplicaciones en circuitos secundarios es el cobre.

1.3.3.2 *Protección contra quemaduras*

En sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder los 60 °C, deberá ser instalado un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60°C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

1.3.3.3 Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas

El sistema deberá ser diseñado de tal forma que la temperatura máxima alcanzada por el sistema sea siempre inferior a la permitida por los materiales y componentes.

⁴ Contenido en sales de calcio mayores a 100 mg/L.

1.3.4 Resistencia a presión

Se deberán cumplir los requisitos de la norma NCh3120/1.c2007. En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

1.3.5 Prevención de flujo inverso

La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes, debidas a flujos inversos no intencionados, en ningún circuito hidráulico del sistema. La circulación natural que produce el flujo inverso se puede favorecer cuando el acumulador se encuentra por debajo del captador, por lo que en esos casos habrá que tomar las precauciones oportunas para evitarlo. En sistemas con circulación forzada se aconseja utilizar una válvula anti-retomo para evitar flujos inversos.

1.3.6 Prevención de Legionelosis

La temperatura del agua en el circuito de distribución de agua caliente no deberá ser inferior a 50°C en el punto más alejado y previo a la mezcla necesaria para la protección contra quemaduras o en la tubería de retorno al acumulador. La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70°C. En consecuencia, no se admite la presencia de componentes de acero galvanizado.





Capítulo II.- Configuraciones Básicas

II. CONFIGURACIONES BÁSICAS

En consideración con los diferentes objetivos atendidos por este documento, se aplicarán los siguientes criterios de clasificación;

- a) *Por el principio de circulación se clasificarán en;*
 - i. Instalaciones por Termosifón o circulación natural.
 - ii. Instalaciones por circulación forzada.
- b) *Por el sistema de transferencia de calor;*
 - i. Instalaciones de transferencia directa sin intercambiador.
 - ii. Instalación con intercambiador de calor en el acumulador solar.
 - iii. Sumergido.
 - iv. De doble envolvente.
 - v. Instalaciones con intercambiador de calor independiente.
- c) *Por el sistema de expansión;*
 - i. Sistema abierto.
 - ii. Sistema cerrado.
- d) *Por el sistema de aporte de energía auxiliar;*
 - i. Sistema de energía auxiliar en el acumulador solar.
 - ii. Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario individual.
 - iii. Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario centralizado.
 - iv. Sistema de energía auxiliar en acumuladores secundarios distribuidos.
 - v. Sistema de energía auxiliar en línea centralizado.
 - vi. Sistema de energía auxiliar en línea distribuido.
 - vii. Sistema de energía auxiliar en paralelo.
- e) *Por su aplicación;*
 - i. Instalaciones para calentamiento de agua sanitaria.
 - ii. Instalaciones para usos industriales.
 - iii. Instalaciones para calefacción.
 - iv. Instalaciones para refrigeración.
 - v. Instalaciones para climatización de piscinas.
 - vi. Instalaciones de uso combinado.
 - vii. Instalaciones de precalentamiento.



Esta clasificación se hace con referencia a lo definido en el ANEXO II.

En la Figura 1 se observan las diferentes configuraciones de instalaciones recomendadas según el tipo de aplicación, recogiendo las más usuales. Siempre pueden existir combinaciones de éstas e incluso otras. El empleo de otras configuraciones diferentes a las que aquí se recomiendan deben dar lugar a prestaciones o ganancias solares similares o mejores a las obtenidas por éstas.

Figura 1: División de sistemas solares de calentamiento prefabricados y a medida

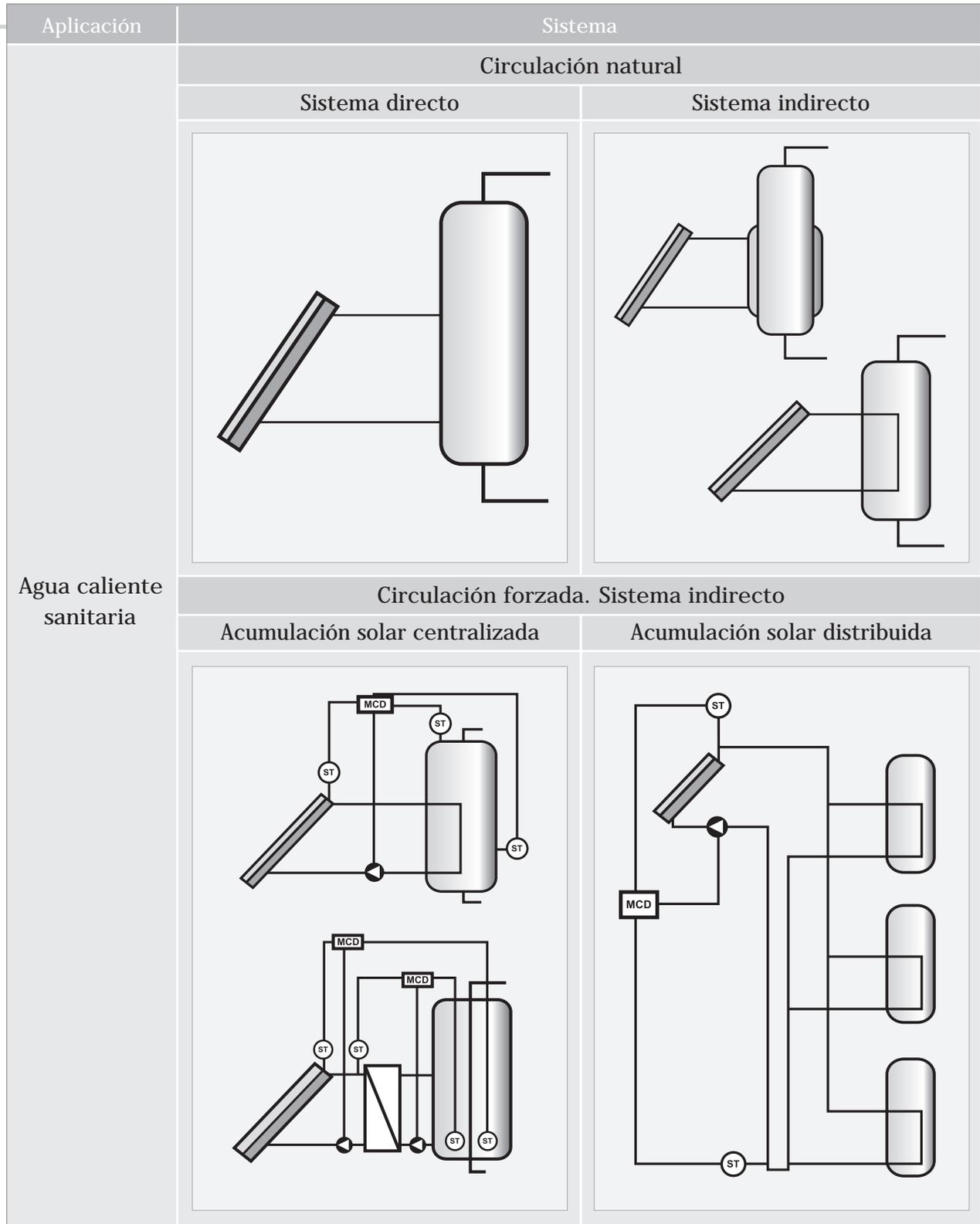


Figura 1: División de sistemas solares de calentamiento prefabricados y a medida

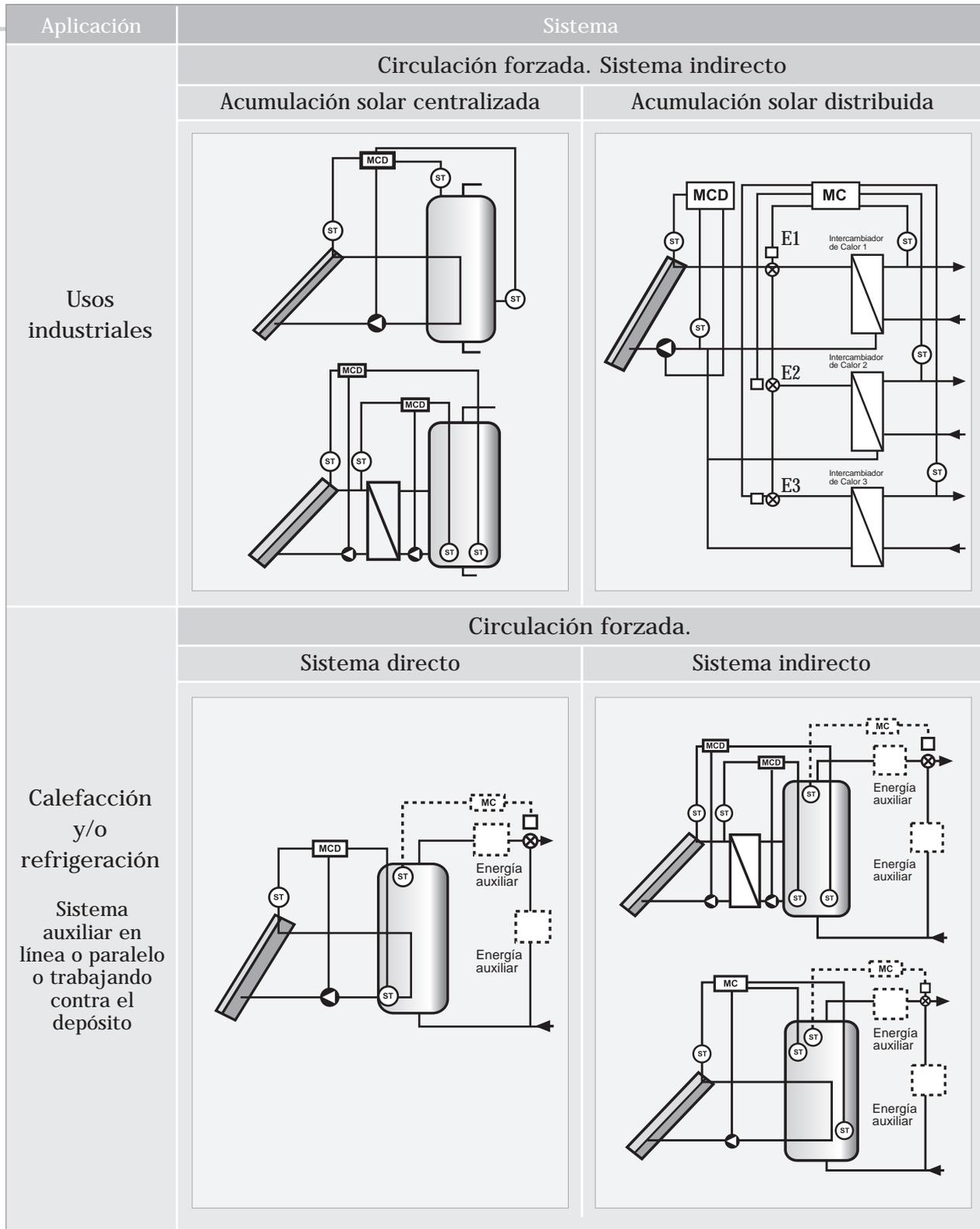
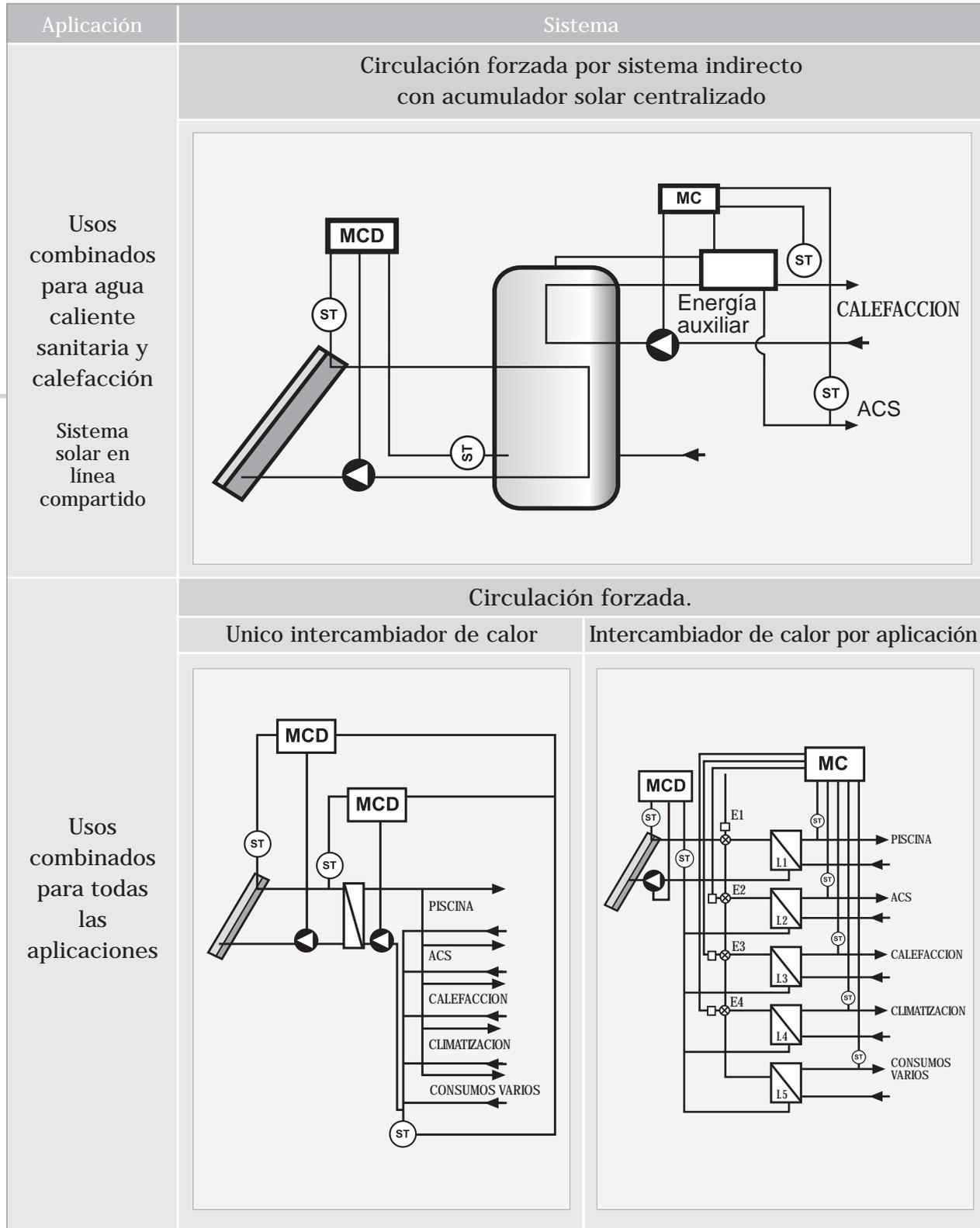




Figura 1: División de sistemas solares de calentamiento prefabricados y a medida





Capítulo III.- Criterios Generales de Diseño



III. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

3.1 Dimensionado y Cálculo

3.1.1 Datos de Partida

Los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación están constituidos por dos grupos de parámetros que definen las condiciones de uso y climáticas.

3.1.1.1 *Condiciones de uso*

Las condiciones de uso vienen dadas por la demanda energética asociada a la instalación según los diferentes tipos de consumo:

- Para aplicaciones de agua caliente sanitaria, la demanda energética se determina en función del consumo de agua caliente, siguiendo lo especificado en el ANEXO IV.
- Para aplicaciones de calentamiento de piscinas, la demanda energética se calcula en función de las pérdidas de la misma, siguiendo lo recogido en el ANEXO IV.
- Para aplicaciones de climatización (calefacción y refrigeración), la demanda energética viene dada por la carga térmica del habitáculo a climatizar, calculándose según lo especificado en el RITCH.
- Para aplicaciones de uso industrial se tendrá en cuenta la demanda energética y potencia necesaria, realizándose un estudio específico y pormenorizado de las necesidades, definiendo claramente si es un proceso discreto o continuo y el tiempo de duración del mismo.
- Para instalaciones combinadas se realizará la suma de las demandas energéticas sobre base diaria o mensual, aplicando si es necesario factores de simultaneidad.

3.1.1.2 *Condiciones Climáticas*

Las condiciones climáticas vienen dadas por la radiación global total en el campo de captación, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de la red. Al objeto de este documento podrán utilizarse datos de radiación y temperatura de entidades de reconocido prestigio. A falta de otros datos, se recomienda usar las tablas de radiación publicados por el Centro Mundial de Datos de Radiación (WRDC) del Observatorio Principal de Geofísica de Voeikov del Servicio Ruso Federal para Monitoreo Hidrometeorológico y Ambiental, San Petersburgo, Rusia. Los datos de temperatura ambiental se pueden obtener del Centro Climático de la Universidad de Utah (EEUU). Los datos anteriores se encuentran recogidos en el ANEXO X. Por último, para la temperatura del agua de la red se usarán los datos tabulados en el ANEXO IV.

Para piscinas cubiertas, los valores ambientales de temperatura y humedad deberán ser fijados en el proyecto. La temperatura de bulbo seco del aire del local será entre 2 y 3°C mayor que la del agua de la piscina, con un mínimo de 26°C y un máximo de 28°C, y la humedad relativa del ambiente se mantendrá entre el 55 % y el 70 %, siendo recomendable escoger un valor de diseño de 60%.

3.1.2 Dimensionado Básico

A los efectos de este documento, el dimensionado básico de las instalaciones o sistemas a medida se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y, en caso de que exista, al volumen de acumulación solar para la aplicación a la que está destinada la instalación. El dimensionado básico de los sistemas solares compactos se refiere a la selección del sistema solar prefabricado para la aplicación de agua caliente sanitaria a la que está destinado.



El dimensionado básico de una instalación, cualquiera sea su aplicación, deberá realizarse de forma que en ningún mes del año la energía producida supere el 110% de la demanda de consumo y no más de tres meses seguidos el 100%. A estos efectos, y para instalaciones de un marcado carácter estacional, no se tomarán en consideración aquellos períodos de tiempo en los cuales la demanda se sitúe un 50 % debajo de la media correspondiente al resto del año. En caso de no aplicarse esta restricción, se debe indicar el sistema utilizado para la disipación del exceso de energía producida. En el caso de que se dé la situación de estacionalidad en los consumos indicados anteriormente, deberán tomarse las medidas de protección de la instalación indicadas en el ANEXO IX.

El rendimiento de la instalación se refiere sólo a la parte solar de la misma. En caso de sistemas de refrigeración por absorción se refiere a la producción de la energía solar térmica necesaria para el sistema de refrigeración.

A estos efectos, se definen los conceptos de fracción solar y rendimiento medio estacional o anual de la siguiente forma:

<i>Fracción Solar Mes " x" =</i>	$\frac{E_{sx}}{D_x} \cdot 100$
<i>Fracción Solar Año " y" =</i>	$\frac{E_{sy}}{D_y} \cdot 100$
<i>Rendimiento Medio Año " y" =</i>	$\frac{E_{sy}}{I_y} \cdot 100$
<i>Irradiación Incidente Año " y" =</i>	$\sum I^x$
<i>Irradiación Incidente Mes " x" =</i>	$I_x \cdot S$

;donde E_{sx} es la energía solar aportada en el período "i", D_x es la demanda energética en el período "i", I_y es la irradiación solar en el período "i" y S es la superficie captadora.

El concepto de energía solar aportada el año "y" se refiere a la energía demandada que realmente es satisfecha por la instalación de energía solar. Esto significa que para su cálculo nunca podrá considerarse más de un 100% de aporte solar en un determinado mes.

Para el cálculo del dimensionado básico de instalaciones a medida podrá utilizarse cualquiera de los métodos de cálculo comerciales de uso aceptado por proyectistas, fabricantes e instaladores. El método de cálculo especificará, al menos sobre base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y del aporte solar. Asimismo, el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

- *La demanda de energía térmica.*
- *La energía solar térmica aportada.*
- *La fracción solar media anual.*
- *El rendimiento medio anual.*

La selección del sistema solar prefabricado se realizará a partir de los resultados de ensayo del sistema, teniendo en cuenta que tendrá también que cumplir lo especificado en RITCH ITE 3.13. Independientemente de lo especificado en los párrafos anteriores, en caso de agua caliente sanitaria, se debe tener en cuenta que el sistema solar se debe diseñar y calcular en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia de los captadores solares, por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda y el aporte, al no ser ésta simultánea con la generación.

Para esta aplicación el área total de los captadores tendrá un valor tal que cumpla la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

; donde A será el área total de los captadores expresada en m², y V es el volumen del depósito de acumulación solar expresado en litros, cuyo valor recomendado es aproximadamente la carga de consumo diaria M:

$$V = M$$

Además, para instalaciones con fracciones solares bajas (definidas más arriba en este mismo punto), se deberá considerar el uso de relaciones V/A pequeñas y para instalaciones con fracciones solares elevadas se deberá aumentar dicha relación.

Para instalaciones de climatización de piscinas exclusivamente, no se podrá usar ningún volumen de acumulación, aunque se podrá utilizar un pequeño almacenamiento de inercia en el primario. Para instalaciones de climatización se dimensionará el volumen de acumulación para que se cubran las necesidades de energía demandada durante, al menos, una hora. De cualquier forma se recomiendan los siguientes valores para este tipo de aplicaciones:

$$25 \left[\frac{L}{m^2} \right] < \frac{V}{A} < 50 \left[\frac{L}{m^2} \right]$$

3.2 Diseño del Sistema de Captación

3.2.1 Generalidades

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia o por un laboratorio de ensayos reconocido.

A efectos de este documento, será necesaria la presentación de la homologación del captador por el organismo de la administración competente en la materia y la certificación del mismo por un laboratorio acreditado. Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

3.2.2 Orientación, inclinación, sombras e integración arquitectónica

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas respecto al óptimo, sean inferiores a los límites de la tabla 2. El método para calcular las pérdidas aludidas es el que se muestra en ANEXO V y ANEXO VI. Se considerarán tres casos: general, superposición de captadores e integración arquitectónica según se define más adelante. En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

Tabla 2

	Orientación e Inclinación (OI)	Sombra (S)	Total (OI+S)
<i>General</i>	10 %	10 %	15 %
<i>Superposición</i>	20 %	15 %	30 %
<i>Integración Arquitectónica</i>	40 %	20 %	50 %

Se considera la dirección Norte como orientación óptima y para la inclinación óptima β_{opt} se elige uno de los valores siguientes dependiendo del período de utilización:

- *Consumo constante anual:*
- *Consumo preferente en invierno:*
- *Consumo preferente en verano:*

Se debe evaluar la disminución de prestaciones que se origina al modificar la orientación e inclinación de la superficie de captación.

Se considera que existe integración arquitectónica cuando los captadores cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales. Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal del absorbedor. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.

- *Consumo constante anual:* $\beta_{opt} = \text{Latitud Geográfica}$
- *Consumo preferente en invierno:* $\beta_{opt} = \text{Latitud Geográfica} + 10^\circ$
- *Consumo preferente en verano:* $\beta_{opt} = \text{Latitud Geográfica} - 10^\circ$

Se debe evaluar la disminución de prestaciones que se origina al modificar la orientación e inclinación de la superficie de captación.

Se considera que existe integración arquitectónica cuando los captadores cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales. Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal del absorbedor. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.



3.2.3 Conexionado

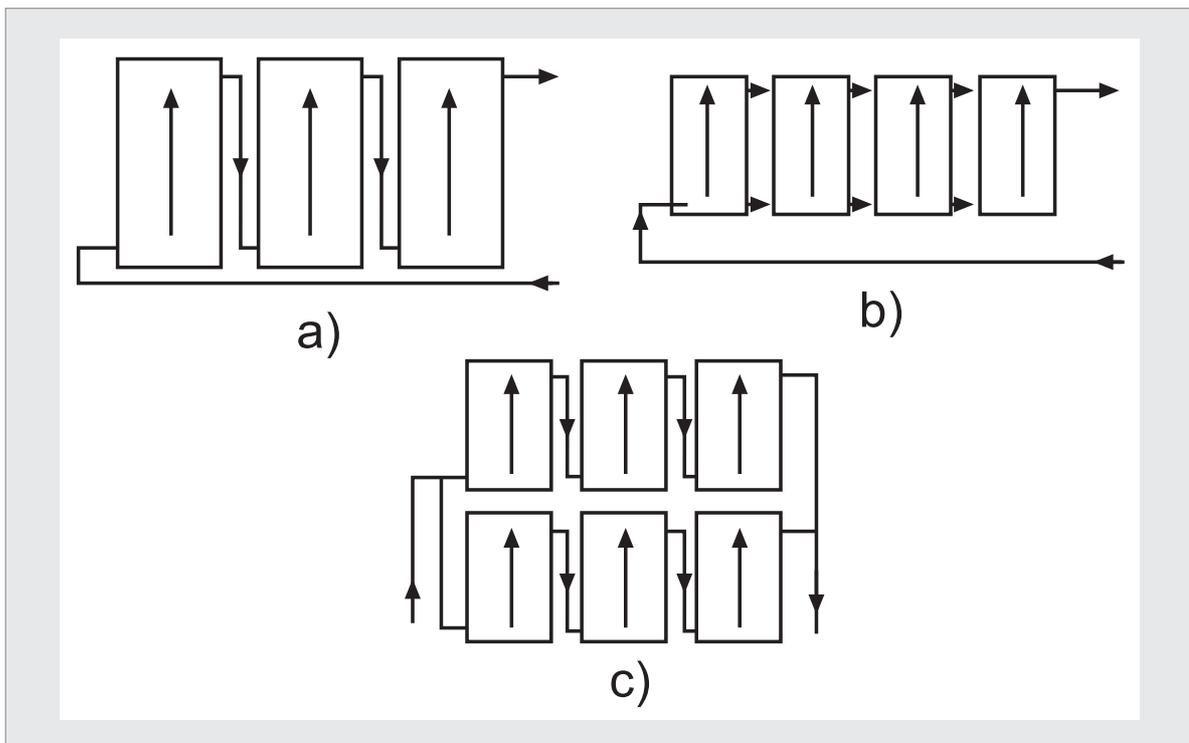
Los captadores se dispondrán en filas constituidas preferentemente por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante. El número de captadores conexionados en serie no será superior a tres para evitar bajos rendimientos. En casos de aplicaciones para algunos usos industriales y refrigeración por absorción, si está justificado, este número podrá elevarse a cuatro, siempre y cuando sea permitido por el fabricante. En el caso de que la aplicación sea de agua caliente sanitaria no deben conectarse más de dos captadores en serie.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.

Se deberá prestar especial atención en la estanquidad y durabilidad de las conexiones del captador. En la Figura 2 se pueden ver las conexiones mencionadas en este apartado.

Figura 2. Conexión de captadores: a) En serie. b) En paralelo. c) En serie-paralelo.



3.2.4 Estructura de Soporte

Si el sistema posee una estructura soporte que es montada normalmente en el exterior, el fabricante deberá especificar los valores máximos de S_k (carga de nieve) y V_m (velocidad media de viento) de acuerdo con ENV 199 1-2-3 y ENV 199 1-2-4.

Esto deberá verificarse durante el diseño calculando los esfuerzos de la estructura soporte de acuerdo con estas normas. El sistema sólo podrá ser instalado en localizaciones donde los valores de S_k y V_m determinados de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4 sean menores que los valores máximos especificados por el fabricante.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuadas, de forma que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante. Los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no darán sombra sobre estos últimos.

3.3 Diseño del Sistema de Acumulación Solar

3.3.1 Generalidades

Los acumuladores para agua caliente sanitaria y las partes de acumuladores combinados que estén en contacto con agua potable, deberán cumplir los requisitos de UNE EN 12897.

Preferentemente, los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en zonas interiores. Para aplicaciones combinadas (agua sanitaria + calefacción) con acumulación centralizada es obligatoria la configuración vertical del depósito, debiéndose además cumplir que la relación altura/diámetro del mismo sea mayor de 2.

En caso de que el acumulador esté directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria, deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario. El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60°C y hasta 70°C con objeto de prevenir la legionelosis.

En caso de aplicaciones para agua sanitaria y sistema de energía auxiliar no incorporado en el acumulador solar, es necesario realizar una conexión entre el sistema auxiliar y el solar de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar, para poder cumplir con las medidas de prevención de legionella. Se podrán proponer otros métodos de tratamiento anti-legionella.

Aun cuando los acumuladores solares tengan el intercambiador de calor incorporado, se cumplirán los requisitos establecidos para el diseño del sistema de intercambio en el apartado 3.4 de este documento. Dadas las características bactericidas del cobre, se sugiere su aplicación en circuitos de agua sanitaria.

Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 20 m³ deberán llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

3.3.2 Situación de las Conexiones

Con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán las establecidas en los puntos siguientes:

- a) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total del mismo.
- b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- c) En caso de una sola aplicación, la alimentación de agua de retorno de consumo al depósito se realizará por la parte inferior. En caso de sistemas abiertos en el consumo, como por ejemplo agua caliente sanitaria, esto se refiere al agua fría de red. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.
- d) En caso de varias aplicaciones dentro del mismo depósito habrá que tener en cuenta los niveles térmicos de éstas, de forma que tanto las salidas como los retornos para aplicaciones que requieran un mayor nivel térmico en temperaturas estén por encima de las que requieran un nivel menor.

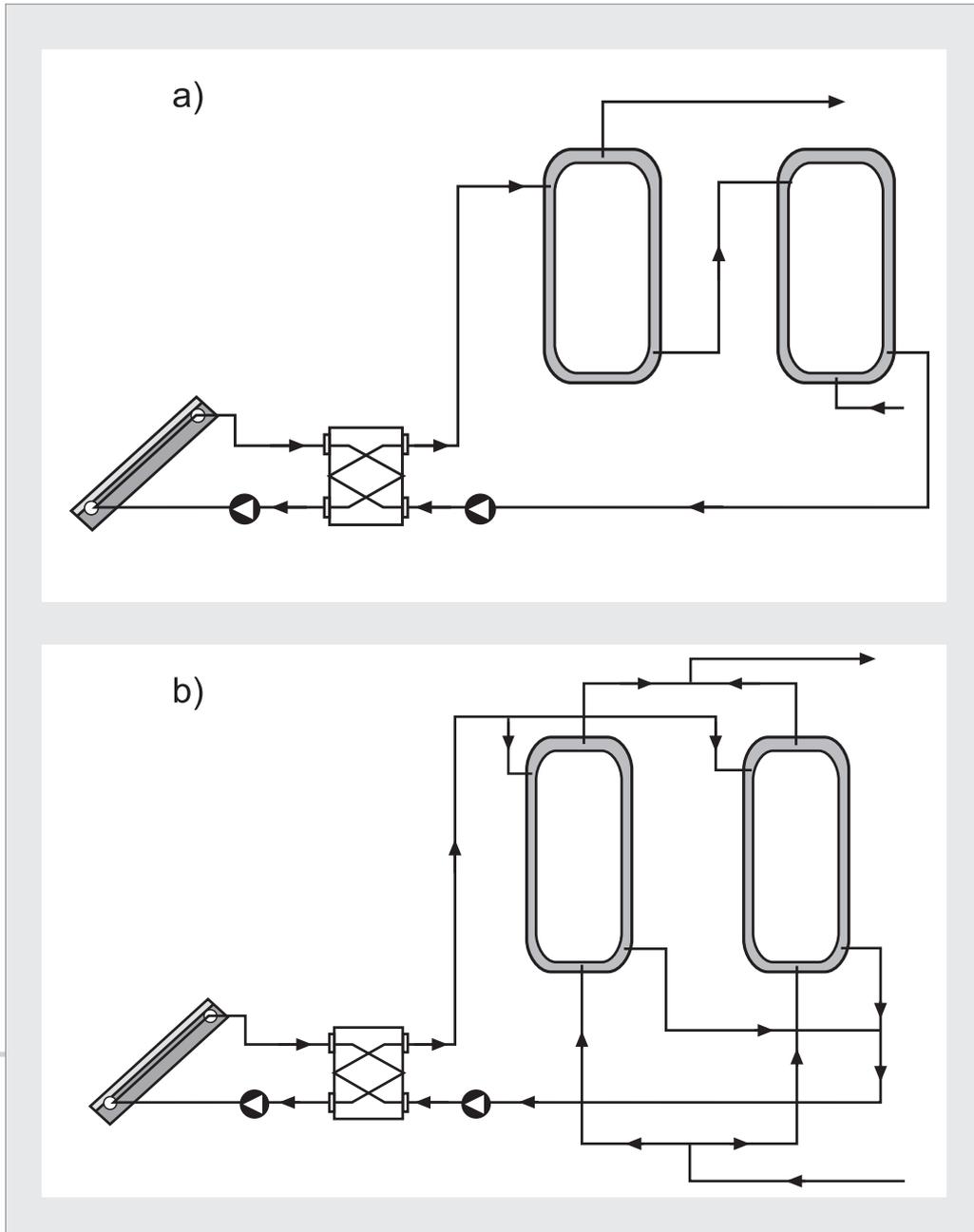
Se recomienda que la/s entrada/s de agua de retorno de consumo esté equipada con una placa deflectora en la parte interior o el empleo de otros métodos contrastados, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador. Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido.

3.3.3 Varios Acumuladores

Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, éstos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados, tal como se puede ver en la Figura 3. La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.



Figura 3.
a) Conexión en serie invertida con el circuito de consumo.
b) Conexión en paralelo con el circuito secundario equilibrado.



3.3.4 Sistema Auxiliar en el Acumulador Solar

No se permite la conexión de un sistema auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones. No obstante, y cuando existan circunstancias específicas en la instalación que lo demanden, se podrá considerar la incorporación de energía convencional en el acumulador solar, para lo cual será necesaria la presentación de una descripción detallada de todos los sistemas y equipos empleados, que justifique suficientemente que se produce el proceso de estratificación y que además permita la verificación del cumplimiento, como mínimo, de todas y cada una de las siguientes condiciones en el acumulador solar:

- a) Deberá tratarse de un sistema indirecto: acumulación solar en el secundario.
- b) Volumen total máximo de 2000 litros.
- c) Configuración vertical con relación entre la altura y el diámetro del acumulador no inferior a 2.
- d) Calentamiento solar en la parte inferior y calentamiento convencional en la parte superior considerándose el acumulador dividido en dos partes separadas por una de transición de, al menos, 10 centímetros de altura. La parte solar inferior deberá cumplir con los criterios de dimensionado de estas prescripciones y la parte convencional superior deberá cumplir con los criterios y normativas habituales de aplicación.
- e) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador solar al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50% y el 75 % de la altura total del mismo, y siempre por debajo de la zona de transición. La conexión de salida de agua fría hacia el intercambiador se realizará por la parte inferior del acumulador.
- f) Las entradas de agua estarán equipadas con una placa deflectora o equivalente, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador.
- g) No existirá recirculación del circuito de distribución de consumo de agua caliente sanitaria.

Para los equipos compactos que no cumpliendo lo indicado anteriormente en este apartado, vengán preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.

3.4 Diseño del Sistema de Intercambio Térmico

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente P, en W, en función del área de captadores A, en m², cumplirá la condición:

$$P \geq 500 \cdot A$$

El intercambiador independiente será de placas de acero inoxidable o cobre y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación. Se deberá tener especial cuidado en aquellos sistemas en donde se pueda generar corrosión por corrientes galvánicas.

El intercambiador del circuito de captadores incorporado al acumulador solar estará situado en la parte inferior de este último y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El intercambiador



sumergido podrá ser de serpentín o de haz tubular. La relación entre la superficie útil de intercambio del intercambiador incorporado y la superficie total de captación no será inferior a 0,15. En caso de aplicación para agua caliente sanitaria se puede utilizar el circuito de consumo con un intercambiador, teniendo en cuenta que con el sistema de energía auxiliar de producción instantánea en línea o en acumulador secundario hay que elevar la temperatura hasta 60°C y siempre en el punto de consumo más alejado hay que asegurar 50°C.

3.5 Diseño del Circuito Hidráulico

3.5.1 Generalidades

Debe concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado. En caso de aplicación para agua caliente sanitaria, el circuito hidráulico del sistema de consumo deberá cumplir los requisitos especificados en UNE-EN 806-1. En cualquier caso los materiales del circuito deberán cumplir lo especificado en ISO/TR 10217.

En particular, Chile es un país que posee una gran diversidad de calidad de aguas, las que no se encuentran totalmente normalizadas. Por esta razón, se debe tomar especial precaución al momento de especificar los materiales y condiciones de operación del circuito secundario.

3.5.2 Cañerías

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de cañerías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general. En caso de cañerías al descubierto, deben contar con una aislación suficiente como para que la superficie exterior del aislante no tenga una temperatura sustancialmente mayor a la ambiente en ningún momento. El diseño y los materiales deberán ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos que influyan drásticamente en el rendimiento del sistema.

3.5.3 Bombas

Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

En instalaciones con superficies de captación superiores a 50 m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Las cañerías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de éstas, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos de torsión o flexión. El diámetro de las cañerías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

En instalaciones de piscinas nuevas la disposición de los elementos será la siguiente: el filtro ha de colocarse siempre entre la bomba y los captadores y el sentido de la corriente ha de ser bomba-



filtro-captadores, para evitar que la resistencia del filtro provoque una sobrepresión perjudicial para los captadores, prestando especial atención a su mantenimiento. La impulsión de agua caliente deberá hacerse por la parte inferior de la piscina, quedando la impulsión de agua filtrada en superficie.

3.5.4 Estanque de Expansión

Los estanques de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba. Cuando no se cumpla el punto anterior, la altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario. Es absolutamente necesaria la incorporación de al menos un estanque de expansión en el circuito primario y otro en el circuito secundario.

3.5.5 Purga de Aire

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm³. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.

3.5.6 Drenaje

Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

3.6 Recomendaciones específicas adicionales para sistemas por circulación natural

Es muy importante, en instalaciones que funcionen por circulación natural, el correcto diseño de los distintos componentes y circuitos que integran el sistema, de forma que no se introduzcan grandes pérdidas de carga y se desfavorezca la circulación del fluido por termosifón. Para esto se recomienda prestar atención a:

- a) El diseño del captador y su conexionado: Preferentemente se instalarán captadores con conductos distribuidores horizontales y sin cambios complejos de dirección de los conductos internos.
- b) El trazado de cañerías: Deberá ser de la menor longitud posible, situando el acumulador cercano a los captadores. En ningún caso el diámetro de las cañerías será inferior a DN15. En general, dicho diámetro se calculará de forma que corresponda al diámetro normalizado inmediatamente superior al necesario en una instalación equivalente con circulación forzada.
- c) El sistema de acumulación: Depósitos situados por encima de la batería de captadores favorecen la circulación natural. En caso de que la acumulación esté situada por debajo de la batería de captadores, es muy importante utilizar algún tipo de dispositivo que, sin introducir pérdidas de carga adicionales de consideración, evite el flujo inverso no intencionado.
- d) Válvulas de Seguridad: Es imprescindible la incorporación de válvulas de seguridad tanto de presión como de temperatura en los circuitos.

3.7 Recomendaciones específicas adicionales para sistemas directos

Con la documentación del sistema se deberá aportar un certificado de los análisis de agua de la empresa de abastecimiento, en el cual se deberá poder verificar que se cumple con lo especificado en el apartado "Requisitos Generales" del presente documento. En este caso el usuario adicionalmente aportará su compromiso a utilizar el agua que provenga de la fuente de abastecimiento referida, no empleando por ningún motivo la procedente de otros suministros tales como pozos.

En el caso de que no esté previsto el suministro por parte de la empresa de abastecimiento y se utilicen otras fuentes se realizarán las mediciones correspondientes para comprobar que cumple con lo especificado en el apartado "Requisitos Generales", aportando en la documentación el certificado correspondiente. En este caso el usuario adicionalmente aportará su compromiso a utilizar el agua que provenga de la fuente de abastecimiento referida no empleando por ningún motivo la procedente de otros suministros.

En el caso que no se disponga de una fuente de suministro que cumpla con lo especificado sobre el fluido de trabajo en el apartado "Requisitos generales", se incorporará un equipo de tratamiento de agua. En este caso el usuario adicionalmente aportará su compromiso de tener el equipo siempre en perfectas condiciones de utilización para que se respeten los parámetros de calidad de agua del presente documento.

En el manual de instrucciones se indicará las condiciones del agua para el buen funcionamiento de la instalación.

No podrán instalarse sistemas directos en zonas con riesgo de heladas.

Siempre que se opte por un sistema directo se aportará documentación, obtenida en la Dirección Meteorológica de Chile u otra entidad similar, donde se demuestre que la zona donde se va a realizar la instalación no tiene riesgo de heladas.

3.8 Diseño del Sistema de Energía Auxiliar.

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar.

Por razones de eficiencia energética, entre otras, se desaconseja la utilización de energía eléctrica efecto Joule como fuente auxiliar, especialmente en los casos de altos consumos y fracciones solares anuales bajas.

Queda prohibido el uso de sistemas de energía auxiliar en el circuito primario de captadores. El diseño del sistema de energía auxiliar se realizará en función de la aplicación (o aplicaciones) de la instalación, de forma que sólo entre en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación solar. Para ello se seguirán los siguientes criterios:

1. Para pequeñas cargas de consumo se recomienda usar un sistema de energía auxiliar en línea, siendo para estos casos los sistemas de gas modulantes en temperatura los más idóneos.
2. En caso de aceptarse, de acuerdo con el punto 3.3.4, la instalación de una resistencia eléctrica

como sistema de energía auxiliar dentro del acumulador solar, su conexión, salvo que se apruebe expresamente otro procedimiento, sólo se podrá hacer mediante un pulsador manual y la desconexión será automática a la temperatura de referencia. Adicionalmente, se instalará un termómetro en la parte baja de la zona de calentamiento con energía convencional (ver 3.3.4) cuya lectura sea fácilmente visible para el usuario. La documentación a entregar al usuario deberá contener instrucciones claras de operación del sistema auxiliar.

3. No se recomienda la conexión de un retomo desde el acumulador de energía auxiliar al acumulador solar, salvo que existan períodos de bajo consumo estacionales, en los que se prevea elevadas temperaturas en el acumulador solar. La instalación térmica deberá efectuarse de manera que en ningún caso se introduzca en el acumulador solar energía procedente de la fuente auxiliar.
4. Para la preparación de agua caliente sanitaria, se permitirá la conexión del sistema de energía auxiliar en paralelo con la instalación solar cuando se cumplan los siguientes requisitos:
 - Exista previamente un sistema de energía auxiliar constituido por uno o varios calentadores instantáneos no modulantes y sin que sea posible regular la temperatura de salida del agua.
 - Exista una preinstalación solar que impida o dificulte el conexionado en serie.
5. Para sistemas con energía auxiliar en paralelo y especialmente en aplicaciones de climatización, usos industriales y otras aplicaciones en ese rango de temperaturas, es necesario un sistema de regulación del agua calentada por el sistema solar y auxiliar de forma que se aproveche al máximo la energía solar.

En los puntos 4 y 5, la conmutación de sistemas será fácilmente accesible.

Para A.C.S., el sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con el RD 909/2001. Este punto no será de aplicación en los calentadores instantáneos de gas no modulantes. En el caso de climatización de piscinas, el termostato de control sobre la temperatura se equilibrará de forma que se cumpla lo establecido por el RITCH en ITE 10.2.1.2. En caso de climatización, el termostato de control estará ajustado en función de la aplicación de frío o calor de forma automática o manual.

Cuando el sistema de energía auxiliar sea eléctrico, la potencia correspondiente será inferior a 300 W por cada metro cuadrado de superficie captadora. Para instalaciones de tamaño inferior a 5 m², la potencia podrá ser de 1500 W. En el caso de resistencias sumergidas, los valores de potencia disminuirán hasta 150 W por metro cuadrado y hasta 750 W para instalaciones de tamaño inferior a 5 m². En el caso de sistemas preexistentes, no habrá ningún límite.

3.9 Diseño del Sistema Eléctrico y de Control.

El diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas:

1. Control de funcionamiento del circuito primario y secundario (si existe).
2. Sistemas de protección y seguridad de las instalaciones contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos. Con independencia de que realice otras funciones, el sistema de control se realizará por control diferencial de temperaturas, mediante un dispositivo electrónico (módulo de control diferencial, en los esquemas representado por MCD) que compare la temperatura de captadores con la temperatura de acumulación o retorno, como por ejemplo ocurre en la acumulación distribuida.

El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7°C . La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor de 2°C . De esta forma el funcionamiento de la parte solar de una instalación se optimiza. Para optimizar el aprovechamiento solar de la instalación y, cuando exista intercambiador exterior, se podrán instalar también dos controles diferenciales.

El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido. Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro que regule la aportación de energía a la misma. Esto se puede realizar por control de temperatura o caudal actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías todo o nada, bombas de circulación, o por combinación de varios mecanismos.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores, de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación. Cuando exista, el sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.

3.10 Diseño del Sistema de Monitorización.

Para el caso de instalaciones mayores de 20 m^2 se deberá disponer al menos de un sistema analógico de medida local que indique como mínimo las siguientes variables:

Opción 1:

- Temperatura de entrada de agua fría de red.
- Temperatura de salida del acumulador solar .
- Caudal de agua fría de red.

Opción 2:

- Temperatura Inferior del acumulador solar.
- Temperatura de captadores.
- Caudal por el circuito primario.

El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo. En el Anexo VII se describe un sistema de monitorización más completo.





Anexos



ANEXO I

NORMATIVA DE APLICACIÓN Y CONSULTA

I.1 Normativa de aplicación

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile (RITCH) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

D.S. N° 222-1996 Reglamento de Instalaciones interiores de Gas. Ministerio de Economía/SEC. Última modificación 1998.

NCh Elec. 4/2003 Norma para Instalaciones de Baja Tensión en Chile

D.S. N° 47-1992 Reglamento General de Urbanismo y Construcción. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Última modificación 2006.

NCh352.Of1961: Condiciones acústicas que deben cumplir los edificios.

NCh352/1.Of2000: Aislación acústica - Parte 1: Construcciones de uso habitacional - Requisitos mínimos y ensayos.

NCh1914/1.Of1984: Prevención de incendios en edificios - Ensayo de reacción al fuego - Parte 1: Determinación de la no combustibilidad de materiales de construcción.

NCh1914/2.Of1985: Prevención de incendio en edificios - Ensayo de reacción al fuego - Parte 2: Determinación del calor de combustión de materiales en general.

D.S. N° 594-1999 Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los lugares de trabajo. Última modificación 2003.

Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente (LBGMA)

NCh30.Of1998 ISO 1000 Unidades SI y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y de otras ciertas unidades.

I.2 Normativa de consulta

NCh3096/1.c2007: Sistemas solares térmicos y componentes. Colectores solares. Parte 1: Requisitos generales. (Norma internacional equivalente: UNE-EN 12975-1)

NCh3096/2.c2007: Sistemas solares térmicos y componentes. Colectores solares. Parte 2: Métodos de ensayo. (Norma internacional equivalente: UNE-EN 12975-2)

NCh3120/1.c2007: Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 1: Requisitos generales. (Norma internacional equivalente: UNE-EN 12976-1)

NCh3120/2.c2007: Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo. (Norma internacional equivalente: UNE-EN 12976-2)

NCh3088/1.c2007: Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares a medida. Parte 1: Requisitos generales. (Norma internacional equivalente: UNE-EN 12977-1)

NCh3088/2.c2007: Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares a medida. Parte 2: Métodos de ensayo. (Norma internacional equivalente: UNE-EN 12977-2)

NCh3088/3.c2007: Sistemas solares térmicos y sus componentes - Sistemas hechos a medida - Parte 3: Caracterización del reconocimiento de acumuladores para sistemas solares de calefacción.

prEN 806-1: Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption. Part 1: General.

prEN 1717: Protection against pollution of potable water in drinking water installations and general requirements of devices to prevent pollution by back flow.

ENV 1991-2-3: Eurocode 1. Basis of design and actions on structures. Part 2-3: Action on structures; snow loads.

ENV 1991-2-4: Eurocode 1. Basis of design and actions on structures. Part 2-4: Action on structures; wind loads.

EN 60335-1/1995: Safety of household and similar electrical appliances. Part 1: General requirements (IEC 335-1/1991 modified).

EN 60335-2-21: Safety of household and similar electrical appliances. Part 2: Particular requirements for storage water heaters (IEC 335-2-21/1989 + Amendments 1/1990 and 2/1990, modified).

ENV 61024-1: Protection of structures against lightning. Part 1: General principles (IEC 1024-1/1990, modified).

NCh2904.Of2004: Energía solar térmica. Vocabulario. (Basada en ISO 9488)

Se considerará la edición más reciente de las normas antes mencionadas, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.



ANEXO II

DEFINICIONES

1 *Parámetros ambientales*

Radiación solar: Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

Radiación solar directa: Radiación solar incidente sobre un plano dado, procedente de un pequeño ángulo sólido centrado en el disco solar.

Radiación solar hemisférica: Radiación solar incidente en una superficie plana dada, recibida desde un ángulo sólido de 2π sr (del hemisferio situado por encima de la superficie). Hay que especificar la inclinación y azimut de la superficie receptora.

Radiación solar difusa: Radiación solar hemisférica menos la radiación solar directa.

Radiación solar global: Radiación solar hemisférica recibida en un plano horizontal.

Irradiancia solar: Potencia radiante incidente por unidad de superficie sobre un plano dado. Se expresa en W/m².

Irradiancia solar directa: Cociente entre el flujo radiante recibido en una superficie plana dada, procedente de un pequeño ángulo sólido centrado en el disco solar, y el área de dicha superficie. Si el plano es perpendicular al eje del ángulo sólido, la irradiancia solar recibida se llama directa normal. Se expresa en W/m².

Irradiancia solar difusa: Irradiancia de la radiación solar difusa sobre una superficie receptora plana. Hay que especificar la inclinación y el azimut de la superficie receptora.

Irradiancia solar reflejada: La radiación por unidad de tiempo y unidad de área que, procedente de la reflexión de la radiación solar en el suelo y otros objetos, incide sobre una superficie.

Irradiación: Energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, obtenida por integración de la irradiancia durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora o un día. Se expresa en MJ/m² o kWh/m².

Aire ambiente: Aire (tanto interior como exterior) que envuelve a un acumulador de energía térmica, a un captador solar o a cualquier objeto que se esté considerando.

2 *Instalación*

Instalaciones abiertas: Instalaciones en las que el circuito primario está comunicado de forma permanente con la atmósfera.

Instalaciones cerradas: Instalaciones en las que el circuito primario no tiene comunicación directa con la atmósfera.

Instalaciones de sistema directo: Instalaciones en las que el fluido de trabajo que pasa por los captadores es a la vez el agua de consumo.

Instalaciones de sistema indirecto: Instalaciones en las que el fluido de trabajo se mantiene en un circuito separado, sin posibilidad de comunicarse con el circuito de consumo.

Instalaciones por termosifón: Instalaciones en las que el fluido de trabajo circula por convección libre.

Instalación con circulación forzada: Instalación equipada con dispositivos que provocan la circulación forzada del fluido de trabajo.

Circuito primario: Circuito del que forman parte los captadores y las cañerías que los unen, en el cual el fluido recoge la energía solar y la transmite.

Circuito secundario: Circuito en el que se recoge la energía transferida del circuito primario para ser distribuida a los puntos de consumo.

Circuito de consumo: Circuito por el que circula agua de consumo.

Sistema solar prefabricado: Sistema de energía solar para los fines de preparación sólo de agua caliente, ya sea como un sistema compacto o como un sistema partido. Consiste bien en un sistema integrado o bien un conjunto y configuración uniformes de componentes. Se produce bajo condiciones que se presumen uniformes y ofrecidas a la venta bajo un solo nombre comercial. Un solo sistema puede ser ensayado como un todo en un laboratorio, dando lugar a resultados que representan sistemas con la misma marca comercial, configuración, componentes y dimensiones. Sistemas de energía auxiliar conectados en serie con el sistema solar prefabricado no se consideran partes del mismo.

Sistema compacto: Equipo solar prefabricado cuyos elementos se encuentran montados en una sola unidad, aunque físicamente pueden estar diferenciados.

Sistema partido: Equipo solar prefabricado cuyos elementos principales (captación y acumulación) se pueden encontrar a una distancia física relevante.

Sistema integrado: Equipo solar prefabricado cuyos elementos principales (captación y acumulación) constituyen un único componente y no es posible diferenciarlos físicamente.

3 Captadores

Captador solar térmico: Dispositivo diseñado para absorber la radiación solar y transmitir la energía térmica así producida a un fluido de trabajo que circula por su interior.

Captador solar de líquido: Captador solar que utiliza un líquido como fluido de trabajo.

Captador solar de aire: Captador solar que utiliza aire como fluido de trabajo.

Captador solar plano: Captador solar sin concentración cuya superficie absorbadora es sensiblemente plana.

Captador sin cubierta: Captador solar sin cubierta sobre el absorbedor.

Captador de concentración: Captador solar que utiliza reflectores, lentes u otros elementos ópticos para redireccionar y concentrar sobre el absorbedor la radiación solar que atraviesa la apertura.

Captador de vacío: Captador en el que se ha realizado el vacío en el espacio entre absorbedor y cubierta.

Captador de tubos de vacío: Captador de vacío que utiliza un tubo transparente (normalmente de cristal) donde se ha realizado el vacío entre la pared del tubo y el absorbedor.

Cubierta: Elemento o elementos transparentes (o translúcidos) que cubren el absorbedor para reducir las pérdidas de calor y protegerlo de la intemperie.

Absorbedor: Componente de un captador solar cuya función es absorber la energía radiante y transferirla en forma de calor a un fluido.

Placa absorbente: Absorbedor cuya superficie es sensiblemente plana.

Apertura: Superficie a través de la cual la radiación solar no concentrada es admitida en el captador.

Área de apertura: Es la máxima proyección plana de la superficie del captador transparente expuesta a la radiación solar incidente no concentrada.

Área total: Área máxima proyectada por el captador completo, excluyendo cualquier medio de soporte y acoplamiento de los tubos expuesta.

Fluido de transferencia de calor o fluido de trabajo: Es el fluido encargado de recoger y transmitir la energía captada por el absorbedor.

Carcasa: Es el componente del captador que conforma su superficie exterior, fija la cubierta, contiene y protege a los restantes componentes del captador y soporta los anclajes del mismo.

Materiales aislantes: Son aquellos materiales de bajo coeficiente de conductividad térmica cuyo empleo en el captador solar tiene por objeto reducir las pérdidas de calor por la parte posterior y laterales.

Junta de cubierta: Es un elemento cuya función es asegurar la estanquidad de la unión cubierta-carcasa.

Temperatura de estancamiento del captador: Corresponde a la máxima temperatura del fluido que se obtiene cuando, sometido el captador a altos niveles de radiación y temperatura ambiente y siendo la velocidad del viento despreciable, no existe circulación en el captador y se alcanzan condiciones cuasi-estacionarias.

4 Componentes

Intercambiador de calor: Dispositivo en el que se produce la transferencia de energía del circuito primario al circuito secundario.

Acumulador solar o depósito solar: Depósito en el que se acumula el agua calentada por energía solar.

Depósito de expansión: Dispositivo que permite absorber las variaciones de volumen y presión en un circuito cerrado producidas por las variaciones de temperatura del fluido circulante. Puede ser abierto o cerrado, según esté o no en comunicación con la atmósfera.

Bomba de circulación: Dispositivo electromecánico que produce la circulación forzada del fluido a través de un circuito.

Purgador de aire: Dispositivo que permite la salida del aire acumulado en el circuito. Puede ser manual o automático.

Válvula de seguridad: Dispositivo que limita la presión máxima del circuito.

Válvula anti-retorno: Dispositivo que evita el paso de fluido en un sentido.

Controlador diferencial de temperaturas: Dispositivo electrónico que comanda distintos elementos eléctricos de la instalación (bombas, electroválvulas, etc.) en función, principalmente, de las temperaturas en distintos puntos de dicha instalación.

Termostato de seguridad: Dispositivo utilizado para detectar la temperatura máxima admisible del fluido de trabajo en algún punto de la instalación.

Controlador anti-hielo: Dispositivo que impide la congelación del fluido de trabajo.

5 Otras definiciones

Almacenamiento estacional: Es el que se produce o realiza durante una estación o parte del año.

Archivo de clasificación: Es el archivo de documentación técnica para sistemas solares de calentamiento pequeños a medida de una Compañía, el cual incluye:

- Clasificación completa para sistemas pequeños a medida.
- Descripción completa de todas las configuraciones del sistema.
- Descripción completa de todas las combinaciones comercializadas de las configuraciones del sistema y componentes, incluyendo dimensiones de éstos y número de unidades.
- Información técnica de todos los componentes.

(Referencia: Sistemas solares de calentamiento pequeños a medida, NCh3088/1.c2007, párrafo 3.2.)

Archivo de documentación: La documentación del sistema deberá ser completa y entendible:

- Todos los componentes de cada sistema pequeño a medida deberán ir provistos con un conjunto de instrucciones de montaje y funcionamiento entendibles, así como de recomendaciones de servicio. Esta documentación deberá incluir todas las instrucciones necesarias para el montaje, instalación, operación y mantenimiento. Estas instrucciones deberán incluir toda la información que contiene la lista de 4.6 de NCh3120/1.c2007.
- Cada sistema grande a medida deberá ir provisto con un conjunto de instrucciones de montaje y funcionamiento, así como recomendaciones de servicio. Esta documentación deberá incluir todas las instrucciones necesarias para el montaje, instalación, operación y mantenimiento y todos los registros de arranque inicial y puesta en servicio de acuerdo con 6.6. de la NCh3088/1.c2007.
- Los documentos deberán ser guardados en un lugar visible (preferentemente cerca del acumulador), protegidos del calor, agua y polvo.



ANEXO III

PRUEBAS Y DOCUMENTACIÓN

III.1 Pruebas

El suministrador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar.

Las pruebas a realizar por el instalador serán, como mínimo, las siguientes:

- *Llenado, funcionamiento y puesta en marcha del sistema.*
- *Se probarán hidrostáticamente los equipos y el circuito de energía auxiliar:*
- *Se comprobará que las válvulas de seguridad funcionan y que las tuberías de descarga de las mismas no estén obturadas y estén en conexión con la atmósfera. La prueba se realizará incrementando hasta un valor de 1,1 veces el de tarado y comprobando que se produce la apertura de la válvula.*
- *Se comprobará la correcta actuación de las válvulas de corte, llenado, vaciado y purga de la instalación.*
- *Se comprobará que alimentando (eléctricamente) las bombas del circuito, entran en funcionamiento y el incremento de presión indicado por los manómetros se corresponde en la curva con el caudal de diseño del circuito.*
- *Se comprobará la actuación del sistema de control y el comportamiento global de la instalación realizando una prueba de funcionamiento diario, consistente en verificar, que, en un día claro, las bombas arrancan por la mañana, en un tiempo prudencial, y paran al atardecer; detectándose en el depósito saltos de temperatura significativos.*

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la instalación, no obstante el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos han funcionado correctamente durante un mínimo de un mes, sin interrupciones o paradas.

III.2 Documentación

III.2.A Documentación para sistemas solares prefabricados

III.2.A.1 Generalidades

Con cada sistema solar prefabricado, el fabricante o distribuidor oficial deberá suministrar instrucciones para el montaje e instalación (para el instalador) e instrucciones de operación (para el usuario). Estos documentos deberán estar escritos en el idioma(s) oficial(es) del país de venta y deberán incluir todas las instrucciones necesarias para el montaje y operación, incluyendo mantenimiento, y prestando atención a mayores requisitos y reglas técnicas de interés.

III.2.A.2 Documentos para el instalador

Las instrucciones de montaje deberán ser apropiadas al sistema e incluir información concerniente a:

- a) Datos técnicos, aquellos que se refieren a:
 - 1) Diagramas del sistema.
 - 2) Localización y diámetros nominales de todas las conexiones externas.
 - 3) Un resumen con todos los componentes que se suministran (como captador solar, depósito de acumulación, estructura soporte, circuito hidráulico, provisiones de energía auxiliar, sistema de control/regulación y accesorios), con información de cada componente del modelo, potencia eléctrica, dimensiones, peso, marca y montaje.
 - 4) Máxima presión de operación de todos los circuitos de fluido del sistema, tales como el circuito de captadores, el circuito de consumo y el circuito de calentamiento auxiliar (en kg/cm²).
 - 5) Límites de trabajo: temperaturas y presiones admisibles, etc. a través del sistema.
 - 6) Tipo de protección contra la corrosión.
 - 7) Tipo de fluido de transferencia de calor.
- b) Embalaje y transporte de todo el sistema y/o componentes y modo de almacenaje (exterior, interior, embalado, no embalado).
- c) Guías de instalación con recomendaciones sobre:
 - 1) Superficies de montaje.
 - 2) Distancias a paredes y seguridad en relación con el hielo.
 - 3) Forma en la que las tuberías de entrada al edificio han de estar terminadas (resistencia a lluvia y humedad).
 - 4) Procedimiento a seguir para el aislamiento térmico de las tuberías.
 - 5) Integración en el tejado del captador (si es apropiado).
- d) Si una estructura soporte que normalmente montada al exterior es parte del sistema, los valores máximos de S_k (carga de nieve) y v_m (velocidad principal de viento) de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4 y una declaración de que el sistema sólo puede ser instalado en sitios con valores menores de S_k y v_m .
- e) Método de conexión de tuberías.
- f) Tipos y tamaños de los dispositivos de seguridad y su drenaje. Las instrucciones de montaje deberán indicar que cualquier válvula de tarado de presión que se instale por la cual pueda salir vapor en condiciones de operación normal o estancamiento, habrá de ser montada de tal forma que no se produzcan lesiones, agravios o daños causados por el escape de vapor. Cuando el sistema esté equipado para drenar una cantidad de agua como protección contra sobrecalentamiento, el drenaje de agua caliente debe estar construido de tal forma que el agua drenada no cause ningún daño al sistema ni a otros materiales del edificio.
- g) Los dispositivos necesarios de control y seguridad con esquema unifilar, incluyendo la necesidad de una válvula termostática de mezcla que limite la temperatura de extracción a 60 °C, cuando así se requiera de acuerdo con 1.3.3.2.
- h) Revisión, llenado y arranque del sistema.
- i) Montaje del sistema.
- j) Una lista de comprobación para el instalador para verificar el correcto funcionamiento del sistema.
- k) La mínima temperatura hasta la cual el sistema puede soportar heladas.

III.2.A.3 Documentos para el usuario

Las instrucciones de operación deberán incluir información concerniente a:

- a) Componentes de seguridad existentes y ajustes de termostato cuando sea aplicable.
- b) Implementación del sistema poniendo especial atención en el hecho de que:
 - 1) Antes de poner el sistema en operación se debe comprobar que todas las válvulas trabajan correctamente y que el sistema está llenado completamente con agua y/o fluido anticongelante de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
 - 2) En caso de cualquier avería, deberá llamarse a un especialista.
- c) Operación normal de las válvulas de seguridad.
- d) Precauciones en relación con riesgo de daños por congelación o sobrecalentamientos.
- e) La manera de evitar averías cuando se arranque el sistema bajo condiciones de congelación o posible congelación.
- f) Desmontaje del sistema.
- g) Mantenimiento del sistema por un especialista, incluyendo frecuencia de inspecciones y mantenimiento y una lista de partes que tienen que ser repuestas durante el mantenimiento normal.
- d) Si una estructura soporte que normalmente montada al exterior es parte del sistema, los valores máximos de S_k (carga de nieve) y v_m (velocidad principal de viento) de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4 y una declaración de que el sistema sólo puede ser instalado en sitios con valores menores de S_k y v_m .
- e) Método de conexión de tuberías.
- f) Tipos y tamaños de los dispositivos de seguridad y su drenaje. Las instrucciones de montaje deberán indicar que cualquier válvula de tarado de presión que se instale por la cual pueda salir vapor en condiciones de operación normal o estancamiento, habrá de ser montada de tal forma que no se produzcan lesiones, agravios o daños causados por el escape de vapor. Cuando el sistema esté equipado para drenar una cantidad de agua como protección contra sobrecalentamiento, el drenaje de agua caliente debe estar construido de tal forma que el agua drenada no cause ningún daño al sistema ni a otros materiales del edificio.
- g) Los dispositivos necesarios de control y seguridad con esquema unifilar, incluyendo la necesidad de una válvula termostática de mezcla que limite la temperatura de extracción a 60 °C, cuando así se requiera de acuerdo con 1.3.3.2.
- h) Revisión, llenado y arranque del sistema.
- i) Montaje del sistema.
- j) Una lista de comprobación para el instalador para verificar el correcto funcionamiento del sistema.
- k) La mínima temperatura hasta la cual el sistema puede soportar heladas.

III.2.A.3 Documentos para el usuario

Las instrucciones de operación deberán incluir información concerniente a:

- a) Componentes de seguridad existentes y ajustes de termostato cuando sea aplicable.
- b) Implementación del sistema poniendo especial atención en el hecho de que:
 - 1) Antes de poner el sistema en operación se debe comprobar que todas las válvulas trabajan correctamente y que el sistema está llenado completamente con agua y/o fluido anticongelante de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
 - 2) En caso de cualquier avería, deberá llamarse a un especialista.
- c) Operación normal de las válvulas de seguridad.
- d) Precauciones en relación con riesgo de daños por congelación o sobrecalentamientos.
- e) La manera de evitar averías cuando se arranque el sistema bajo condiciones de congelación o posible congelación.
- f) Desmontaje del sistema.
- g) Mantenimiento del sistema por un especialista, incluyendo frecuencia de inspecciones y mantenimiento y una lista de partes que tienen que ser repuestas durante el mantenimiento normal.
- h) Datos de rendimiento del sistema.
 - 1) Rango de cargas recomendado para el sistema (en l/día) a la temperatura especificada.
 - 2) Consumo de electricidad anual de bombas, sistemas de control y válvulas eléctricas del sistema para las mismas condiciones que las especificadas para el rendimiento térmico, asumiendo un tiempo de operación de la bomba de captadores de 2000 h.
 - 3) Si el sistema contiene dispositivos de protección contra heladas que causen consumo eléctrico, se hará constar la potencia eléctrica de estos dispositivos (en W) y sus características (temperatura de arranque).
- i) Cuando el sistema de protección contra heladas dependa de la electricidad y/o suministro de agua fría y/o el sistema haya sido llenado con agua de consumo, el requisito de no cortar nunca el suministro eléctrico y/o el suministro de agua fría, o que el sistema no sea drenado cuando haya alta radiación solar.
- j) El hecho de que durante situaciones de alta radiación, agua de consumo puede ser drenada, si éste es el método usado para prevenir sobrecalentamientos.
- k) Mínima temperatura hasta la cual el sistema puede soportar heladas.
- l) Tipo de fluido de transferencia de calor.
- m) En caso de sistemas con calentadores de emergencia, habrá de indicarse que dicho calentador deberá ser usado para propósitos de emergencia.

III.2.B Documentación para sistemas solares a medida

La documentación del sistema descrita a continuación deberá ser completa y entendible. Para sistemas pequeños debería estar disponible la documentación técnica describiendo la clasificación propuesta por la Compañía, estando establecido el archivo de acuerdo con

III.2.B.1. Deberá suministrarse una documentación de cada sistema de acuerdo con III.2.B.2. Para sistemas grandes, deberá suministrarse una documentación completa del sistema de acuerdo con III.2.B.3.

III.2.B.1 Fichero de clasificación para sistemas pequeños

La documentación describiendo la clasificación de los sistemas pequeños debería incluir:

- a) Todas las configuraciones propuestas del sistema incluyendo los esquemas hidráulicos y de control y las especificaciones que permitan al usuario entender el modo de funcionamiento del sistema.
- b) Lista de componentes a incluir dentro de las configuraciones del sistema, con referencias completas de dimensión y tipo. La identificación de los componentes de la lista deberá ser fácil y sin ambigüedades.
- c) Una lista de combinaciones propuestas de opciones dimensionales en cada una de las configuraciones del sistema.
- d) Diagramas o tablas estableciendo el rendimiento del sistema bajo condiciones de referencia para cada combinación propuesta de opciones dimensionales en cada configuración del sistema. Las condiciones de referencia deberían estar completamente especificadas incluyendo supuestos hechos en cargas térmicas y datos climatológicos. Las cargas térmicas supuestas deberían de estar en el rango comprendido entre 0,5 y 1,5 veces la carga de diseño especificada por el fabricante.

III.2.B.2 Documentación para sistemas pequeños

Todos los componentes de cada sistema pequeño a medida deberán ir provistos con un conjunto de instrucciones de montaje y funcionamiento entendibles, así como recomendaciones de servicio. Esta documentación deberá incluir todas las instrucciones necesarias para el montaje, instalación, operación y mantenimiento.

Los documentos deberán ser guardados en un lugar visible (preferentemente cerca del acumulador), protegidos del calor, agua y polvo.

III.2.B.3 Documentos para sistemas grandes

Cada sistema grande a medida deberá ir provisto con un conjunto de instrucciones de montaje y funcionamiento, así como recomendaciones de servicio. Esta documentación deberá incluir todas las instrucciones necesarias para el montaje, instalación, operación y mantenimiento, y todas las de arranque inicial y puesta en servicio.

Los documentos deberán ser guardados en un lugar visible (preferentemente cerca del acumulador), protegidos del calor, agua y polvo.

III.2.B.3.1 Documentos con referencia a la puesta en servicio

La documentación debería incluir:

- a) Todos los supuestos hechos en la carga (ofreciendo conjunto de valores en el intervalo $\pm 30\%$ sobre la carga media seleccionada).
- b) Referencia completa de los datos climáticos usados.

- c) Registro completo del método usado para el dimensionado del área de captadores, sistema(s) de almacenamiento e intercambiador de calor, incluyendo todas los supuestos (fracción solar deseada) y referencia completa a cualquier programa de simulación usado.
- d) Registro completo de los procedimientos usados para el dimensionado hidráulico del circuito de captadores y sus componentes.
- e) Registro completo de procedimientos usados para la predicción del rendimiento térmico del sistema, incluyendo referencia completa al programa de simulación usado.

III.2.B.3.2 Documentos de montaje e instalación

Los documentos deberán cumplir con los puntos a), e), f), g), h), j) y k) de III.2.A.2. La descripción del montaje e instalación del sistema deberá dar lugar a una instalación correcta de acuerdo con los dibujos del sistema.

III.2.B.3.3 Documentos para el funcionamiento

La documentación deberá cumplir con los párrafos a), f) y g) de III.2.A.2. Los documentos deberán incluir también:

- a) Esquemas hidráulicos y eléctricos del sistema.
- b) Descripción del sistema de seguridad con referencia a la localización y ajustes de los componentes de seguridad.
NOTA: Se debería dar una guía para la comprobación del sistema antes de ponerlo en funcionamiento de nuevo después de haber descargado una o más válvulas de seguridad.
- c) Acción a tomar en caso de fallo del sistema o peligro, como está especificado según concepto de seguridad.
- d) Descripción del concepto y sistema de control incluyendo la localización de los componentes del control (sensores). Éstos deberían estar incluidos en el esquema hidráulico del sistema.
- e) Instrucciones de mantenimiento incluyendo arranque y parada del sistema.
- f) Comprobación de función y rendimiento.



ANEXO IV

CÁLCULO DE DEMANDAS ENERGÉTICAS

III.1 Pruebas

IV.1 Cálculo de demanda energética en instalaciones de calentamiento de piscinas

La demanda energética viene dada por las pérdidas térmicas en la pila de la piscina, calculándose de forma diferente si se trata de piscina cubierta o al aire libre.

Se seguirán las indicaciones del RITCH en su punto ITE 10.2.1.2 sobre la temperatura del agua de la pileta.

IV.1.A Cálculo en piscina cubierta

En piscinas cubiertas las pérdidas vienen dadas por:

- Las pérdidas por evaporación representan entre el 70 % y el 80 % de las pérdidas totales.
- Las pérdidas por radiación representan entre el 15 % y el 20 % de las pérdidas totales.
- Las pérdidas por conducción son despreciables.

Para el cálculo de las pérdidas energéticas en piscinas cubiertas, se utilizará la siguiente fórmula empírica:

$$P [kW] = (130 - 3t_{ws} + 0,2t_{ws}^2) (S_w/1000)$$

donde:

t_{ws} = Temperatura del agua (°C)

S_w = Superficie de la piscina (m²)

IV.1.B Cálculo en piscina al aire libre

En piscinas al aire libre se tendrán en cuenta los distintos tipos de pérdida de energía:

- Por radiación del agua hacia la atmósfera, más acentuadas por la noche.
- Por evaporación del agua.
- Por convección, influidas por el viento.
- Por conducción, con las paredes de la piscina.
- Por arrastre y salpicaduras de agua.

Para el cálculo de las pérdidas energéticas en piscinas al aire libre, se utilizará la siguiente fórmula empírica:

$$P [W / (m^2 \cdot ^\circ K)] = [(28 + 20 \cdot V) (t_{ws} - t_{BS}) S_w] / 1000$$

donde:

t_{ws} = Temperatura del agua ($^\circ C$)

t_{BS} = Temperatura del aire ($^\circ C$)

V = Velocidad del viento (m/s)

S_w = Superficie de la piscina (m²)

IV.2 Cálculo de demanda energética en instalaciones de agua caliente Sanitaria

La demanda energética en instalaciones de agua caliente sanitaria viene dada por el volumen de consumo diario y las temperaturas de preparación y de agua fría.

En instalaciones existentes para las que se disponga de datos de consumo medidos en años anteriores, se utilizarán estos datos previa justificación de los mismos. En instalaciones, nuevas o existentes, para las que se disponga de datos de consumo de instalaciones similares, podrá utilizarse éstos previa justificación⁵.

En caso de no disponer de datos, se utilizarán para el diseño los consumos unitarios máximos expresados en la Tabla 3.

Tabla 3. Criterios de consumo.

Criterio de Consumo	Lts./dia	
Viviendas Unifamiliares	40	por persona
Viviendas Multifamiliares	30	por persona
Hospitales y Clínicas	80	por cama
Hoteles (4 Estrellas)	100	por cama
Hoteles (3 Estrellas)	80	por cama
Hoteles/Hostales (2 Estrellas)	60	por cama
Campings	60	por emplazamiento
Hostales/Pensiones (1 Estrella)	50	por cama
Residencias (ancianos, estudiantes, etc.)	80	por cama
Vestuarios/Duchas Colectivas	20	por servicio
Escuelas	5	por alumno
Cuarteles	30	por persona
Fábricas y Talleres	20	por persona
Oficinas	5	por persona
Gimnasios	30 a 40	por usuario
Lavanderías	5 a 7	por kilo de ropa
Restaurantes	8 a 15	por comida
Cafeterías	2	por almuerzo

5 Es conveniente realizar tomas de datos de consumo de agua caliente en caso de no disponer de ellos.

Adicionalmente se tendrán en cuenta las pérdidas de distribución/recirculación del agua a los puntos de consumo.

A efectos del cálculo de la carga de consumo, los valores de temperatura de agua fría de la red se podrán tomar de la tabla 4.

La utilización de otros datos de temperaturas de agua fría deberá ser justificada indicando la procedencia y proceso de obtención de los mismos.

Tabla 4⁶.

Temperatura Media Mensual del Agua de la Red (°C)													
Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
Arica	20,9	21,9	22,1	21,4	19,9	18,2	17,0	16,4	16,4	17,0	18,0	19,5	19,1
Iquique	20,3	21,3	21,5	20,6	19,1	17,5	16,4	15,9	15,9	16,4	17,4	18,8	18,4
Calama	20,2	20,2	19,8	18,8	17,1	15,4	14,1	14,3	15,1	16,9	18,4	19,8	17,5
Antofagasta	18,7	19,6	19,7	18,7	17,3	15,8	14,8	14,3	14,4	15,0	16,0	17,3	16,8
Isla de Pascua	22,5	23,7	24,2	23,6	22,3	21,0	19,7	19,1	18,9	19,2	19,9	21,0	21,3
Copiapó	20,8	21,7	21,6	20,2	18,0	15,8	14,5	14,3	15,1	16,4	17,8	19,4	18,0
Vallenar	19,9	20,6	20,4	19,4	17,6	15,7	14,7	14,1	14,9	16,2	17,8	19,1	17,5
La Serena	16,0	16,9	16,9	16,0	14,5	13,0	12,0	11,6	11,8	12,6	13,6	14,8	14,1
Santiago (Pudahuel)	19,4	20,3	19,8	17,7	14,7	11,6	9,5	9,2	10,0	12,0	14,6	17,2	14,7
Santiago (Q. Normal)	20,7	20,3	20,0	18,4	16,1	13,4	11,6	10,8	11,5	13,6	17,0	19,3	16,1
R. Crusoe	17,3	18,4	18,7	18,1	16,9	15,6	14,3	13,4	13,0	13,2	14,1	15,6	15,7
Santo Domingo	16,9	17,6	17,4	16,3	14,5	12,9	11,9	11,8	12,1	13,0	14,2	15,6	14,5
Curicó	21,3	22,7	21,7	18,5	14,5	11,2	9,1	8,7	9,7	12,2	15,3	18,5	15,3
Chillán	20,7	22,2	21,5	18,9	15,3	12,0	9,4	9,1	10,2	12,8	15,2	18,2	15,5
Concepción	15,7	16,4	16,0	14,7	13,0	11,4	10,2	9,8	10,1	11,1	12,5	14,2	12,9
Temuco	14,8	15,8	15,5	13,9	11,7	9,8	8,5	8,0	8,4	9,7	11,2	13,1	11,7
Valdivia	17,2	18,3	17,7	15,6	12,9	10,4	8,9	8,4	9,1	10,8	12,8	15,2	13,1
Puerto Montt	12,9	13,7	13,5	12,2	10,6	8,8	7,6	7,1	7,4	8,5	9,8	11,5	10,3
Coyhaique	13,6	15,0	14,5	12,5	9,2	6,0	3,7	3,5	5,0	7,6	9,7	11,9	9,3
Punta Arenas	9,6	10,2	9,8	8,6	6,5	4,3	2,5	2,0	2,9	4,5	6,4	8,2	6,3



ANEXO V

CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

V.1 Introducción

El objeto de este Anexo es determinar los límites en la orientación e inclinación de los captadores de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles. Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de⁷:

- Ángulo de inclinación, β , definido como el ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal (ver Figura 4). Su valor es 0° para captadores horizontales y 90° para verticales.
- Ángulo de azimut, α , definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar (ver Figura 5). Valores típicos son 0° para captadores orientados al Norte, -90° para captadores orientados al Este y $+90^\circ$ para captadores orientados al Oeste.

Figura 4.

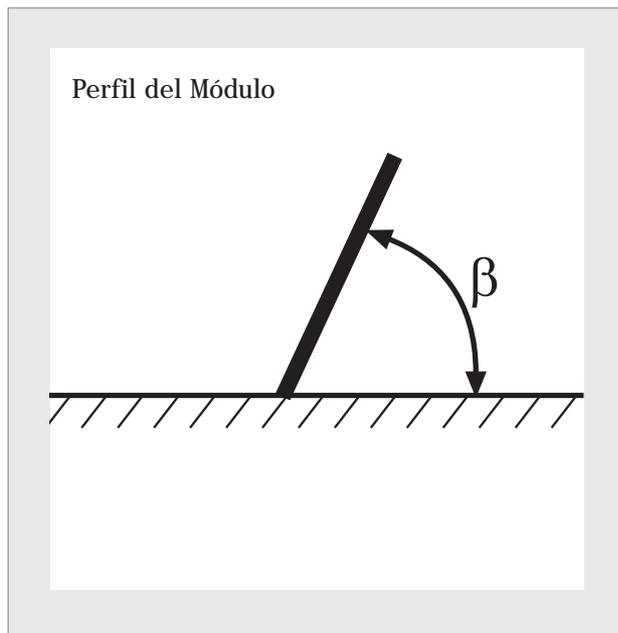
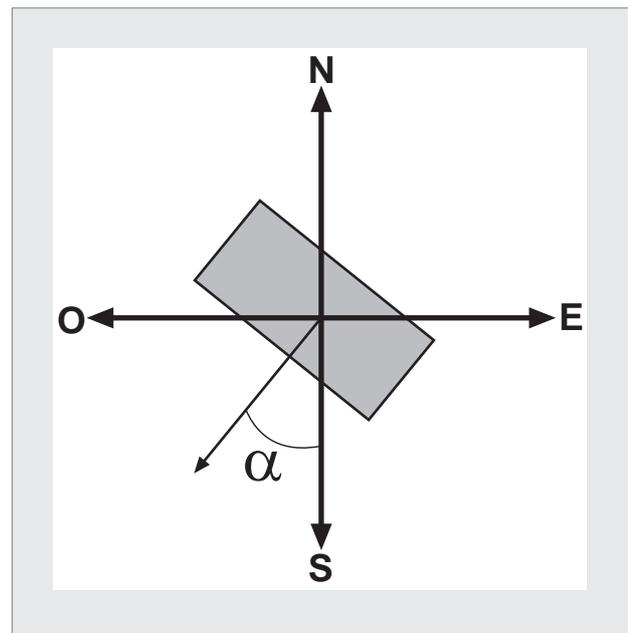


Figura 5.



⁷ Cálculos en base a modelo de Klein-Theilacker. Consultar referencia "Ingeniería Solar de Procesos Térmicos"- J. A. Duffie, W. A. Beckman, 1991, John Wiley & Sons, pág. 116.

Cobre: Bienvenidos a nuestro mundo



Connects Life.™

El Centro Chileno de Promoción del Cobre

forma parte de la *"International Copper Association, Latinoamérica"*, cuya misión es promover los usos del cobre en áreas como la seguridad de las instalaciones eléctricas, tuberías para conducción de gases y fluidos, sistemas de colectores solares para el ahorro energético, la electrificación en sectores de bajos recursos entre la población latinoamericana.

Una de sus tareas fundamentales es la difusión de los beneficios del cobre asociados a la salud humana, al medio ambiente y al mejoramiento de la calidad de vida de la población.

CONTACTOS:

Hernán Sierralta
Director Ejecutivo
hsierralta@copper.org

Marcos Sepúlveda
Sub Director Ejecutivo
msepulveda@copper.org

Nueva de Lyon 96, Oficina 305
Providencia, Santiago, Chile
Tel.: 562 - 3353264 - Fax: 562 - 3353264 anex. 111
Visite nuestra página web: www.procobre.org

V.2 Procedimiento

Habiendo determinado el ángulo de azimut del captador, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecida. Para ello se utilizarán las figuras mostradas a continuación (Figura 6 a Figura 19), válidas para el territorio nacional chileno de latitudes entre 18° S y 53° S. En ellas se muestra la proporción de insolación total anual recibida sobre una superficie con cierta orientación e inclinación con respecto al máximo posible (representado por el área de color blanco con valor 1). La orientación se representa como el ángulo con respecto al norte siempre tomando en cuenta la convención de que al Este es negativo y al Oeste es positivo. El ángulo de inclinación se representa como la distancia desde el centro del círculo y va desde 0° a 90° con los círculos concéntricos denotando las distintas inclinaciones. El procedimiento es el siguiente:

- Conocido el azimut, determinamos en la figura correspondiente a la latitud mas cercana a la analizada los límites para la inclinación. Para el caso general, las pérdidas máximas por este concepto son del 10%, para superposición, del 20% y para integración arquitectónica, del 40%. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de azimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima.
- Si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites. Si ambas curvas se intersectan, se obtienen los valores de inclinación límites para la latitud en cuestión.

Figura 6. Pérdidas por orientación e inclinación para ARICA (Lat = 18° S).

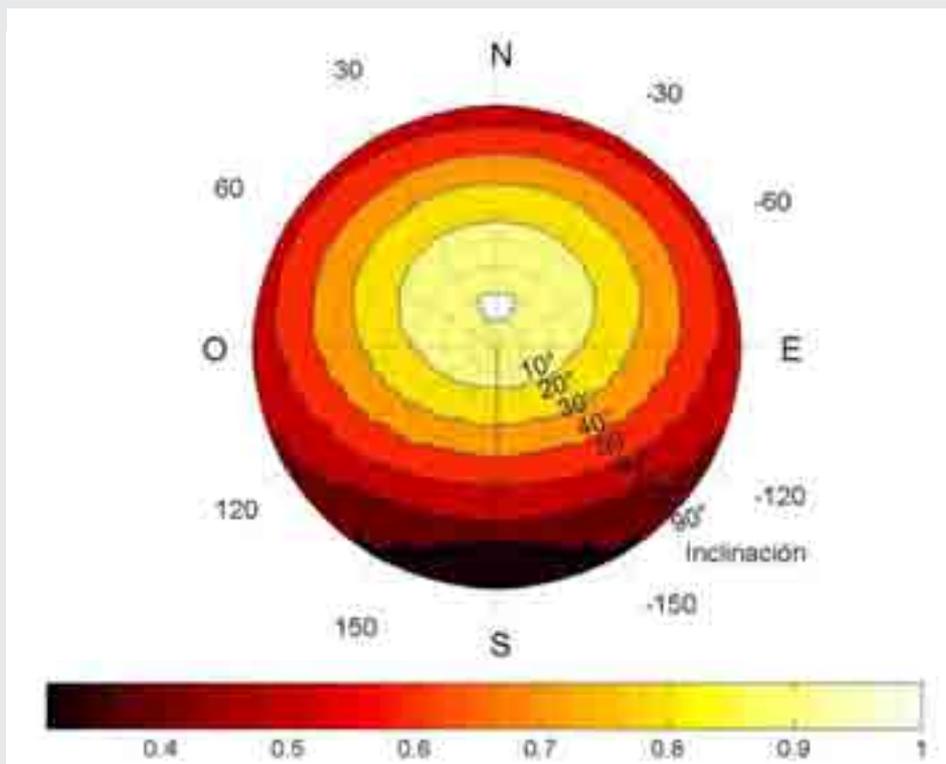


Figura 7. Pérdidas por orientación e inclinación para CALAMA (Lat = 22° S).

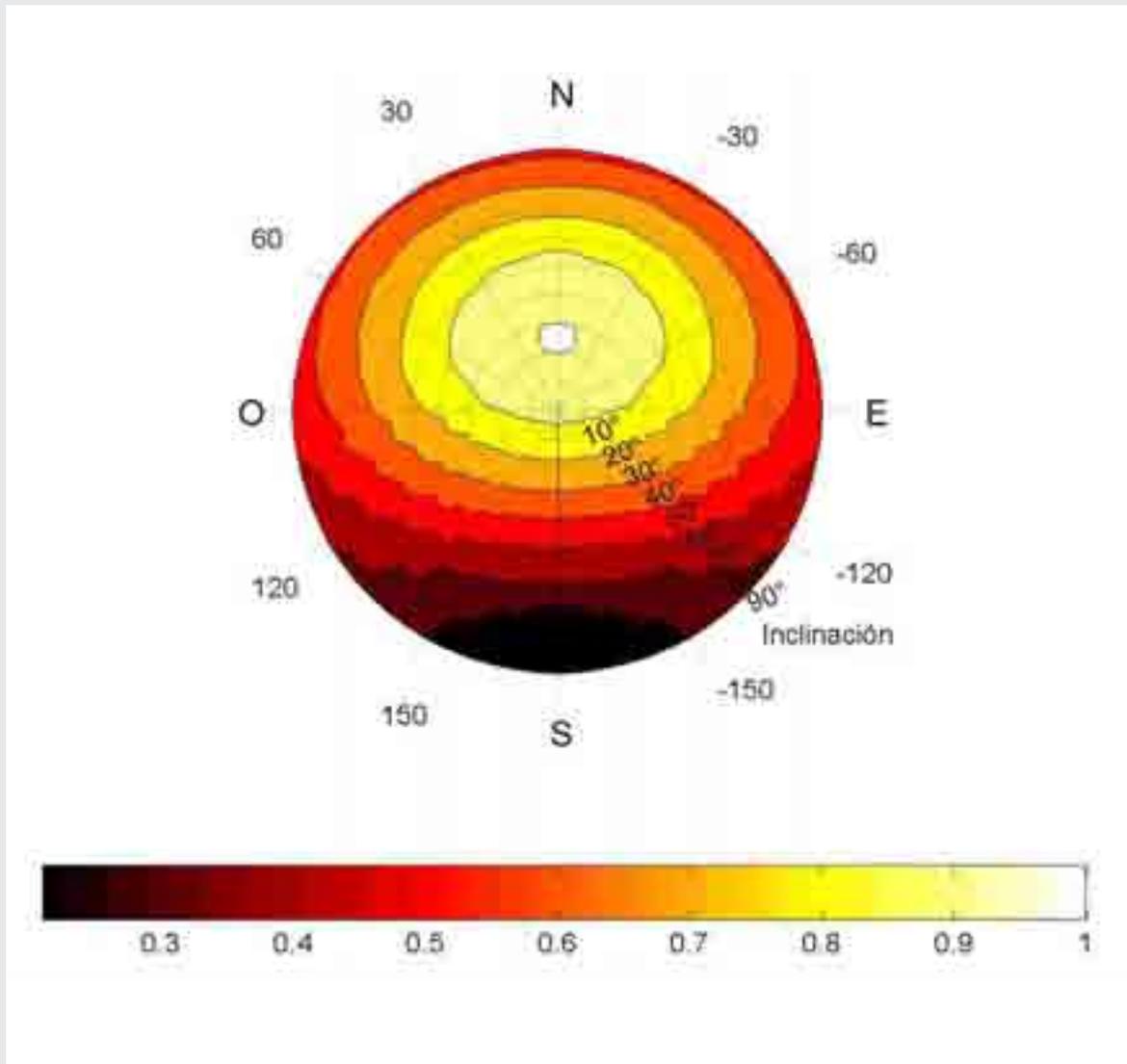


Figura 8. Pérdidas por orientación e inclinación para ANTOFAGASTA (Lat = 23° S).

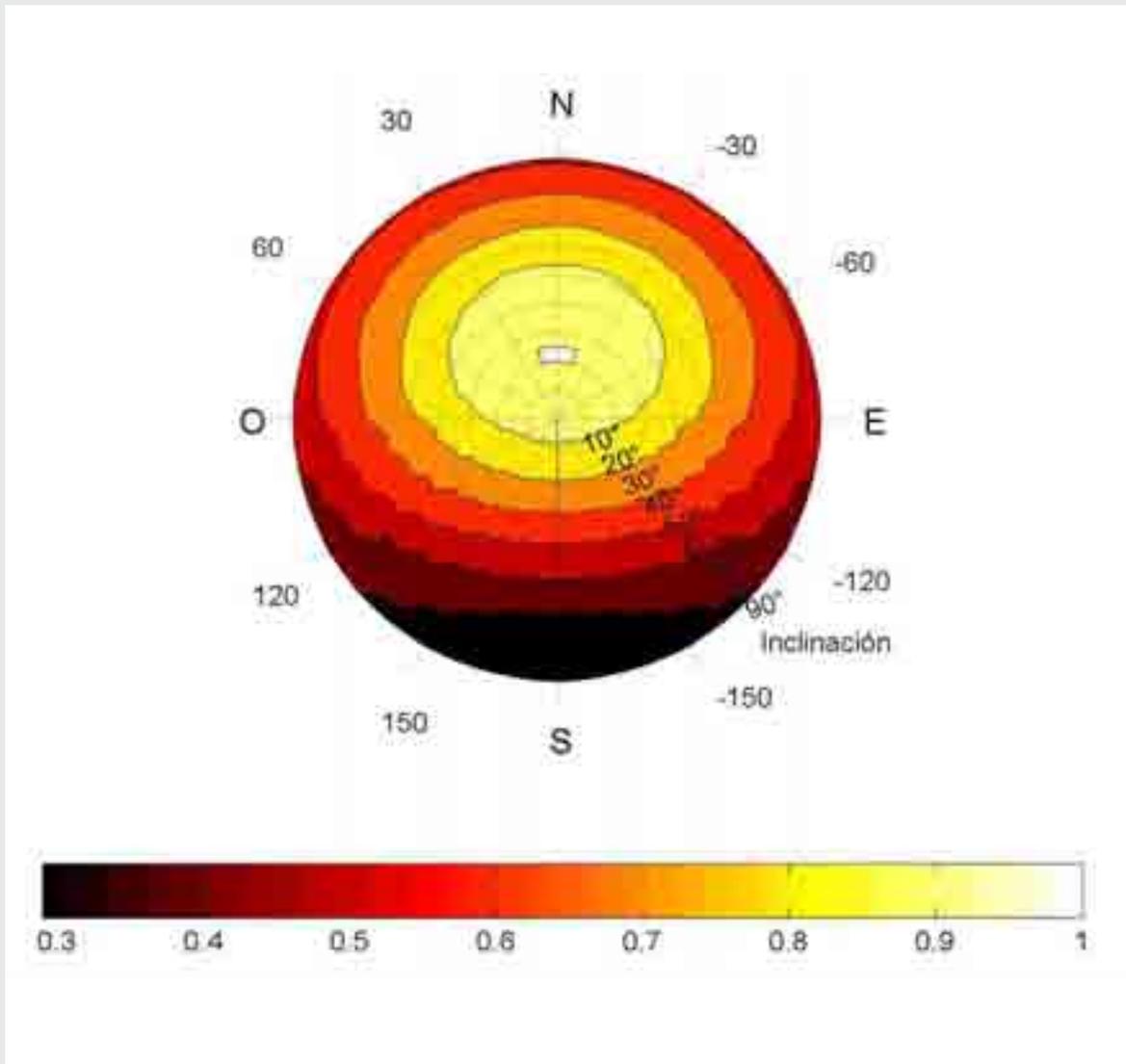


Figura 9. Pérdidas por orientación e inclinación para COPIAPÓ (Lat = 27° S).

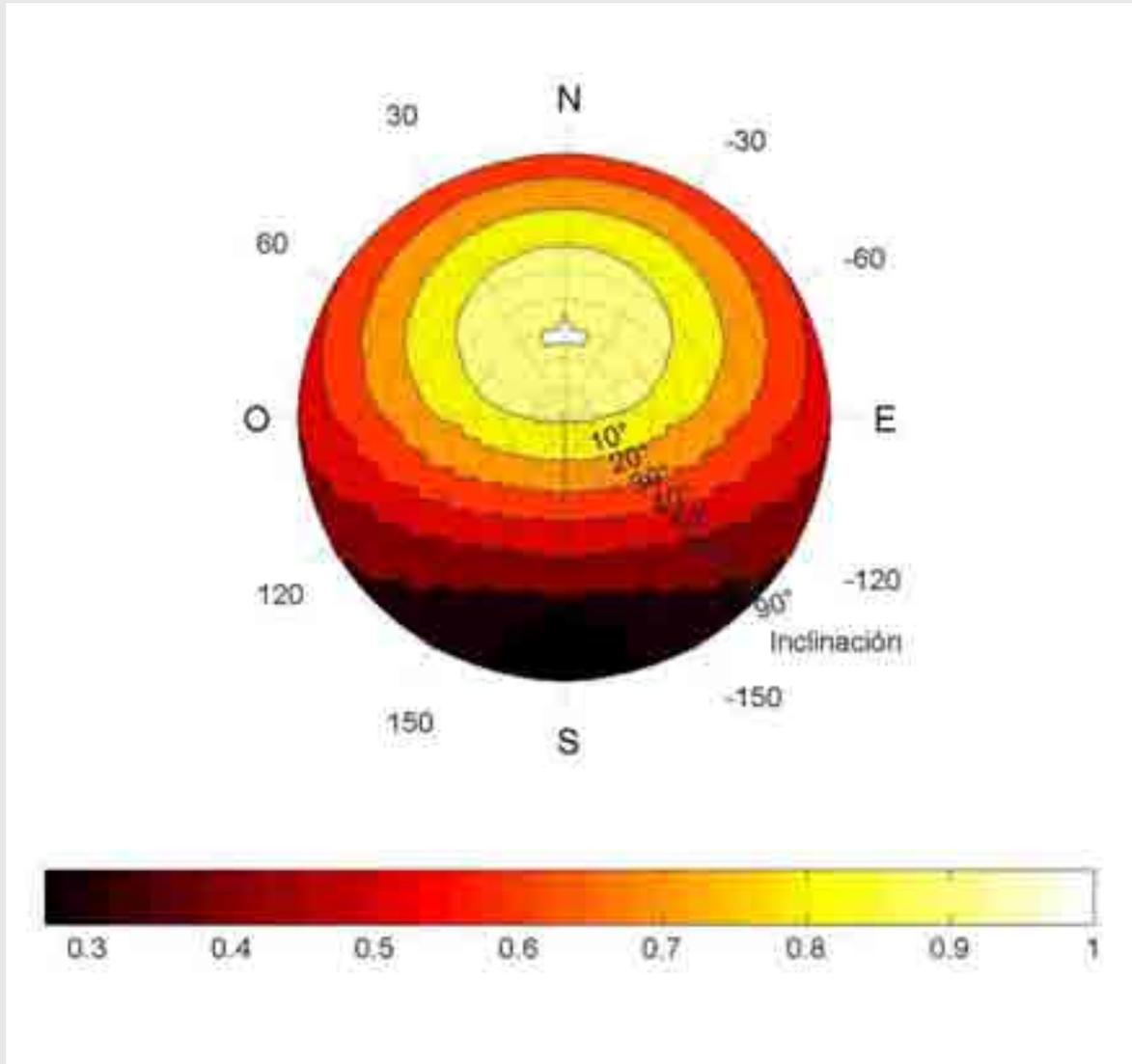


Figura 10. Pérdidas por orientación e inclinación para ISLA DE PASCUA (Lat = 27° S).

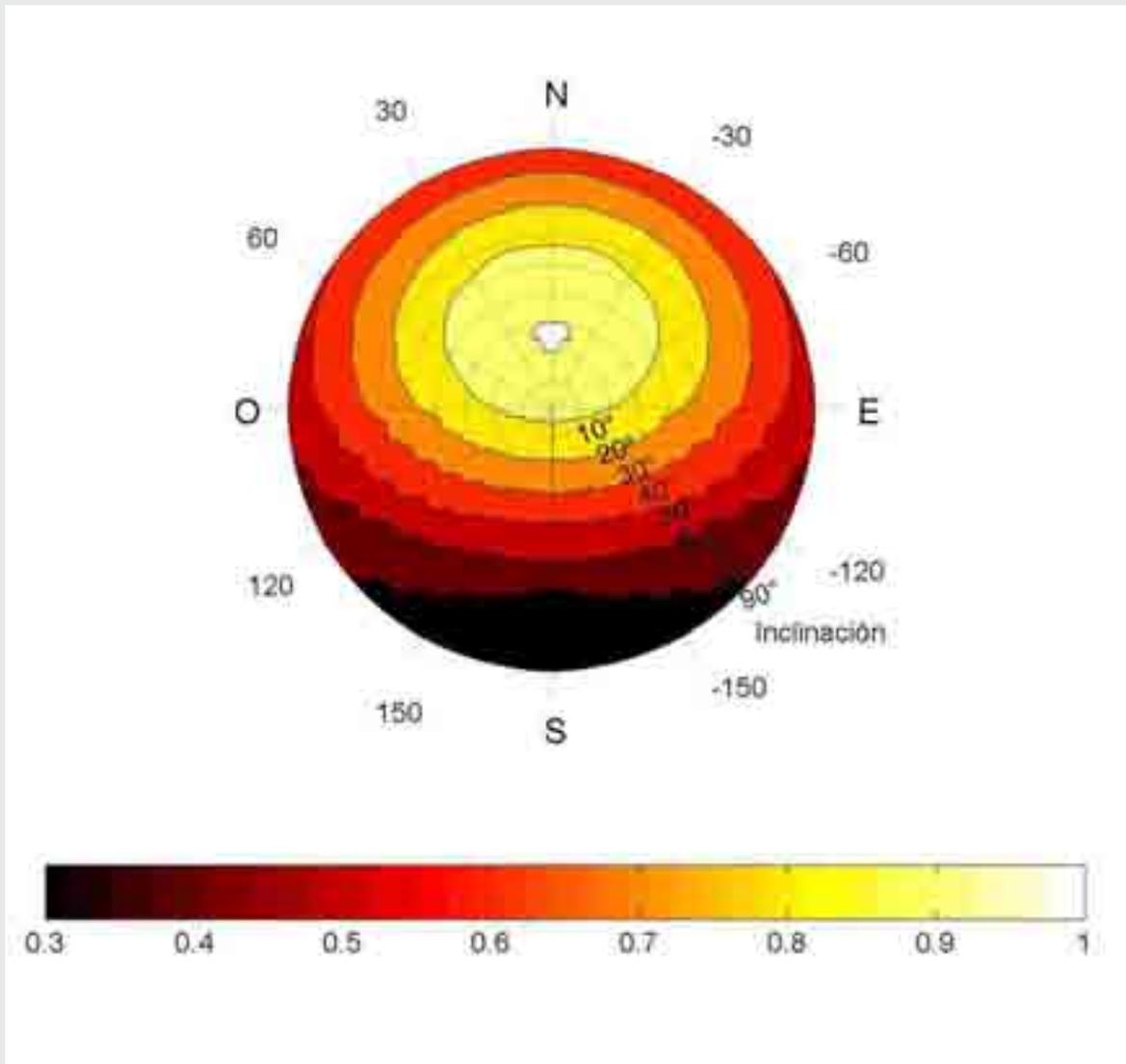


Figura 11. Pérdidas de orientación e inclinación para VALLENAR (Lat = 28° S).

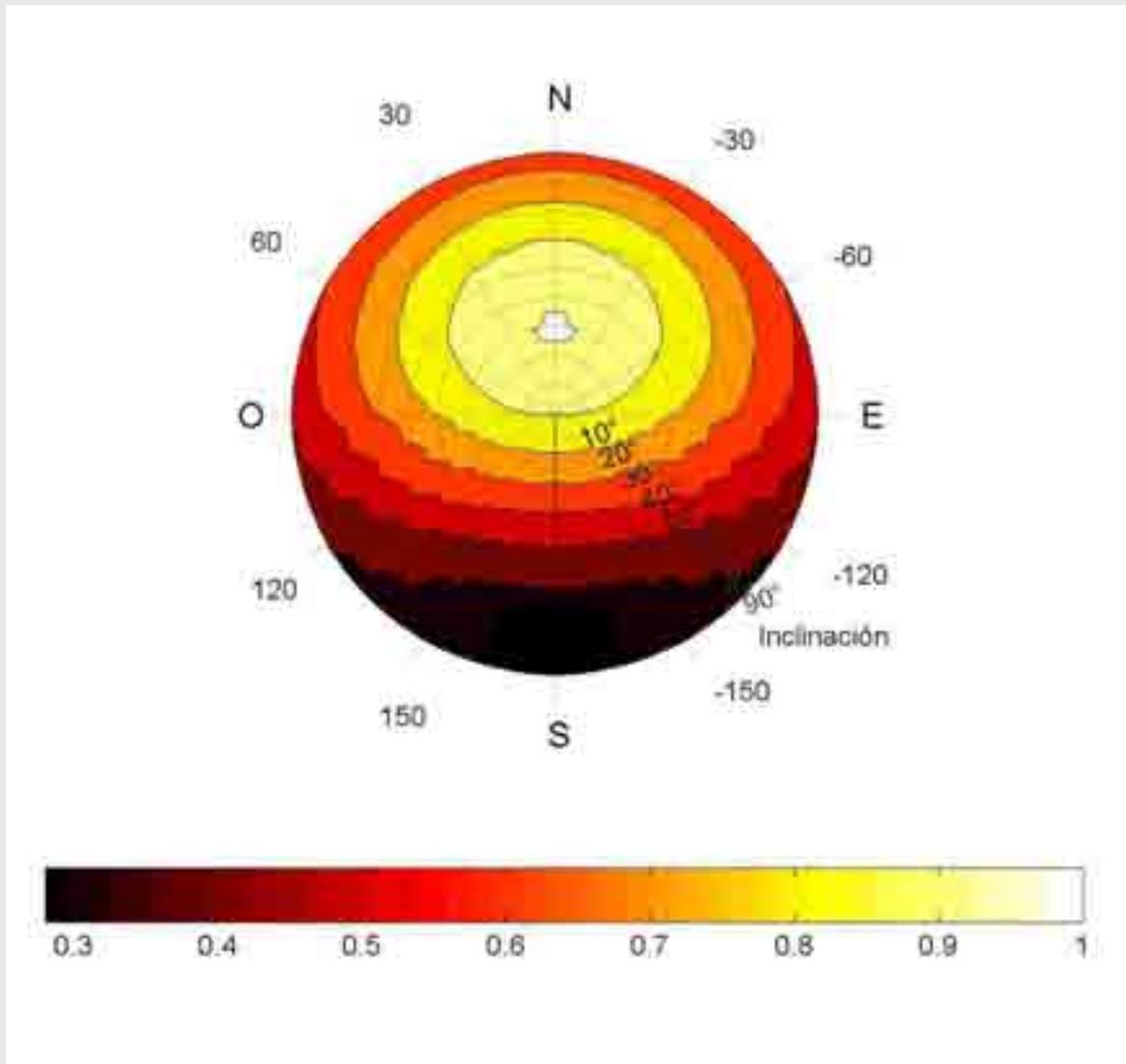


Figura 12. Pérdidas por orientación e inclinación para LA SERENA (Lat = 30° S).

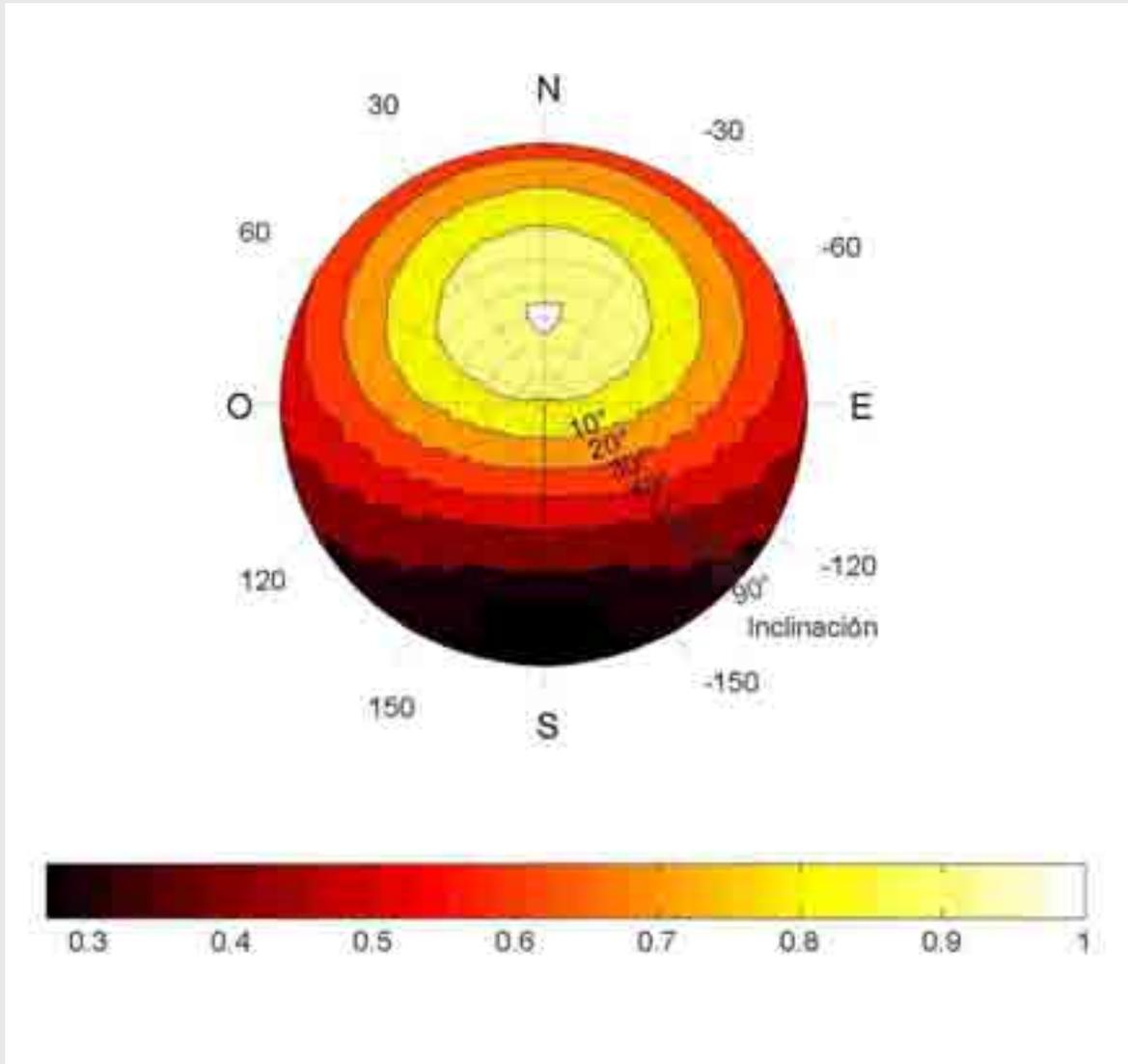


Figura 13. Pérdidas por orientación e inclinación para SANTIAGO (Lat = 33° S).

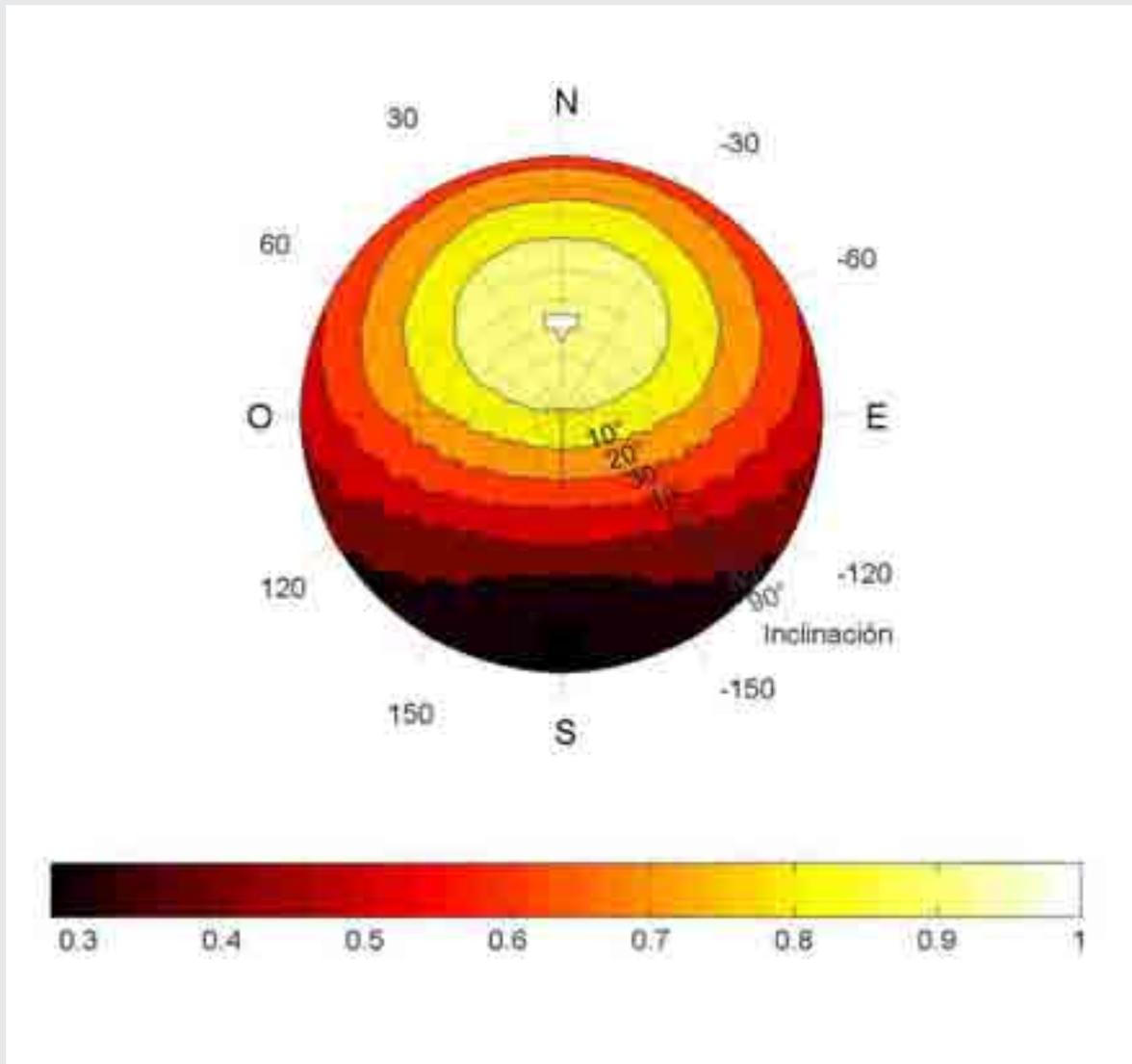


Figura 14. Pérdidas por orientación e inclinación para CURICÓ (Lat = 35° S).

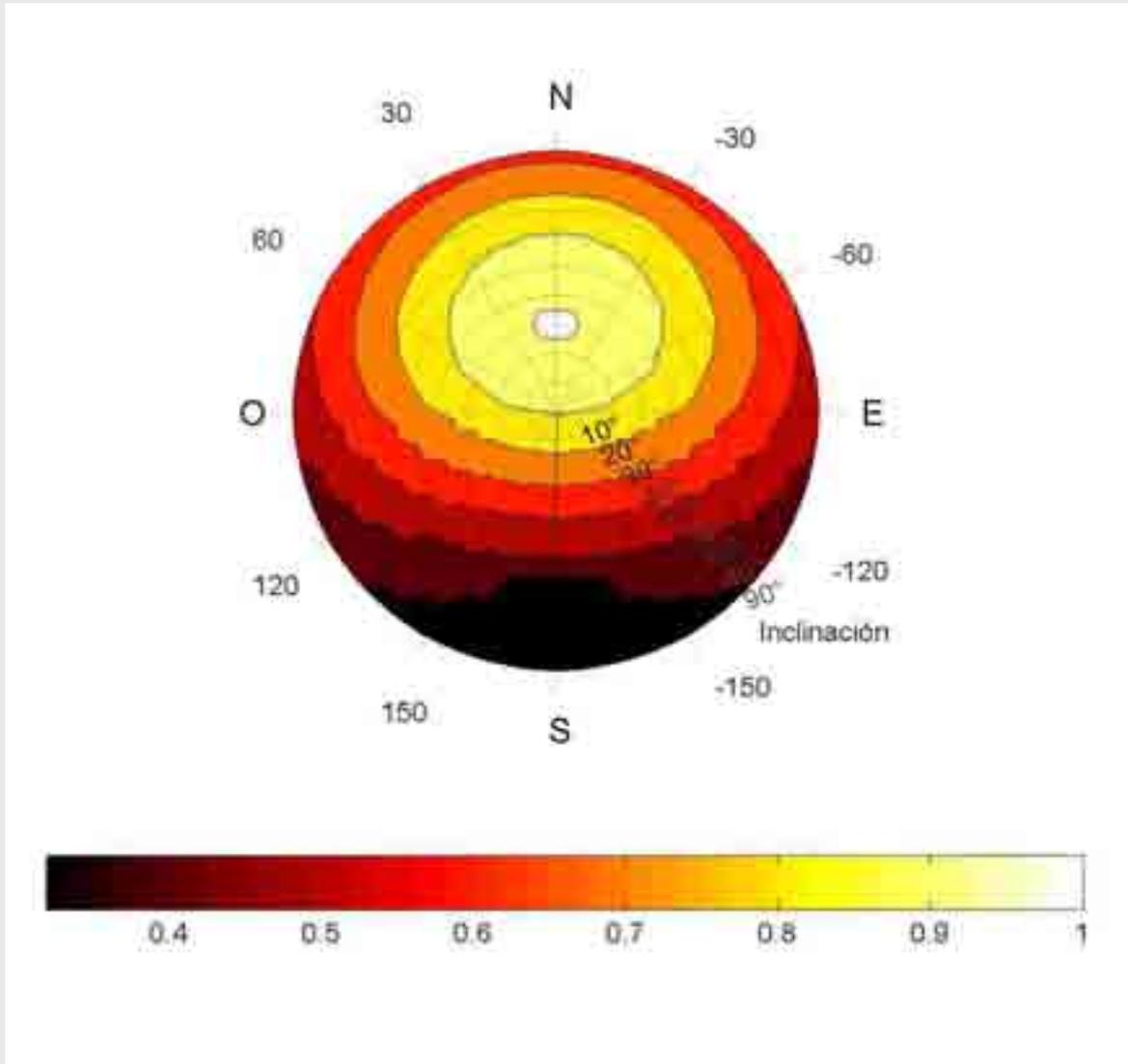


Figura 15. Pérdidas por orientación e inclinación para CONCEPCIÓN (Lat = 37° S).

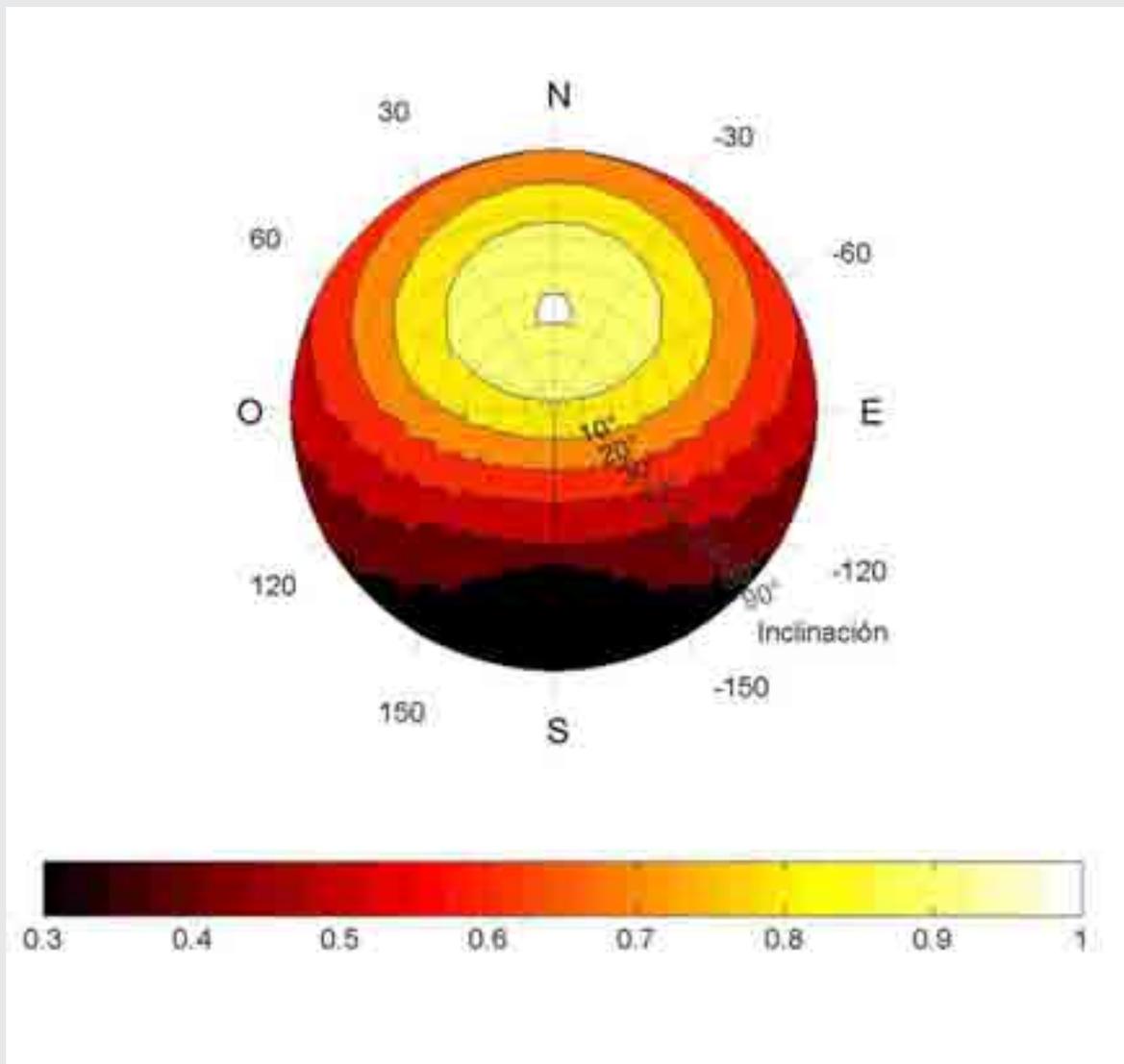


Figura 16. Pérdidas por orientación e inclinación para TEMUCO (Lat = 39° S).

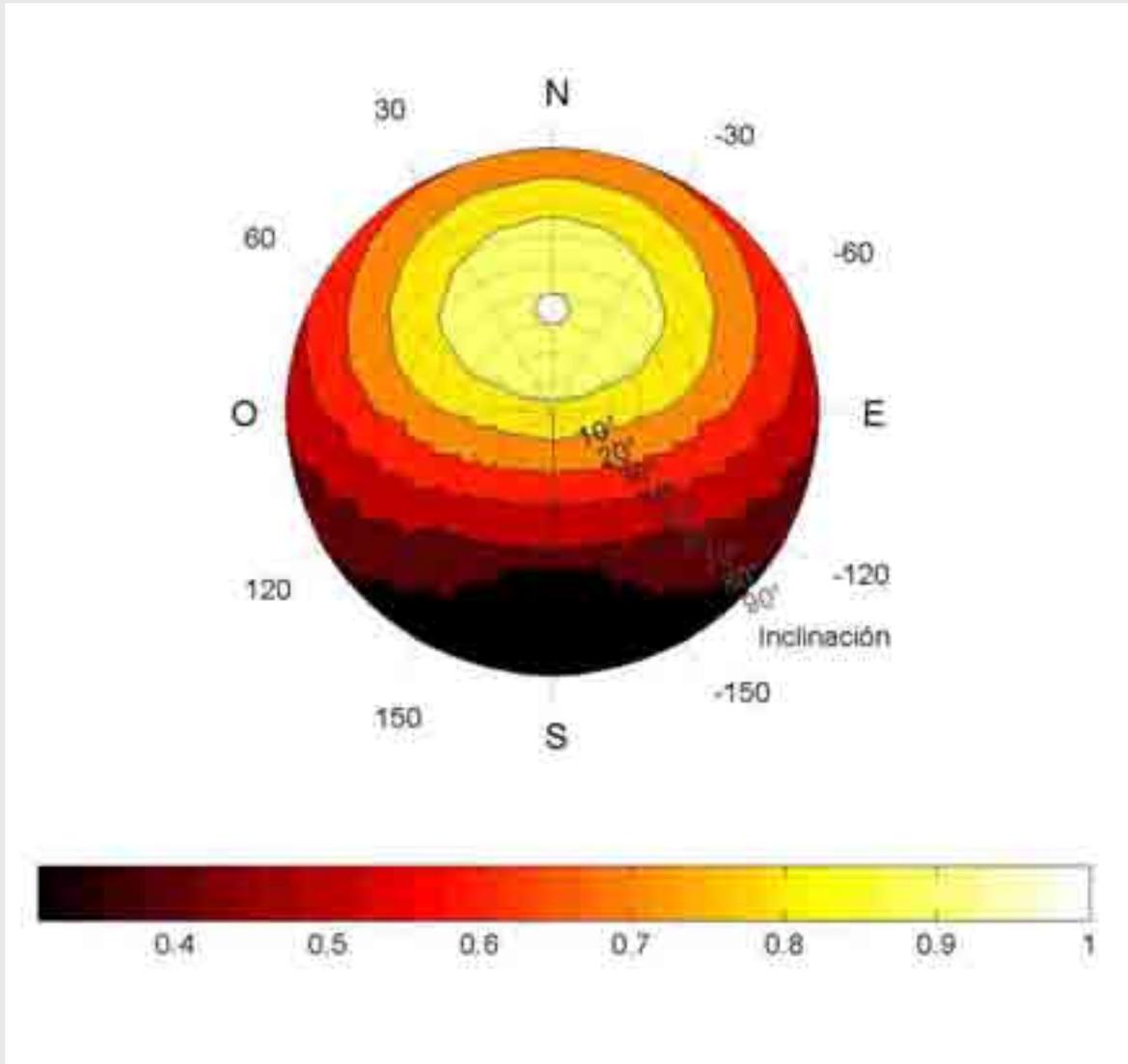


Figura 17. Pérdidas por orientación e inclinación para PTO. MONTT (Lat = 41° S).

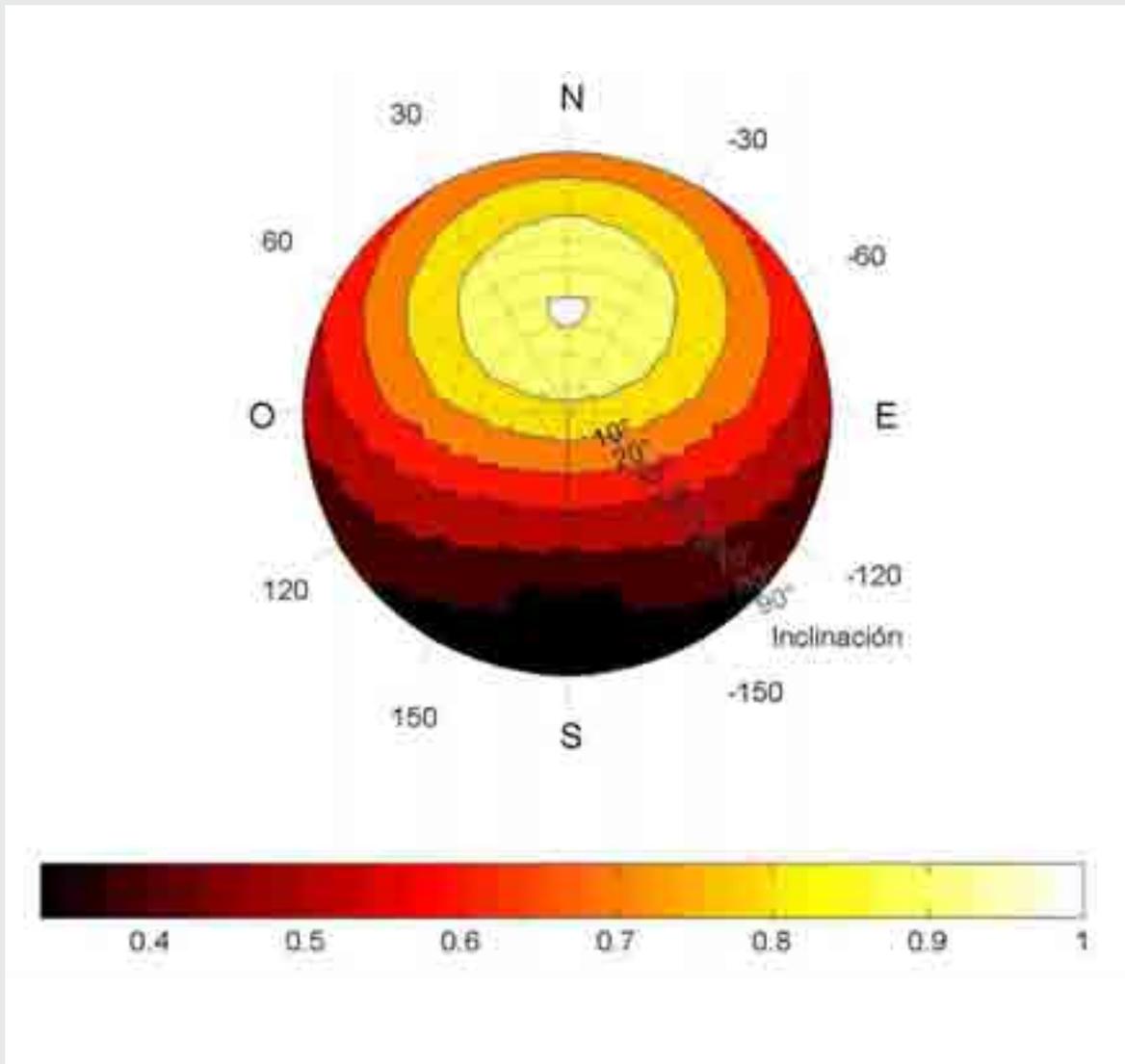


Figura 19. Pérdidas por orientación e inclinación para PTA. ARENAS (Lat = 53° S)

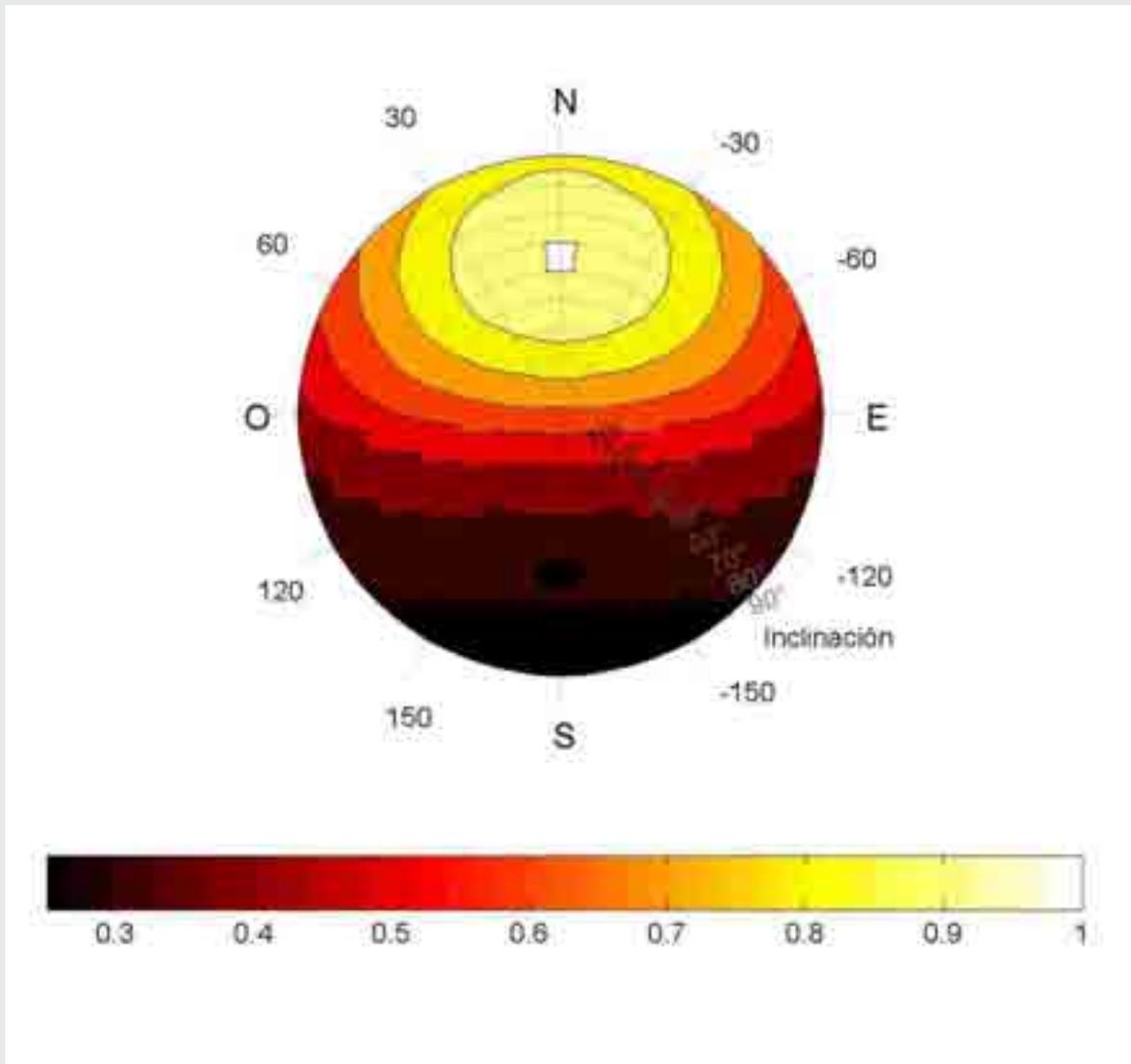
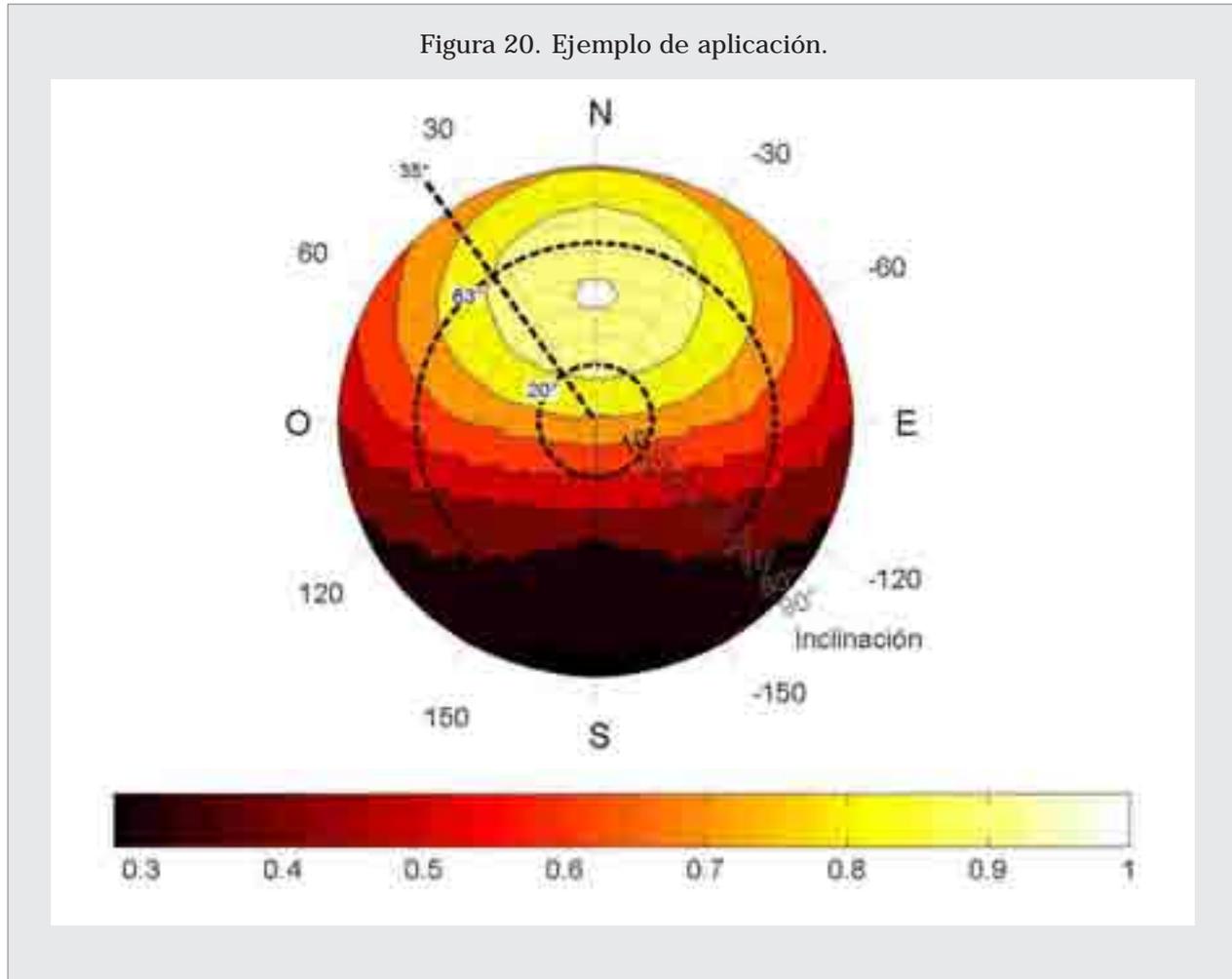




Figura 20. Ejemplo de aplicación.



V.3 Ejemplo de cálculo

Se trata de evaluar si las pérdidas por orientación e inclinación del captador están dentro de los límites permitidos para una instalación en un tejado orientado 35° hacia el Oeste (azimut = $+35^\circ$) y con una inclinación de 40° respecto a la horizontal, para una localidad situada cerca de la ciudad de Coyhaique cuya latitud es de 46° S.

Conocido el azimut, cuyo valor es $+35^\circ$, determinamos en la Figura 20 los límites de la inclinación. Los puntos de intersección del límite de pérdidas del 10 % (borde exterior de la región 0,9-1), máximo para el caso general, con la recta de azimut nos proporcionan los valores (ver Figura 20):

$$\text{Inclinación máxima} = 63^\circ$$

$$\text{Inclinación mínima} = 20^\circ$$

Dado que la inclinación de 40° está dentro de los límites permitidos, la instalación cumple los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación.

ANEXO VI

CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR POR SOMBRAS

VI.1 Introducción

El presente Anexo describe un método de cálculo de las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes. Tales pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la mencionada superficie, de no existir sombra alguna.

VI.2 Procedimiento

El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias aparentes del Sol. Los pasos a seguir son los siguientes:

VI.2.1 Obtención del perfil de obstáculos

Localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición azimuth (ángulo de desviación con respecto a la dirección Norte, siendo las desviaciones hacia el Este negativas y al Oeste positivas) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal). Para ello puede utilizarse un teodolito.

VI.2.2 Representación del perfil de obstáculos

Representación del perfil de obstáculos en los diagramas que se muestran a continuación (Figura 21 a Figura 28), en los que se muestra la banda de trayectorias del Sol a lo largo de todo el año, válido para localidades chilenas entre las latitudes 18° S y 53° S. Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2, ... D14).

Figura 21. Diagrama de trayectorias del sol para LAT= 18° S.

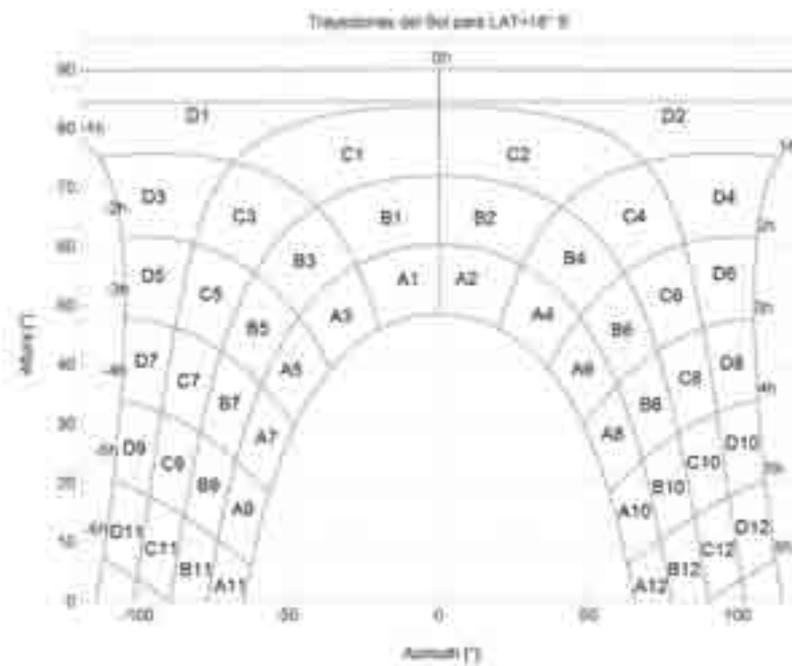


Figura 22. Diagrama de trayectorias del sol para LAT= 23° S.

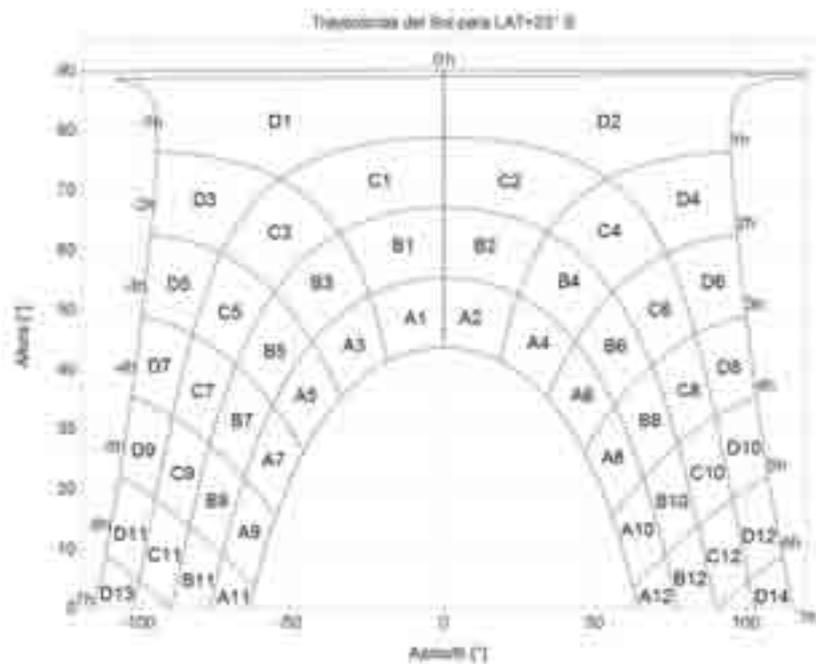


Figura 23. Diagrama de trayectorias del sol para LAT= 28° S.

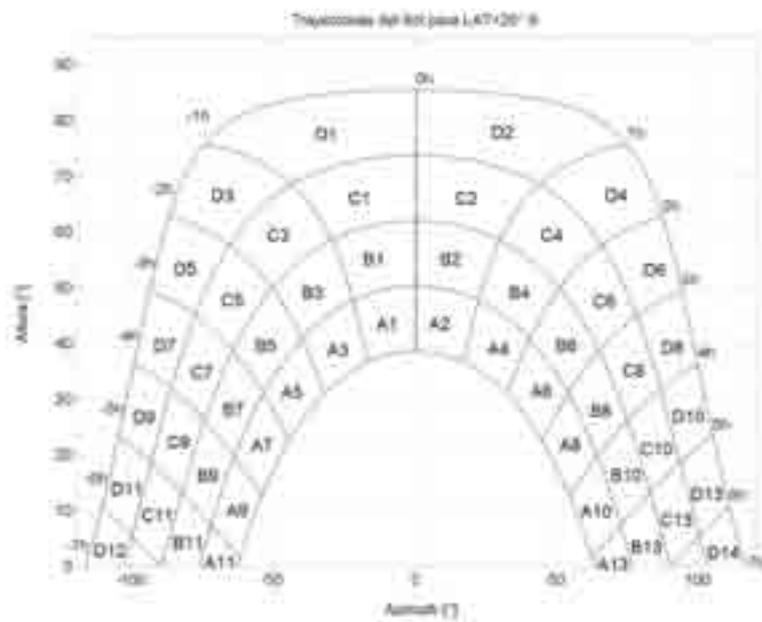


Figura 24. Diagrama de trayectorias del sol para LAT= 33° S.

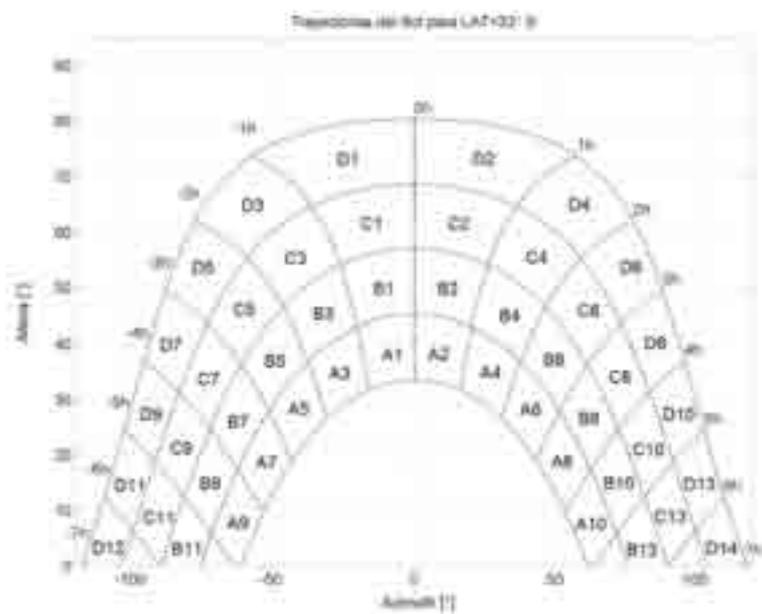


Figura 25. Diagrama de trayectorias del sol para LAT= 38° S.

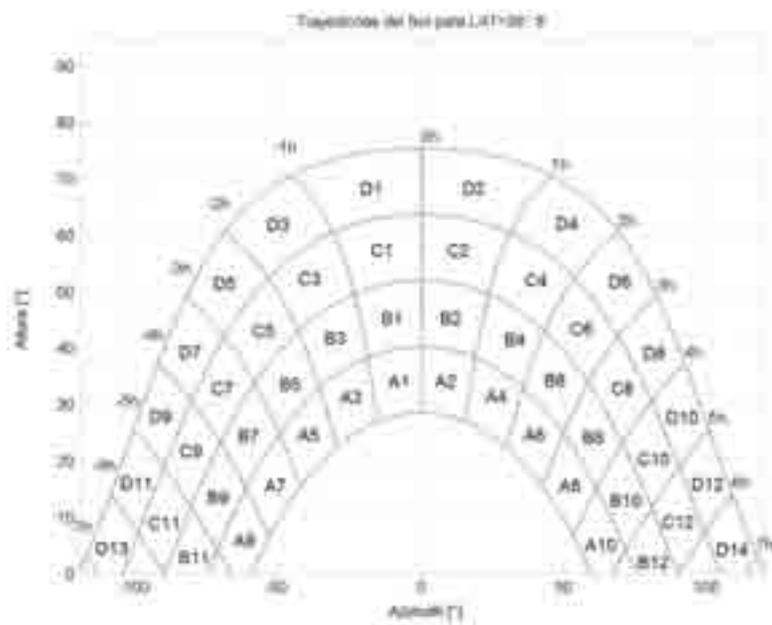


Figura 26. Diagrama de trayectorias del sol para LAT= 43° S.

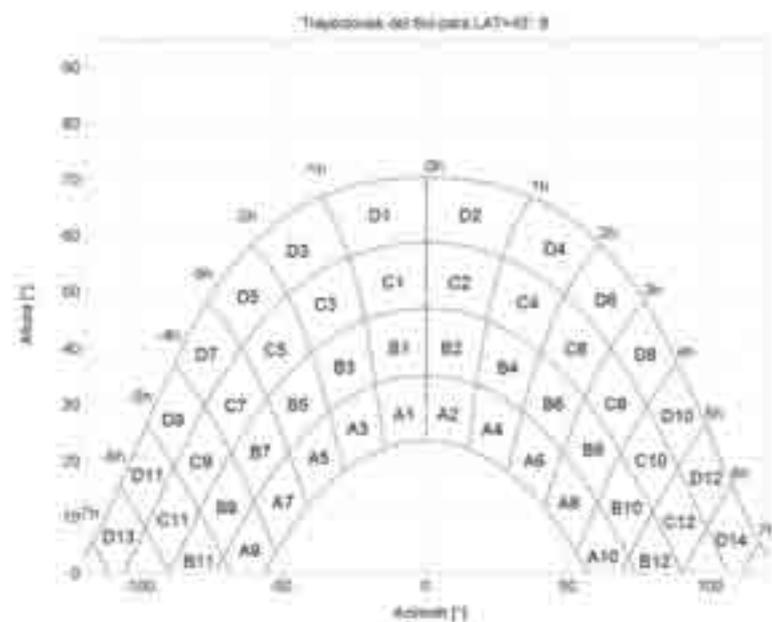


Figura 27. Diagrama de trayectorias del sol para LAT= 48° S.

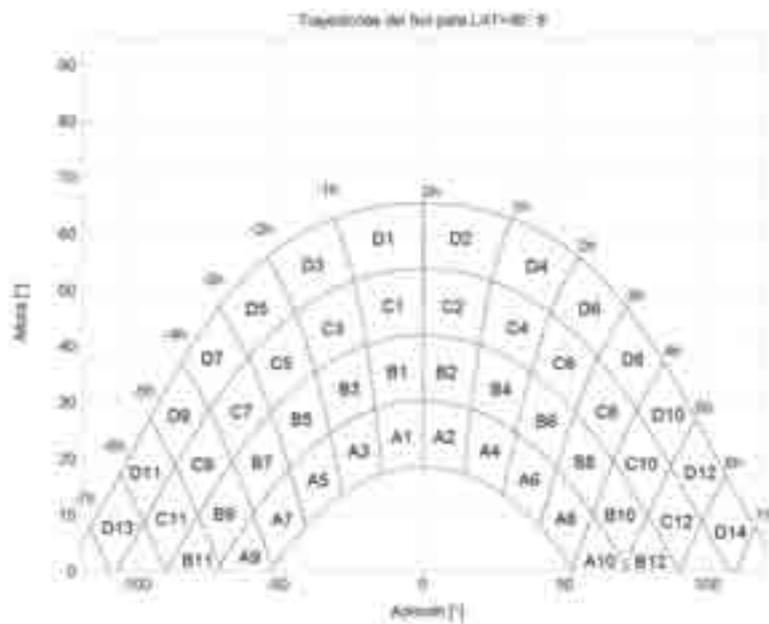
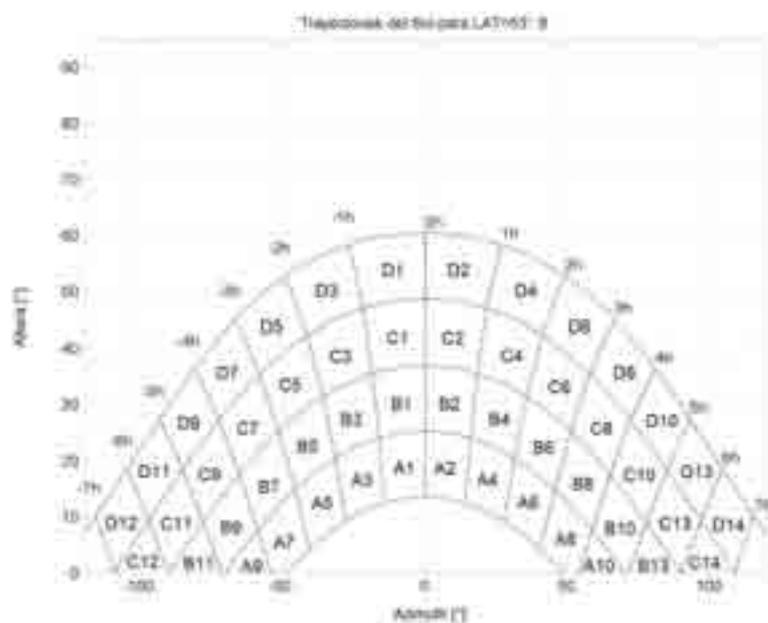


Figura 28. Diagrama de trayectorias del sol para LAT= 53° S.



VI.2.3 Selección de la tabla de referencia para los cálculos

Cada una de las porciones de las figuras anteriores representan el recorrido del Sol en un cierto período de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Así, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquella que resulte interceptada por el obstáculo. Deberá escogerse como referencia para el cálculo la tabla más adecuada de entre las que se incluyen en este Anexo.

VI.2.4 Cálculo final

La comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del Sol adecuado permite calcular las pérdidas por sombreado de la irradiación solar global que incide sobre la superficie, a lo largo de todo el año. Para ello se han de sumar las contribuciones de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de obstáculos representado. En el caso de ocultación parcial se utilizará el factor de llenado (fracción oculta respecto del total de la porción) más próximo a los valores: 0,25; 0,50; 0,75 ó 1. El apartado VI.4 muestra un ejemplo concreto de utilización del método descrito.

VI.3 Tablas de referencia

Las tablas incluidas en esta sección se refieren a distintas superficies caracterizadas por sus ángulos de inclinación y orientación (β y α , respectivamente) y para distintas latitudes. Deberá escogerse aquella que resulte más parecida a la superficie en estudio. Los números que figuran en cada casilla se corresponden con el porcentaje de irradiación solar global anual que se perdería si la porción correspondiente resultase interceptada por un obstáculo.

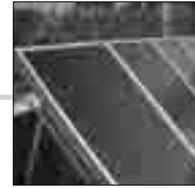


LATITUD 20° S

$\beta = 0^\circ$ $\alpha = -50^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = -50^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	0,0%	0,1%	0,2%	0,6%	11	0,0%	0,1%	0,3%	1,0%
9	0,6%	0,5%	0,6%	1,7%	9	1,3%	1,0%	1,1%	2,4%
7	1,6%	1,1%	1,2%	2,9%	7	2,9%	1,7%	1,7%	3,6%
5	2,6%	1,6%	1,7%	3,9%	5	3,9%	2,2%	2,2%	4,5%
3	3,3%	2,0%	2,1%	4,7%	3	4,4%	2,5%	2,4%	4,9%
1	3,7%	2,3%	2,3%	5,1%	1	4,5%	2,5%	2,4%	4,9%
2	3,8%	2,3%	2,4%	5,2%	2	4,2%	2,4%	2,3%	4,6%
4	3,6%	2,2%	2,2%	4,9%	4	3,6%	2,0%	1,9%	3,9%
6	3,0%	1,9%	1,9%	4,3%	6	2,6%	1,5%	1,4%	2,9%
8	2,1%	1,4%	1,5%	3,4%	8	1,5%	0,9%	0,9%	1,8%
10	1,1%	0,8%	0,9%	2,3%	10	0,5%	0,3%	0,3%	0,7%
12	0,2%	0,3%	0,4%	1,1%	12	0,2%	0,1%	0,2%	0,4%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
$\beta = 0^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	0,0%	0,1%	0,2%	0,6%	11	0,0%	0,1%	0,2%	0,7%
9	0,6%	0,5%	0,6%	1,7%	9	1,1%	0,8%	0,9%	1,9%
7	1,6%	1,1%	1,2%	2,9%	7	2,7%	1,6%	1,5%	3,1%
5	2,6%	1,6%	1,7%	3,9%	5	3,7%	2,1%	2,0%	4,0%
3	3,3%	2,0%	2,1%	4,7%	3	4,4%	2,4%	2,3%	4,5%
1	3,7%	2,3%	2,3%	5,1%	1	4,6%	2,5%	2,4%	4,7%
2	3,8%	2,3%	2,4%	5,2%	2	4,5%	2,4%	2,3%	4,5%
4	3,6%	2,2%	2,2%	4,9%	4	3,9%	2,1%	2,0%	4,0%
6	3,0%	1,9%	1,9%	4,3%	6	3,1%	1,7%	1,6%	3,2%
8	2,1%	1,4%	1,5%	3,4%	8	2,0%	1,1%	1,1%	2,1%
10	1,1%	0,8%	0,9%	2,3%	10	0,9%	0,5%	0,5%	1,0%
12	0,2%	0,3%	0,4%	1,1%	12	0,2%	0,1%	0,1%	0,4%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
$\beta = 0^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	0,0%	0,1%	0,2%	0,6%	11	0,0%	0,1%	0,1%	0,3%
9	0,6%	0,5%	0,6%	1,7%	9	0,8%	0,6%	0,6%	1,2%
7	1,6%	1,1%	1,2%	2,9%	7	2,1%	1,2%	1,1%	2,3%
5	2,6%	1,6%	1,7%	3,9%	5	3,2%	1,8%	1,7%	3,3%
3	3,3%	2,0%	2,1%	4,7%	3	4,1%	2,2%	2,0%	4,0%
1	3,7%	2,3%	2,3%	5,1%	1	4,5%	2,4%	2,3%	4,5%
2	3,8%	2,3%	2,4%	5,2%	2	4,6%	2,5%	2,3%	4,5%
4	3,6%	2,2%	2,2%	4,9%	4	4,4%	2,3%	2,2%	4,3%
6	3,0%	1,9%	1,9%	4,3%	6	3,7%	2,0%	1,9%	3,7%
8	2,1%	1,4%	1,5%	3,4%	8	2,7%	1,5%	1,4%	2,8%
10	1,1%	0,8%	0,9%	2,3%	10	1,5%	0,9%	0,9%	1,7%
12	0,2%	0,3%	0,4%	1,1%	12	0,3%	0,3%	0,3%	0,7%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
$\beta = 30^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	0,0%	0,1%	0,2%	0,6%	11	0,0%	0,1%	0,1%	0,3%
9	0,6%	0,5%	0,6%	1,7%	9	0,5%	0,3%	0,3%	0,6%
7	1,6%	1,1%	1,2%	2,9%	7	1,5%	0,8%	0,8%	1,6%
5	2,6%	1,6%	1,7%	3,9%	5	2,6%	1,4%	1,3%	2,7%
3	3,3%	2,0%	2,1%	4,7%	3	3,5%	1,9%	1,8%	3,6%
1	3,7%	2,3%	2,3%	5,1%	1	4,2%	2,3%	2,2%	4,3%
2	3,8%	2,3%	2,4%	5,2%	2	4,6%	2,5%	2,3%	4,7%
4	3,6%	2,2%	2,2%	4,9%	4	4,6%	2,5%	2,3%	4,7%
6	3,0%	1,9%	1,9%	4,3%	6	4,1%	2,3%	2,1%	4,3%
8	2,1%	1,4%	1,5%	3,4%	8	3,2%	1,9%	1,8%	3,6%
10	1,1%	0,8%	0,9%	2,3%	10	1,9%	1,2%	1,2%	2,5%
12	0,2%	0,3%	0,4%	1,1%	12	0,4%	0,4%	0,6%	1,3%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%

LATITUD 20° S

$\beta = 0^\circ$ $\alpha = 50^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = 50^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	0,0%	0,1%	0,2%	0,6%	11	0,0%	0,1%	0,1%	0,03
9	0,6%	0,5%	0,6%	1,7%	9	0,3%	0,2%	0,2%	0,4%
7	1,6%	1,1%	1,2%	2,9%	7	1,0%	0,6%	0,6%	1,2%
5	2,6%	1,6%	1,7%	3,9%	5	2,1%	1,2%	1,2%	2,4%
3	3,3%	2,0%	2,1%	4,7%	3	3,1%	1,8%	1,7%	3,5%
1	3,7%	2,3%	2,3%	5,1%	1	3,9%	2,2%	2,1%	4,3%
2	3,8%	2,3%	2,4%	5,2%	2	4,4%	2,5%	2,4%	4,8%
4	3,6%	2,2%	2,2%	4,9%	4	4,5%	2,5%	2,4%	5,0%
6	3,0%	1,9%	1,9%	4,3%	6	4,2%	2,4%	2,3%	4,7%
8	2,1%	1,4%	1,5%	3,4%	8	3,4%	2,0%	2,0%	4,1%
10	1,1%	0,8%	0,9%	2,3%	10	2,1%	1,4%	1,4%	3,1%
12	0,2%	0,3%	0,4%	1,1%	12	0,4%	0,5%	0,7%	1,7%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = -50^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	0,0%	0,2%	0,4%	1,4%	11	0,1%	0,3%	0,6%	1,9%
9	2,0%	1,5%	1,6%	3,2%	9	3,0%	2,2%	2,1%	4,0%
7	4,2%	2,4%	2,2%	4,3%	7	5,9%	3,1%	2,7%	4,8%
5	5,3%	2,8%	2,6%	4,8%	5	6,7%	3,3%	2,8%	4,7%
3	5,5%	2,9%	2,6%	4,9%	3	6,4%	3,1%	2,5%	3,9%
1	5,2%	2,7%	2,4%	4,5%	1	5,5%	2,5%	1,9%	2,7%
2	4,4%	2,2%	2,0%	3,5%	2	4,0%	1,7%	1,1%	1,6%
4	3,3%	1,6%	1,4%	2,4%	4	2,4%	0,8%	0,7%	1,4%
6	2,1%	0,9%	0,7%	1,1%	6	1,1%	0,6%	0,6%	1,3%
8	0,8%	0,4%	0,3%	0,7%	8	0,8%	0,5%	0,5%	1,1%
10	0,4%	0,2%	0,3%	0,6%	10	0,5%	0,3%	0,4%	0,8%
12	0,2%	0,1%	0,2%	0,4%	12	0,2%	0,2%	0,2%	0,5%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 90^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	0,0%	0,2%	0,3%	0,8%	11	0,0%	0,2%	0,4%	1,0%
9	1,8%	1,2%	1,2%	2,2%	9	2,7%	1,8%	1,5%	2,4%
7	3,8%	2,1%	1,8%	3,2%	7	5,6%	2,7%	2,1%	3,1%
5	5,0%	2,6%	2,2%	3,9%	5	6,7%	3,1%	2,4%	3,4%
3	5,5%	2,8%	2,4%	4,2%	3	6,9%	3,1%	2,3%	3,1%
1	5,5%	2,7%	2,3%	4,1%	1	6,4%	2,8%	2,0%	2,4%
2	5,1%	2,5%	2,1%	3,6%	2	5,5%	2,2%	1,5%	1,7%
4	4,2%	2,0%	1,7%	2,7%	4	4,3%	1,6%	0,9%	1,5%
6	3,1%	1,4%	1,1%	1,7%	6	2,9%	0,8%	0,6%	1,3%
8	1,9%	0,8%	0,5%	0,8%	8	1,5%	0,5%	0,5%	1,1%
10	0,7%	0,3%	0,2%	0,6%	10	0,6%	0,3%	0,4%	0,9%
12	0,2%	0,1%	0,2%	0,4%	12	0,2%	0,2%	0,2%	0,5%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	0,0%	0,1%	0,1%	0,3%	11	0,0%	0,1%	0,1%	0,4%
9	1,1%	0,7%	0,5%	0,6%	9	1,7%	0,8%	0,4%	0,7%
7	2,8%	1,3%	1,1%	1,5%	7	3,8%	1,5%	0,8%	1,1%
5	4,0%	1,9%	1,6%	2,5%	5	5,3%	2,1%	1,2%	1,4%
3	4,9%	2,4%	1,9%	3,2%	3	6,2%	2,5%	1,6%	1,7%
1	5,4%	2,6%	2,2%	3,6%	1	6,8%	2,7%	1,8%	1,9%
2	5,5%	2,7%	2,4%	3,7%	2	6,9%	2,8%	1,8%	1,9%
4	5,2%	2,5%	2,1%	3,4%	4	6,5%	2,6%	1,7%	1,8%
6	4,5%	2,2%	1,8%	2,9%	6	5,8%	2,3%	1,4%	1,5%
8	3,4%	1,7%	1,3%	2,0%	8	4,6%	1,8%	1,0%	1,2%
10	2,0%	1,0%	0,8%	1,0%	10	2,9%	1,2%	0,6%	0,9%
12	0,4%	0,3%	0,3%	0,4%	12	0,6%	0,4%	0,2%	0,6%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%



LATITUD 20° S									
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	0,0%	0,1%	0,1%	0,3%	11	0,0%	0,1%	0,1%	0,4%
9	0,4%	0,2%	0,2%	0,5%	9	0,4%	0,3%	0,3%	0,7%
7	1,3%	0,5%	0,3%	0,6%	7	1,0%	0,4%	0,4%	1,0%
5	2,5%	1,1%	0,8%	1,1%	5	2,2%	0,6%	0,6%	1,2%
3	3,7%	1,7%	1,4%	2,2%	3	3,6%	1,2%	0,7%	1,4%
1	4,7%	2,3%	1,9%	3,2%	1	4,9%	1,9%	1,1%	1,6%
2	5,3%	2,6%	2,2%	3,9%	2	6,0%	2,5%	1,7%	2,0%
4	5,6%	2,8%	2,4%	4,2%	4	6,7%	2,9%	2,1%	2,8%
6	5,3%	2,7%	2,3%	4,1%	6	6,9%	3,1%	2,4%	3,3%
8	4,5%	2,3%	2,0%	3,6%	8	6,3%	3,0%	2,3%	3,3%
10	2,9%	1,7%	1,5%	2,7%	10	4,4%	2,3%	1,9%	2,8%
12	0,6%	0,6%	0,8%	1,5%	12	0,9%	1,0%	1,0%	1,8%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	14	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = 50^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 50^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	0,0%	0,1%	0,1%	0,3%	11	0,0%	0,1%	0,1%	0,4%
9	0,3%	0,2%	0,2%	0,5%	9	0,4%	0,2%	0,3%	0,7%
7	0,5%	0,3%	0,3%	0,6%	7	0,6%	0,4%	0,4%	1,0%
5	1,4%	0,6%	0,4%	0,8%	5	0,9%	0,5%	0,5%	1,2%
3	2,7%	1,3%	1,1%	1,8%	3	1,6%	0,6%	0,6%	1,4%
1	3,9%	2,0%	1,7%	3,0%	1	3,2%	1,2%	0,8%	1,5%
2	4,9%	2,5%	2,2%	4,0%	2	4,8%	2,1%	1,5%	2,0%
4	5,4%	2,8%	2,5%	4,7%	4	6,0%	2,8%	2,2%	3,4%
6	5,5%	2,9%	2,6%	4,9%	6	6,7%	3,2%	2,7%	4,4%
8	4,9%	2,7%	2,4%	4,6%	8	6,5%	3,3%	2,8%	4,8%
10	3,3%	2,0%	1,9%	3,8%	10	4,8%	2,8%	2,5%	4,5%
12	0,7%	0,8%	1,0%	2,4%	12	1,0%	1,2%	1,5%	3,1%
14	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	14	0,0%	0,0%	0,1%	0,6%
LATITUD 35° S									
$\beta = 0^\circ$ $\alpha = -50^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = -50^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
11	0,0%	0,1%	0,2%	1,0%	11	0,0%	0,1%	0,4%	1,6%
9	0,3%	0,4%	0,7%	2,2%	9	0,5%	0,8%	1,2%	3,0%
7	1,0%	1,0%	1,3%	3,4%	7	2,0%	1,6%	1,8%	4,2%
5	1,9%	1,5%	1,8%	4,5%	5	3,2%	2,1%	2,3%	5,1%
3	2,6%	1,9%	2,2%	5,2%	3	3,8%	2,4%	2,5%	5,5%
1	3,0%	2,1%	2,4%	5,7%	1	3,9%	2,5%	2,5%	5,5%
2	3,1%	2,2%	2,4%	5,8%	2	3,6%	2,3%	2,3%	5,2%
4	2,9%	2,0%	2,3%	5,5%	4	3,0%	1,9%	2,0%	4,4%
6	2,3%	1,7%	2,0%	4,9%	6	2,1%	1,4%	1,5%	3,4%
8	1,5%	1,3%	1,5%	4,0%	8	1,0%	0,8%	0,9%	2,2%
10	0,6%	0,7%	1,0%	2,8%	10	0,3%	0,3%	0,4%	1,0%
12	0,0%	0,2%	0,4%	1,6%	12	0,0%	0,1%	0,2%	0,4%
14	0,0%	0,0%	0,1%	0,6%	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
$\beta = 0^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
11	0,0%	0,1%	0,2%	1,0%	11	0,0%	0,1%	0,3%	1,2%
9	0,3%	0,4%	0,7%	2,2%	9	0,4%	0,7%	1,0%	2,4%
7	1,0%	1,0%	1,3%	3,4%	7	1,8%	1,4%	1,6%	3,6%
5	1,9%	1,5%	1,8%	4,5%	5	3,0%	2,0%	2,1%	4,6%
3	2,6%	1,9%	2,2%	5,2%	3	3,8%	2,3%	2,4%	5,1%
1	3,0%	2,1%	2,4%	5,7%	1	4,0%	2,5%	2,5%	5,3%
2	3,1%	2,2%	2,4%	5,8%	2	3,9%	2,4%	2,4%	5,1%
4	2,9%	2,0%	2,3%	5,5%	4	3,4%	2,1%	2,1%	4,6%
6	2,3%	1,7%	2,0%	4,9%	6	2,5%	1,6%	1,7%	3,7%
8	1,5%	1,3%	1,5%	4,0%	8	1,5%	1,0%	1,1%	2,6%
10	0,6%	0,7%	1,0%	2,8%	10	0,5%	0,5%	0,6%	1,4%
12	0,0%	0,2%	0,4%	1,6%	12	0,0%	0,1%	0,2%	0,5%
14	0,0%	0,0%	0,1%	0,6%	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%

LATITUD 35° S

$\beta = 0^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
11	0,0%	0,1%	0,2%	1,0%	11	0,0%	0,0%	0,2%	0,6%
9	0,3%	0,4%	0,7%	2,2%	9	0,3%	0,5%	0,6%	1,6%
7	1,0%	1,0%	1,3%	3,4%	7	1,4%	1,1%	1,2%	2,8%
5	1,9%	1,5%	1,8%	4,5%	5	2,6%	1,7%	1,7%	3,8%
3	2,6%	1,9%	2,2%	5,2%	3	3,5%	2,1%	2,1%	4,6%
1	3,0%	2,1%	2,4%	5,7%	1	4,0%	2,4%	2,4%	5,1%
2	3,1%	2,2%	2,4%	5,8%	2	4,1%	2,4%	2,4%	5,2%
4	2,9%	2,0%	2,3%	5,5%	4	3,8%	2,3%	2,3%	4,9%
6	2,3%	1,7%	2,0%	4,9%	6	3,1%	1,9%	2,0%	4,2%
8	1,5%	1,3%	1,5%	4,0%	8	2,0%	1,4%	1,5%	3,3%
10	0,6%	0,7%	1,0%	2,8%	10	0,8%	0,8%	0,9%	2,2%
12	0,0%	0,2%	0,4%	1,6%	12	0,1%	0,2%	0,4%	1,0%
14	0,0%	0,0%	0,1%	0,6%	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
$\beta = 0^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
11	0,0%	0,1%	0,2%	1,0%	11	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%
9	0,3%	0,4%	0,7%	2,2%	9	0,2%	0,2%	0,3%	0,9%
7	1,0%	1,0%	1,3%	3,4%	7	1,0%	0,7%	0,8%	2,0%
5	1,9%	1,5%	1,8%	4,5%	5	2,0%	1,3%	1,4%	3,2%
3	2,6%	1,9%	2,2%	5,2%	3	3,0%	1,9%	1,9%	4,2%
1	3,0%	2,1%	2,4%	5,7%	1	3,7%	2,2%	2,3%	4,9%
2	3,1%	2,2%	2,4%	5,8%	2	4,0%	2,4%	2,5%	5,3%
4	2,9%	2,0%	2,3%	5,5%	4	3,9%	2,4%	2,5%	5,3%
6	2,3%	1,7%	2,0%	4,9%	6	3,4%	2,2%	2,2%	4,9%
8	1,5%	1,3%	1,5%	4,0%	8	2,5%	1,7%	1,9%	4,1%
10	0,6%	0,7%	1,0%	2,8%	10	1,1%	1,1%	1,3%	3,1%
12	0,0%	0,2%	0,4%	1,6%	12	0,1%	0,3%	0,6%	1,8%
14	0,0%	0,0%	0,1%	0,6%	14	0,0%	0,0%	0,1%	0,6%
$\beta = 0^\circ$ $\alpha = 50^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = 50^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
11	0,0%	0,1%	0,2%	1,0%	11	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%
9	0,3%	0,4%	0,7%	2,2%	9	0,2%	0,2%	0,2%	0,6%
7	1,0%	1,0%	1,3%	3,4%	7	0,6%	0,5%	0,6%	1,6%
5	1,9%	1,5%	1,8%	4,5%	5	1,6%	1,1%	1,2%	2,8%
3	2,6%	1,9%	2,2%	5,2%	3	2,5%	1,7%	1,8%	4,0%
1	3,0%	2,1%	2,4%	5,7%	1	3,4%	2,1%	2,2%	4,8%
2	3,1%	2,2%	2,4%	5,8%	2	3,8%	2,4%	2,5%	5,4%
4	2,9%	2,0%	2,3%	5,5%	4	3,9%	2,5%	2,5%	5,6%
6	2,3%	1,7%	2,0%	4,9%	6	3,6%	2,3%	2,4%	5,3%
8	1,5%	1,3%	1,5%	4,0%	8	2,7%	1,9%	2,1%	4,7%
10	0,6%	0,7%	1,0%	2,8%	10	1,2%	1,2%	1,5%	3,7%
12	0,0%	0,2%	0,4%	1,6%	12	0,1%	0,4%	0,8%	2,3%
14	0,0%	0,0%	0,1%	0,6%	14	0,0%	0,0%	0,1%	0,8%
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = -50^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 90^\circ$ $\alpha = -50^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%
11	0,0%	0,1%	0,5%	2,1%	11	0,0%	0,1%	0,7%	2,6%
9	0,7%	1,2%	1,6%	3,7%	9	0,9%	1,7%	2,1%	4,4%
7	3,0%	2,2%	2,3%	4,9%	7	4,1%	2,8%	2,7%	5,3%
5	4,3%	2,7%	2,6%	5,4%	5	5,7%	3,2%	2,9%	5,4%
3	4,8%	2,8%	2,7%	5,5%	3	5,9%	3,1%	2,7%	4,9%
1	4,7%	2,7%	2,5%	5,1%	1	5,2%	2,7%	2,3%	3,8%
2	4,0%	2,2%	2,1%	4,2%	2	4,1%	2,0%	1,6%	2,4%
4	2,9%	1,7%	1,6%	3,1%	4	2,6%	1,1%	0,8%	1,3%
6	1,7%	1,0%	0,9%	1,7%	6	1,1%	0,5%	0,5%	1,2%
8	0,6%	0,4%	0,3%	0,7%	8	0,5%	0,4%	0,4%	1,0%
10	0,3%	0,2%	0,2%	0,6%	10	0,3%	0,3%	0,3%	0,8%
12	0,0%	0,1%	0,2%	0,5%	12	0,0%	0,1%	0,2%	0,6%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%

LATITUD 35° S									
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 90^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
11	0,0%	0,1%	0,4%	1,3%	11	0,0%	0,1%	0,5%	1,4%
9	0,6%	1,0%	1,2%	2,6%	9	0,8%	1,3%	1,5%	2,7%
7	2,6%	1,9%	1,9%	3,8%	7	3,7%	2,4%	2,2%	3,7%
5	4,1%	2,4%	2,3%	4,5%	5	5,4%	2,9%	2,5%	4,2%
3	4,8%	2,7%	2,5%	4,9%	3	6,0%	3,1%	2,6%	4,2%
1	4,9%	2,7%	2,5%	4,8%	1	5,9%	2,9%	2,4%	3,8%
2	4,5%	2,5%	2,3%	4,4%	2	5,2%	2,5%	2,0%	2,9%
4	3,8%	2,0%	1,9%	3,5%	4	4,1%	1,9%	1,4%	1,7%
6	2,7%	1,5%	1,3%	2,4%	6	2,8%	1,2%	0,7%	1,2%
8	1,5%	0,8%	0,7%	1,2%	8	1,4%	0,5%	0,4%	1,0%
10	0,4%	0,3%	0,2%	0,6%	10	0,4%	0,2%	0,3%	0,8%
12	0,0%	0,1%	0,2%	0,4%	12	0,0%	0,1%	0,2%	0,5%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
11	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	11	0,0%	0,1%	0,1%	0,4%
9	0,4%	0,5%	0,6%	1,0%	9	0,5%	0,6%	0,5%	0,7%
7	1,9%	1,2%	1,2%	2,1%	7	2,5%	1,4%	1,0%	1,2%
5	3,3%	1,9%	1,7%	3,2%	5	4,2%	2,1%	1,6%	2,1%
3	4,3%	2,3%	2,1%	4,0%	3	5,4%	2,6%	2,0%	2,8%
1	4,8%	2,6%	2,4%	4,4%	1	6,0%	2,9%	2,2%	3,3%
2	4,9%	2,7%	2,4%	4,5%	2	6,1%	2,9%	2,3%	3,4%
4	4,6%	2,5%	2,3%	4,2%	4	5,8%	2,7%	2,1%	3,1%
6	3,8%	2,1%	1,9%	3,6%	6	4,9%	2,3%	1,8%	2,5%
8	2,6%	1,6%	1,4%	2,7%	8	3,4%	1,8%	1,3%	1,6%
10	1,1%	0,9%	0,9%	1,6%	10	1,4%	1,0%	0,7%	0,9%
12	0,1%	0,2%	0,3%	0,6%	12	0,1%	0,3%	0,2%	0,5%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	14	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
11	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	11	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%
9	0,2%	0,2%	0,2%	0,5%	9	0,2%	0,2%	0,2%	0,7%
7	0,9%	0,5%	0,4%	0,7%	7	0,8%	0,3%	0,4%	0,9%
5	2,1%	1,1%	1,0%	1,8%	5	2,1%	0,8%	0,5%	1,1%
3	3,2%	1,8%	1,6%	3,0%	3	3,5%	1,5%	1,0%	1,3%
1	4,2%	2,3%	2,1%	4,0%	1	4,7%	2,2%	1,7%	2,3%
2	4,8%	2,6%	2,4%	4,6%	2	5,6%	2,7%	2,2%	3,4%
4	4,9%	2,7%	2,5%	4,9%	4	6,0%	3,0%	2,5%	4,0%
6	4,5%	2,6%	2,4%	4,8%	6	5,8%	3,0%	2,6%	4,3%
8	3,4%	2,2%	2,1%	4,2%	8	4,7%	2,7%	2,4%	4,0%
10	1,6%	1,4%	1,6%	3,2%	10	2,2%	1,9%	1,9%	3,3%
12	0,1%	0,4%	0,8%	2,0%	12	0,1%	0,6%	1,0%	2,1%
14	0,0%	0,0%	0,1%	0,6%	14	0,0%	0,0%	0,1%	0,7%
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = 50^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 50^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
11	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	11	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%
9	0,2%	0,2%	0,2%	0,5%	9	0,2%	0,2%	0,3%	0,7%
7	0,4%	0,2%	0,3%	0,7%	7	0,4%	0,3%	0,4%	0,9%
5	1,1%	0,6%	0,5%	1,0%	5	0,7%	0,4%	0,5%	1,1%
3	2,4%	1,3%	1,2%	2,4%	3	1,8%	0,7%	0,6%	1,3%
1	3,5%	2,0%	1,9%	3,7%	1	3,4%	1,5%	1,2%	1,7%
2	4,4%	2,5%	2,4%	4,7%	2	4,7%	2,3%	1,9%	3,1%
4	4,8%	2,8%	2,7%	5,3%	4	5,6%	2,9%	2,5%	4,4%
6	4,7%	2,8%	2,7%	5,5%	6	5,9%	3,2%	2,9%	5,2%
8	3,8%	2,5%	2,5%	5,2%	8	5,1%	3,1%	2,9%	5,4%
10	1,8%	1,8%	2,0%	4,4%	10	2,6%	2,4%	2,5%	4,9%
12	0,1%	0,5%	1,1%	3,0%	12	0,1%	0,8%	1,5%	3,6%
14	0,0%	0,0%	0,1%	1,1%	14	0,0%	0,0%	0,1%	1,4%

LATITUD 50° S

$\beta = 0^\circ$ $\alpha = -50^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = -50^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%
11	0,0%	0,0%	0,3%	1,7%	11	0,0%	0,0%	0,5%	2,4%
9	0,0%	0,3%	0,8%	2,9%	9	0,1%	0,6%	1,3%	3,9%
7	0,4%	0,8%	1,3%	4,1%	7	0,8%	1,4%	1,9%	5,1%
5	1,0%	1,3%	1,8%	5,1%	5	2,0%	2,0%	2,4%	5,9%
3	1,6%	1,7%	2,2%	5,9%	3	2,8%	2,3%	2,6%	6,3%
1	2,0%	1,9%	2,4%	6,3%	1	3,0%	2,3%	2,7%	6,3%
2	2,1%	1,9%	2,4%	6,4%	2	2,7%	2,1%	2,4%	5,9%
4	1,9%	1,8%	2,3%	6,1%	4	2,1%	1,7%	2,1%	5,1%
6	1,4%	1,5%	2,0%	5,5%	6	1,3%	1,2%	1,5%	4,0%
8	0,7%	1,0%	1,6%	4,6%	8	0,5%	0,6%	0,9%	2,7%
10	0,2%	0,5%	1,0%	3,5%	10	0,1%	0,2%	0,4%	1,4%
12	0,0%	0,1%	0,5%	2,3%	12	0,0%	0,1%	0,2%	0,6%
14	0,0%	0,0%	0,1%	1,1%	14	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%
$\beta = 0^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%
11	0,0%	0,0%	0,3%	1,7%	11	0,0%	0,0%	0,4%	1,8%
9	0,0%	0,3%	0,8%	2,9%	9	0,0%	0,5%	1,0%	3,2%
7	0,4%	0,8%	1,3%	4,1%	7	0,7%	1,2%	1,7%	4,4%
5	1,0%	1,3%	1,8%	5,1%	5	1,9%	1,8%	2,2%	5,4%
3	1,6%	1,7%	2,2%	5,9%	3	2,7%	2,2%	2,5%	5,9%
1	2,0%	1,9%	2,4%	6,3%	1	3,1%	2,3%	2,6%	6,1%
2	2,1%	1,9%	2,4%	6,4%	2	3,0%	2,3%	2,5%	5,9%
4	1,9%	1,8%	2,3%	6,1%	4	2,5%	1,9%	2,2%	5,3%
6	1,4%	1,5%	2,0%	5,5%	6	1,6%	1,5%	1,8%	4,3%
8	0,7%	1,0%	1,6%	4,6%	8	0,7%	0,9%	1,2%	3,2%
10	0,2%	0,5%	1,0%	3,5%	10	0,1%	0,4%	0,6%	1,9%
12	0,0%	0,1%	0,5%	2,3%	12	0,0%	0,1%	0,2%	0,8%
14	0,0%	0,0%	0,1%	1,1%	14	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%
$\beta = 0^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
11	0,0%	0,0%	0,3%	1,7%	11	0,0%	0,0%	0,2%	1,0%
9	0,0%	0,3%	0,8%	2,9%	9	0,0%	0,3%	0,7%	2,2%
7	0,4%	0,8%	1,3%	4,1%	7	0,5%	0,9%	1,3%	3,4%
5	1,0%	1,3%	1,8%	5,1%	5	1,6%	1,5%	1,9%	4,5%
3	1,6%	1,7%	2,2%	5,9%	3	2,5%	2,0%	2,3%	5,4%
1	2,0%	1,9%	2,4%	6,3%	1	3,0%	2,3%	2,5%	5,9%
2	2,1%	1,9%	2,4%	6,4%	2	3,2%	2,3%	2,6%	6,0%
4	1,9%	1,8%	2,3%	6,1%	4	2,8%	2,2%	2,4%	5,7%
6	1,4%	1,5%	2,0%	5,5%	6	2,1%	1,8%	2,1%	5,0%
8	0,7%	1,0%	1,6%	4,6%	8	1,0%	1,3%	1,6%	4,0%
10	0,2%	0,5%	1,0%	3,5%	10	0,2%	0,6%	1,0%	2,8%
12	0,0%	0,1%	0,5%	2,3%	12	0,0%	0,1%	0,4%	1,5%
14	0,0%	0,0%	0,1%	1,1%	14	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%
$\beta = 0^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
11	0,0%	0,0%	0,3%	1,7%	11	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%
9	0,0%	0,3%	0,8%	2,9%	9	0,0%	0,2%	0,4%	1,3%
7	0,4%	0,8%	1,3%	4,1%	7	0,4%	0,6%	0,9%	2,5%
5	1,0%	1,3%	1,8%	5,1%	5	1,2%	1,2%	1,5%	3,8%
3	1,6%	1,7%	2,2%	5,9%	3	2,1%	1,7%	2,0%	4,8%
1	2,0%	1,9%	2,4%	6,3%	1	2,8%	2,1%	2,4%	5,6%
2	2,1%	1,9%	2,4%	6,4%	2	3,1%	2,3%	2,6%	6,1%
4	1,9%	1,8%	2,3%	6,1%	4	3,0%	2,3%	2,6%	6,1%
6	1,4%	1,5%	2,0%	5,5%	6	2,4%	2,1%	2,4%	5,7%
8	0,7%	1,0%	1,6%	4,6%	8	1,3%	1,6%	2,0%	4,9%
10	0,2%	0,5%	1,0%	3,5%	10	0,2%	0,9%	1,4%	3,8%
12	0,0%	0,1%	0,5%	2,3%	12	0,0%	0,2%	0,7%	2,5%
14	0,0%	0,0%	0,1%	1,1%	14	0,0%	0,0%	0,1%	1,2%

LATITUD 50° S

$\beta = 0^\circ$ $\alpha = 50^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 30^\circ$ $\alpha = 50^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
11	0,0%	0,0%	0,3%	1,7%	11	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%
9	0,0%	0,3%	0,8%	2,9%	9	0,0%	0,2%	0,2%	0,9%
7	0,4%	0,8%	1,3%	4,1%	7	0,3%	0,4%	0,6%	2,0%
5	1,0%	1,3%	1,8%	5,1%	5	0,9%	0,9%	1,2%	3,3%
3	1,6%	1,7%	2,2%	5,9%	3	1,7%	1,5%	1,8%	4,5%
1	2,0%	1,9%	2,4%	6,3%	1	2,5%	2,0%	2,3%	5,5%
2	2,1%	1,9%	2,4%	6,4%	2	2,9%	2,3%	2,6%	6,1%
4	1,9%	1,8%	2,3%	6,1%	4	2,9%	2,3%	2,7%	6,4%
6	1,4%	1,5%	2,0%	5,5%	6	2,4%	2,2%	2,6%	6,2%
8	0,7%	1,0%	1,6%	4,6%	8	1,4%	1,7%	2,2%	5,5%
10	0,2%	0,5%	1,0%	3,5%	10	0,3%	1,0%	1,6%	4,5%
12	0,0%	0,1%	0,5%	2,3%	12	0,0%	0,2%	0,9%	3,1%
14	0,0%	0,0%	0,1%	1,1%	14	0,0%	0,0%	0,2%	1,6%
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = -50^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 90^\circ$ $\alpha = -50^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	13	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%
11	0,0%	0,1%	0,6%	2,9%	11	0,0%	0,1%	0,8%	3,4%
9	0,1%	0,8%	1,7%	4,5%	9	0,1%	1,1%	2,1%	5,1%
7	1,0%	1,9%	2,4%	5,7%	7	1,4%	2,4%	2,8%	6,1%
5	2,7%	2,5%	2,8%	6,3%	5	3,6%	3,0%	3,1%	6,3%
3	3,6%	2,7%	2,9%	6,4%	3	4,6%	3,1%	3,0%	6,0%
1	3,7%	2,6%	2,7%	5,9%	1	4,4%	2,8%	2,6%	5,0%
2	3,2%	2,2%	2,3%	5,0%	2	3,5%	2,1%	1,9%	3,5%
4	2,2%	1,6%	1,7%	3,8%	4	2,3%	1,3%	1,1%	1,8%
6	1,2%	0,9%	1,0%	2,3%	6	1,0%	0,5%	0,5%	1,1%
8	0,4%	0,3%	0,4%	0,9%	8	0,3%	0,3%	0,4%	1,0%
10	0,1%	0,2%	0,2%	0,6%	10	0,1%	0,2%	0,3%	0,8%
12	0,0%	0,1%	0,2%	0,5%	12	0,0%	0,1%	0,2%	0,6%
14	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	14	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 90^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%
11	0,0%	0,0%	0,4%	1,9%	11	0,0%	0,0%	0,5%	1,9%
9	0,1%	0,6%	1,3%	3,3%	9	0,1%	0,8%	1,5%	3,4%
7	0,9%	1,6%	2,0%	4,5%	7	1,2%	2,0%	2,3%	4,5%
5	2,5%	2,3%	2,5%	5,4%	5	3,3%	2,7%	2,7%	5,2%
3	3,6%	2,6%	2,7%	5,8%	3	4,6%	3,0%	2,9%	5,4%
1	3,9%	2,7%	2,7%	5,8%	1	4,8%	3,0%	2,8%	5,1%
2	3,7%	2,5%	2,5%	5,3%	2	4,4%	2,6%	2,4%	4,3%
4	2,9%	2,0%	2,1%	4,4%	4	3,4%	2,0%	1,8%	3,1%
6	1,9%	1,4%	1,5%	3,2%	6	2,1%	1,3%	1,1%	1,6%
8	0,8%	0,8%	0,8%	1,8%	8	0,8%	0,6%	0,4%	0,9%
10	0,1%	0,2%	0,3%	0,7%	10	0,1%	0,2%	0,3%	0,8%
12	0,0%	0,1%	0,2%	0,5%	12	0,0%	0,1%	0,2%	0,6%
14	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	14	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
11	0,0%	0,0%	0,2%	0,5%	11	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%
9	0,0%	0,4%	0,6%	1,5%	9	0,0%	0,4%	0,6%	0,9%
7	0,7%	1,1%	1,3%	2,8%	7	0,8%	1,2%	1,2%	2,0%
5	2,0%	1,8%	1,9%	4,0%	5	2,6%	2,0%	1,9%	3,2%
3	3,2%	2,3%	2,3%	4,9%	3	4,0%	2,6%	2,4%	4,2%
1	3,9%	2,6%	2,6%	5,4%	1	4,8%	2,9%	2,6%	4,7%
2	4,0%	2,6%	2,7%	5,5%	2	5,0%	3,0%	2,7%	4,8%
4	3,6%	2,5%	2,5%	5,2%	4	4,5%	2,8%	2,5%	4,5%
6	2,7%	2,0%	2,1%	4,5%	6	3,4%	2,3%	2,1%	3,7%
8	1,3%	1,4%	1,6%	3,4%	8	1,7%	1,6%	1,6%	2,6%
10	0,2%	0,7%	0,9%	2,2%	10	0,3%	0,8%	0,9%	1,4%
12	0,0%	0,1%	0,4%	0,9%	12	0,0%	0,1%	0,3%	0,6%
14	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	14	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%

LATITUD 50° S									
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
11	0,0%	0,0%	0,1%	0,4%	11	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%
9	0,0%	0,1%	0,2%	0,5%	9	0,0%	0,1%	0,2%	0,7%
7	0,4%	0,5%	0,5%	1,1%	7	0,3%	0,3%	0,3%	0,9%
5	1,3%	1,1%	1,2%	2,5%	5	1,4%	0,9%	0,7%	1,1%
3	2,4%	1,7%	1,8%	3,8%	3	2,8%	1,7%	1,5%	2,3%
1	3,3%	2,3%	2,3%	4,9%	1	4,0%	2,4%	2,1%	3,7%
2	3,9%	2,6%	2,6%	5,6%	2	4,7%	2,8%	2,6%	4,7%
4	3,8%	2,7%	2,8%	5,9%	4	4,8%	3,1%	2,9%	5,3%
6	3,2%	2,5%	2,6%	5,7%	6	4,1%	2,9%	2,8%	5,4%
8	1,7%	2,0%	2,3%	5,0%	8	2,3%	2,4%	2,5%	4,9%
10	0,3%	1,1%	1,6%	3,9%	10	0,4%	1,4%	1,9%	4,0%
12	0,0%	0,2%	0,8%	2,6%	12	0,0%	0,3%	1,0%	2,7%
14	0,0%	0,0%	0,1%	1,2%	14	0,0%	0,0%	0,2%	1,2%
$\beta = 60^\circ$ $\alpha = 50^\circ$	A	B	C	D	$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 50^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	13	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
11	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%	11	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%
9	0,0%	0,1%	0,2%	0,6%	9	0,0%	0,1%	0,2%	0,7%
7	0,2%	0,2%	0,3%	0,7%	7	0,2%	0,3%	0,3%	0,9%
5	0,7%	0,6%	0,6%	1,5%	5	0,5%	0,3%	0,4%	1,1%
3	1,7%	1,3%	1,4%	3,1%	3	1,6%	0,9%	0,7%	1,3%
1	2,7%	1,9%	2,0%	4,4%	1	2,9%	1,7%	1,5%	2,7%
2	3,5%	2,4%	2,5%	5,5%	2	4,0%	2,5%	2,3%	4,3%
4	3,8%	2,7%	2,8%	6,2%	4	4,6%	3,0%	2,9%	5,5%
6	3,3%	2,7%	2,9%	6,4%	6	4,2%	3,1%	3,1%	6,2%
8	1,9%	2,3%	2,6%	6,1%	8	2,6%	2,8%	3,0%	6,3%
10	0,4%	1,4%	2,1%	5,2%	10	0,5%	1,8%	2,5%	5,7%
12	0,0%	0,3%	1,2%	3,8%	12	0,0%	0,4%	1,5%	4,3%
14	0,0%	0,0%	0,2%	2,0%	14	0,0%	0,0%	0,3%	2,4%

VI.4 Ejemplo

Superficie de estudio ubicada en Santiago (Lat= 33°S), inclinada 30° y orientada 10° al Noreste.

Figura 29. Perfil de obstáculos.

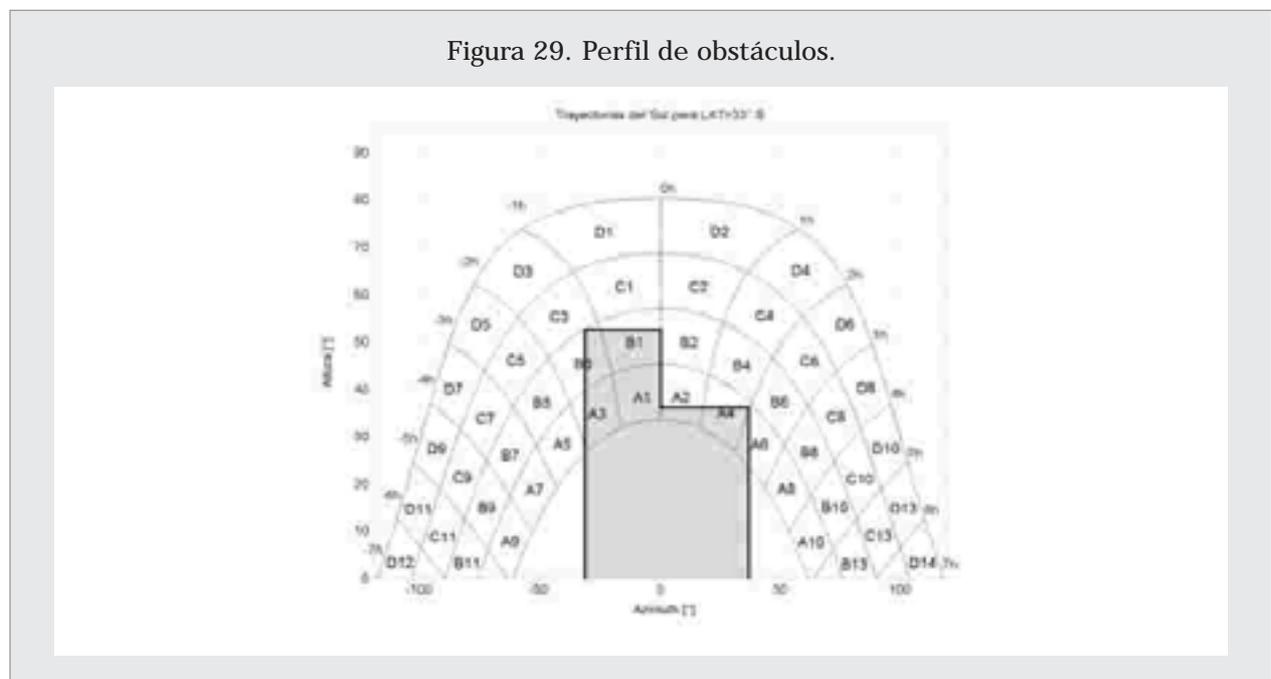


Tabla 4. Tabla de referencia (para Lat=35° S).

$\beta = 30^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
11	0,0%	0,0%	0,2%	0,6%
9	0,3%	0,5%	0,6%	1,6%
7	1,4%	1,1%	1,2%	2,8%
5	2,6%	1,7%	1,7%	3,8%
3	3,5%	2,1%	2,1%	4,6%
1	4,0%	2,4%	2,4%	5,1%
2	4,1%	2,4%	2,4%	5,2%
4	3,8%	2,3%	2,3%	4,9%
6	3,1%	1,9%	2,0%	4,2%
8	2,0%	1,4%	1,5%	3,3%
10	0,8%	0,8%	0,9%	2,2%
12	0,1%	0,2%	0,4%	1,0%
14	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%

Cálculos:

Pérdidas por Sombreado (% de irradiación global incidente anual) =

$$A1 \times 1 + B1 \times 0.75 + A2 \times 0.25 + A3 \times 0.75 + B3 \times 0.5 + A4 \times 0.75 + A6 \times 0.25 =$$

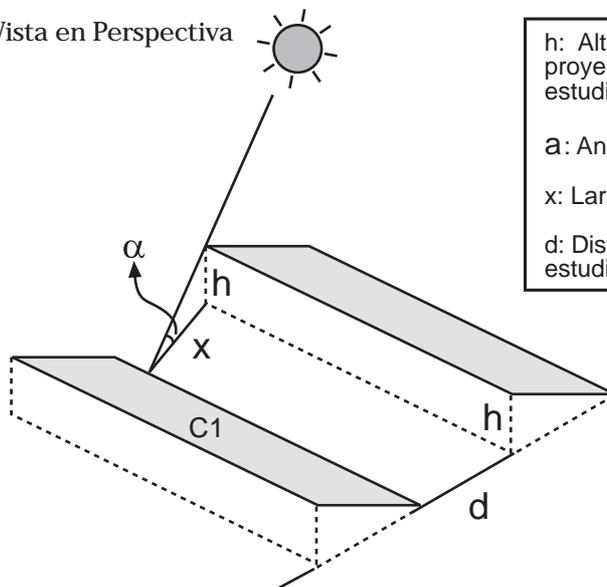
$$4 \times 1 + 2.4 \times 0.75 + 4.1 \times 0.25 + 3.5 \times 0.75 + 2.1 \times 0.5 + 3.8 \times 0.75 + 3.1 \times 0.25 = 14.13 \%$$

VI.5 Distancia mínima entre filas de captadores

La distancia a' medida sobre la horizontal, entre una fila de captadores y un obstáculo, de altura h , que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Se trata entonces de un problema geométrico como el que se muestra en la Figura 30 y en la Figura 31.

Figura 30. Problema geométrico en perspectiva.

Vista en Perspectiva



h : Altura del colector u obstáculo que proyecta la sombra sobre el colector en estudio (C1).

α : Ángulo de Altura Solar.

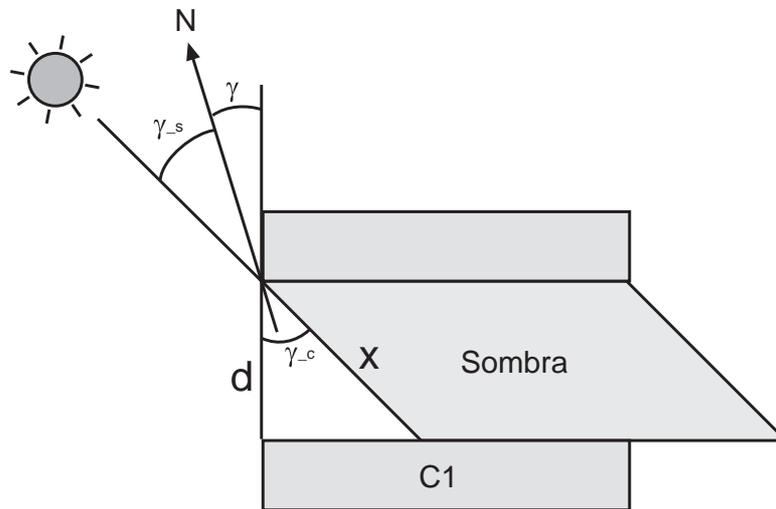
x : Largo de la sombra en el suelo.

d : Distancia entre la base del colector en estudio y el del obstáculo.

Figura 31. Problema geométrico en planta.

Vista en Planta

- g : Azimuth de los colectores u obstáculos que proyectan la sombra sobre el colector en estudio C1 (E negativo, O positivo).
- g_s : Azimuth solar (E negativo, O positivo).
- g_c : Azimuth aparente del sol con respecto a obstáculo.
- x : Largo de la sombra sobre el suelo.
- d : Distancia entre colector y obstáculo.



Esta distancia d será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = h \cdot k$$

donde k es un coeficiente adimensional que se obtiene de la Tabla 5.

La separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente no será inferior a la obtenida por la expresión anterior, aplicando h a la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la siguiente, efectuando todas las medidas de acuerdo con el plano que contiene a las bases de los captadores.

Tabla 5. Valores del factor adimensional k para latitudes chilenas.

LATITUD [°S]	AZIMUTH									
	0	5/-5	10/-10	15/-15	20/-20	25/-25	30/-30	35/-35	40/-40	45/-45
18	0,99	1,05	1,10	1,14	1,17	1,20	1,22	1,22	1,22	1,21
19	1,02	1,08	1,13	1,18	1,21	1,24	1,25	1,26	1,26	1,24
20	1,06	1,12	1,17	1,22	1,25	1,28	1,29	1,30	1,29	1,28
21	1,10	1,16	1,21	1,26	1,29	1,32	1,33	1,34	1,33	1,32
22	1,13	1,20	1,25	1,30	1,33	1,36	1,37	1,38	1,37	1,35
23	1,18	1,24	1,30	1,34	1,38	1,40	1,42	1,42	1,41	1,39
24	1,22	1,28	1,34	1,39	1,42	1,45	1,46	1,46	1,46	1,44
25	1,26	1,33	1,39	1,43	1,47	1,49	1,51	1,51	1,50	1,48
26	1,31	1,38	1,44	1,48	1,52	1,54	1,56	1,56	1,55	1,53
27	1,36	1,43	1,49	1,54	1,57	1,60	1,61	1,61	1,60	1,57
28	1,41	1,48	1,54	1,59	1,63	1,65	1,66	1,66	1,65	1,63
29	1,46	1,53	1,60	1,65	1,69	1,71	1,72	1,72	1,71	1,68
30	1,52	1,59	1,66	1,71	1,75	1,77	1,78	1,78	1,76	1,74
31	1,58	1,65	1,72	1,77	1,81	1,84	1,85	1,84	1,83	1,80
32	1,64	1,72	1,79	1,84	1,88	1,90	1,91	1,91	1,89	1,86
33	1,70	1,79	1,86	1,91	1,95	1,98	1,99	1,98	1,96	1,93
34	1,78	1,86	1,93	1,99	2,03	2,05	2,06	2,06	2,04	2,00
35	1,85	1,94	2,01	2,07	2,11	2,14	2,14	2,14	2,11	2,08
36	1,93	2,02	2,10	2,15	2,20	2,22	2,23	2,22	2,20	2,16
37	2,01	2,11	2,19	2,25	2,29	2,32	2,33	2,32	2,29	2,25
38	2,11	2,20	2,28	2,35	2,39	2,42	2,43	2,42	2,39	2,34
39	2,21	2,31	2,39	2,45	2,50	2,53	2,53	2,52	2,49	2,44
40	2,31	2,42	2,50	2,57	2,62	2,64	2,65	2,64	2,61	2,55
41	2,43	2,54	2,63	2,69	2,74	2,77	2,78	2,77	2,73	2,67
42	2,55	2,67	2,76	2,83	2,88	2,91	2,92	2,90	2,86	2,81
43	2,69	2,81	2,91	2,98	3,03	3,06	3,07	3,05	3,01	2,95
44	2,84	2,97	3,07	3,15	3,20	3,23	3,24	3,22	3,18	3,11
45	3,01	3,14	3,25	3,33	3,39	3,42	3,42	3,40	3,36	3,28
46	3,19	3,33	3,44	3,53	3,59	3,62	3,63	3,61	3,56	3,48
47	3,40	3,55	3,66	3,76	3,82	3,85	3,86	3,83	3,78	3,70
48	3,63	3,79	3,91	4,01	4,08	4,11	4,12	4,09	4,03	3,94
49	3,90	4,06	4,20	4,30	4,37	4,41	4,41	4,38	4,32	4,22
50	4,20	4,38	4,52	4,63	4,71	4,75	4,75	4,72	4,65	4,54
51	4,55	4,74	4,90	5,02	5,10	5,14	5,14	5,11	5,03	4,92
52	4,96	5,17	5,34	5,47	5,56	5,60	5,60	5,56	5,48	5,36
53	5,45	5,68	5,87	6,01	6,10	6,15	6,15	6,11	6,01	5,88

Tabla 5. Valores del factor adimensional k para latitudes chilenas.

LATITUD [°S]	AZIMUTH								
	50/-50	55/-55	60/-60	65/-65	70/-70	75/-75	80/-80	85/-85	90/-90
18	1,19	1,16	1,12	1,07	1,02	0,96	0,89	0,81	0,73
19	1,22	1,19	1,15	1,10	1,04	0,98	0,90	0,82	0,74
20	1,26	1,22	1,18	1,13	1,07	1,00	0,92	0,84	0,75
21	1,29	1,26	1,21	1,16	1,09	1,02	0,94	0,86	0,77
22	1,33	1,29	1,24	1,19	1,12	1,05	0,97	0,88	0,78
23	1,37	1,33	1,28	1,22	1,15	1,07	0,99	0,90	0,80
24	1,41	1,36	1,31	1,25	1,18	1,10	1,01	0,92	0,81
25	1,45	1,40	1,35	1,29	1,21	1,13	1,04	0,94	0,83
26	1,49	1,45	1,39	1,32	1,25	1,16	1,06	0,96	0,85
27	1,54	1,49	1,43	1,36	1,28	1,19	1,09	0,98	0,87
28	1,59	1,54	1,48	1,40	1,32	1,23	1,12	1,01	0,89
29	1,64	1,59	1,52	1,45	1,36	1,26	1,15	1,04	0,91
30	1,69	1,64	1,57	1,49	1,40	1,30	1,19	1,07	0,94
31	1,75	1,69	1,62	1,54	1,44	1,34	1,22	1,10	0,96
32	1,81	1,75	1,68	1,59	1,49	1,38	1,26	1,13	0,99
33	1,88	1,81	1,74	1,65	1,54	1,43	1,30	1,16	1,02
34	1,95	1,88	1,80	1,70	1,60	1,48	1,34	1,20	1,05
35	2,02	1,95	1,87	1,77	1,65	1,53	1,39	1,24	1,09
36	2,10	2,03	1,94	1,83	1,71	1,58	1,44	1,29	1,12
37	2,18	2,11	2,01	1,90	1,78	1,64	1,49	1,33	1,16
38	2,28	2,19	2,10	1,98	1,85	1,71	1,55	1,38	1,20
39	2,37	2,29	2,18	2,06	1,93	1,78	1,61	1,44	1,25
40	2,48	2,39	2,28	2,16	2,01	1,85	1,68	1,50	1,30
41	2,60	2,50	2,39	2,25	2,10	1,94	1,76	1,56	1,35
42	2,72	2,62	2,50	2,36	2,20	2,03	1,84	1,63	1,42
43	2,86	2,76	2,63	2,48	2,31	2,13	1,93	1,71	1,48
44	3,02	2,90	2,77	2,61	2,43	2,24	2,02	1,80	1,55
45	3,19	3,06	2,92	2,75	2,57	2,36	2,13	1,89	1,64
46	3,37	3,25	3,09	2,91	2,71	2,49	2,25	2,00	1,73
47	3,59	3,45	3,28	3,09	2,88	2,65	2,39	2,12	1,83
48	3,82	3,68	3,50	3,30	3,07	2,82	2,55	2,25	1,94
49	4,10	3,94	3,75	3,53	3,28	3,01	2,72	2,41	2,08
50	4,41	4,23	4,03	3,79	3,53	3,24	2,92	2,59	2,23
51	4,77	4,58	4,36	4,10	3,82	3,50	3,16	2,79	2,40
52	5,19	4,99	4,74	4,46	4,15	3,81	3,43	3,04	2,61
53	5,70	5,47	5,20	4,90	4,55	4,17	3,76	3,33	2,86



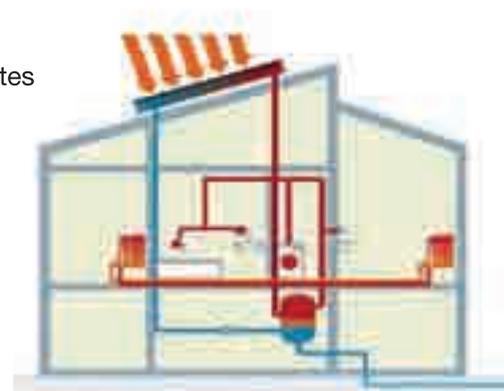


Para personas full relajadas, edificios **Full Electric**

Cuando prefieres un departamento **Full Electric**, inviertes en seguridad, ambientes más limpios y en tu calidad de vida.

El futuro es eléctrico. Comienza a vivirlo ahora.

Busca tu departamento Full Electric
en www.chilectra.cl



ANEXO VII

COMPONENTES

VII.1 Generalidades

Los materiales de la instalación deben soportar las máximas temperaturas y presiones que puedan alcanzarse. Todos los componentes y materiales cumplirán lo dispuesto en el Reglamento de Aparatos a Presión, que les sea de aplicación.

Cuando sea imprescindible utilizar en el mismo circuito materiales diferentes, especialmente cobre y acero, en ningún caso estarán en contacto, debiendo situar entre ambos juntas o manguitos dieléctricos. En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad. Para procesos industriales, el diseño, cálculo, montaje y características de los materiales deberán cumplir los requisitos establecidos por el proceso industrial. Se debe tener particular precaución en la protección de equipos y materiales que pueden estar expuestos a agentes exteriores especialmente agresivos producidos por procesos industriales cercanos.

VII.2 Captadores solares

Sin exclusiones de selección de materiales, se destaca el uso del cobre en la fabricación de absorbedores, principalmente dada su alta conductividad térmica.

La pérdida de carga del captador para un caudal de 1 lt./min por m² será inferior a 1 m c.a. El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación, de diámetro no inferior a 4 mm, situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de manera que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

Cuando se utilicen captadores con absorbedores de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro.

VII.3 Acumuladores

Cuando el acumulador lleve incorporada una superficie de intercambio térmico entre el fluido primario y el agua sanitaria, en forma de serpentín o camisa de doble envolvente, se denominará interacumulador. Cuando el intercambiador esté incorporado al acumulador, la placa de identificación indicará además, los siguientes datos:

- Superficie de intercambio térmico en m².
- Presión máxima de trabajo del circuito primario.



Cada acumulador vendrá equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:

- Manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.
- Registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.
- Manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario.
- Manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato.
- Manguito para el vaciado.

Los acumuladores vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior. El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante, y es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástico.

Todos los acumuladores irán equipados con la protección catódica establecida por el fabricante para garantizar la durabilidad del acumulador. Todos los acumuladores se protegerán, como mínimo, con lo indicado en el reglamento de aparatos a presión correspondiente.

La utilización de acumuladores de hormigón requerirá la presentación de un proyecto firmado por un técnico competente.

Al objeto de estas especificaciones, podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamiento descritos a continuación:

- Acumuladores de acero vitrificado de volumen inferior a 1000 lts.
- Acumuladores de acero con tratamiento epoxídico.
- Acumuladores de acero inoxidable.
- Acumuladores de cobre.
- Acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.
- Acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, sin agua de consumo)

VII.4 Intercambiadores de calor

Se indicará el fabricante y modelo del intercambiador de calor, así como datos de sus características de actuación medidos por el propio fabricante o por un laboratorio acreditado. El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de trabajo de la instalación. En particular se prestará especial atención a los intercambiadores que, como en el caso de los depósitos de doble pared, presentan grandes superficies expuestas por un lado a la presión y por otro, a la atmósfera, o bien, a fluidos a mayor presión.

En ningún caso se utilizarán interacumuladores con envolvente que dificulten la convección natural en el interior del acumulador. Los materiales del intercambiador de calor resistirán la temperatura

máxima de trabajo del circuito primario y serán compatibles con el fluido de trabajo. Los intercambiadores de calor utilizados en circuitos de agua sanitaria serán de acero inoxidable o cobre.

El diseño del intercambiador de calor permitirá su limpieza utilizando productos líquidos. El fabricante del intercambiador de calor garantizará un factor de ensuciamiento menor al permitido en diseño, dimensionado y cálculo de Instalaciones de Energía Solar Térmica.

Los tubos de los intercambiadores de calor tipo serpentín sumergido en el depósito, tendrán diámetros interiores inferiores o iguales a una pulgada, para instalaciones por circulación forzada. En instalaciones por termosifón, tendrán un diámetro mínimo de una pulgada.

Cualquier intercambiador de calor existente entre el circuito de captadores y el sistema de suministro al consumo no debería reducir la eficiencia del captador debido a un incremento en la temperatura de funcionamiento de captadores en más de lo que los siguientes criterios especifican:

- Cuando la ganancia solar del captador haya llegado al valor máximo posible, la reducción de la eficiencia del captador debido al intercambiador de calor no debería exceder el 10 % (en valor absoluto).
- Si se instala más de un intercambiador de calor, también este valor debería de no ser excedido por la suma de las reducciones debidas a cada intercambiador. El criterio se aplica también si existe en el sistema un intercambiador de calor en la parte de consumo.
- Si en una instalación a medida sólo se usa un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área de captador no debería ser menor de $40 \text{ W}/(^{\circ}\text{K m}^2)$.

Se recomienda dimensionar el intercambiador de calor, en función de la aplicación, con las condiciones expresadas en la Tabla 6.

Tabla 6. Dimensionamiento del intercambiador de calor.

Aplicación	Temperatura entrada primario	Temperatura salida secundario	Temperatura entrada secundario
<i>Piscinas</i>	<i>50° C</i>	<i>28° C</i>	<i>24° C</i>
<i>Agua caliente sanitaria</i>	<i>60° C</i>	<i>50° C</i>	<i>45° C</i>
<i>Calefacción a baja temperatura</i>	<i>60° C</i>	<i>50° C</i>	<i>45° C</i>
<i>Refrigeración/Calefacción</i>	<i>105° C</i>	<i>90° C</i>	<i>75° C</i>

La pérdida de carga de diseño en el intercambiador de calor no será superior a 3 m c.a., tanto en el circuito primario como en el secundario. El factor de ensuciamiento del intercambiador de calor no será inferior al especificado en la tabla 9 para cada tipo de agua utilizada como fluido de trabajo.

Tabla 7. Factores de ensuciamiento.

Circuitos de consumo	m ² K/W
<i>Agua blanda y limpia</i>	<i>0,0006</i>
<i>Agua dura</i>	<i>0,0012</i>
<i>Agua muy dura y/o sucia</i>	<i>0,0018</i>
<i>Circuitos cerrados</i>	<i>0,0008</i>

VII.5 Bombas de circulación

Las bombas podrán ser del tipo en línea, de rotor seco o húmedo o de bancada. Siempre que sea posible se utilizarán bombas tipo circuladores en línea.

En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas.

Las bombas serán resistentes a la presión máxima del circuito.

La bomba se seleccionará de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante.

Cuando todas las conexiones son en paralelo, el caudal nominal será el igual al caudal unitario de diseño multiplicado por la superficie total de captadores conectados en paralelo.

La presión de la bomba deberá compensar todas las pérdidas de carga del circuito correspondiente.

La potencia eléctrica parásita para la bomba no debería exceder los valores dados en la Tabla 8.

Tabla 8. Potencias parásitas admitidas.

Sistema	Potencia eléctrica de la bomba
<i>Sistemas pequeños</i>	<i>50° o 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores.</i>
<i>Sistemas grandes</i>	<i>1% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores.</i>

La potencia máxima de la bomba especificada anteriormente excluye la potencia de las bombas de los sistemas de drenaje con recuperación, que sólo es necesaria para rellenar el sistema después de un drenaje.

La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

VII.6 Tuberías

En sistemas directos se utilizará cobre o acero inoxidable en el circuito primario. Se admiten tuberías de material plástico acreditado apto para esta aplicación.

En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el acero negro, el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embreadas y protección exterior con pintura anticorrosiva. Se admite material plástico acreditado apto para esta aplicación.

En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria, podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. Además, podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y uniones por capilaridad (UNE 37153). No se utilizarán tuberías de acero negro para circuitos de agua sanitaria.

Cuando se utilice aluminio en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 1,5 m/s y su pH estará comprendido entre 5 y 7. No se permitirá el uso de aluminio en sistemas abiertos o sistemas sin protección catódica.

Cuando se utilice acero en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y el pH del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9.

El diámetro de las tuberías se seleccionará de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s cuando la tubería discurra por locales habitados y a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.

El dimensionado de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal.

Para calentamiento de piscinas se recomienda que las tuberías sean de PVC y de gran diámetro, a fin de conseguir un buen caudal con la menor pérdida de carga posible, no necesitando éstas, en la mayoría de los casos, ningún tipo especial de aislamiento térmico.

VII.7 Válvulas

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvulas de resorte.
- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta o especiales para sistemas por termosifón.

A los efectos de este PCT, no se permitirá la utilización de válvulas de compuerta.

El acabado de las superficies de asiento y obturador debe asegurar la estanquidad al cierre de las válvulas, para las condiciones de servicio especificadas.

El volante y la palanca deben ser de dimensiones suficientes para asegurar el cierre y la apertura de forma manual con la aplicación de una fuerza razonable, sin la ayuda de medios auxiliares. El órgano de mando no deberá interferir con el aislamiento térmico de la tubería y del cuerpo de válvula.

Las superficies del asiento y del obturador deben ser recambiables. La empaquetadura debe ser recambiable en servicio, con válvula abierta a tope, sin necesidad de desmontarla.

Las válvulas roscadas y las de mariposa serán de diseño tal que, cuando estén correctamente acopladas a las tuberías, no tengan lugar interferencias entre la tubería y el obturador.

En el cuerpo de la válvula irán troquelados la presión nominal PN, expresada en bar o kp/cm², y el diámetro nominal DN, expresado en mm o pulgadas, al menos cuando el diámetro sea igual o superior a 25 mm.

La presión nominal mínima de todo tipo de válvulas y accesorios deberá ser igual o superior a 4 kg/cm².

Los diámetros libres en los asientos de las válvulas tienen que ser correspondientes con los diámetros nominales de las mismas, y en ningún caso inferiores a 12 mm.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Las válvulas de retención se situarán en la tubería de impulsión de la bomba, entre la boca y el manguito antivibratorio, y en cualquier caso, aguas arriba de la válvula de interceptación.

Los purgadores automáticos de aire se construirán con los siguientes materiales:

- Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.
- Mecanismo de acero inoxidable.
- Flotador y asiento de acero inoxidable.
- Obturador de goma sintética.

Los purgadores automáticos resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito.

VII.8 Vasos de expansión

a) Vasos de expansión abiertos

Los vasos de expansión abiertos cumplirán los siguientes requisitos:

Los vasos de expansión abiertos se construirán soldados o remachados, en todas sus juntas, y reforzados para evitar deformaciones, cuando su volumen lo exija.

El material y tratamiento del vaso de expansión será capaz de resistir la temperatura máxima de trabajo.

El volumen útil del vaso de expansión abierto se determinará de forma que sea capaz de absorber la expansión completa del fluido de trabajo entre las temperaturas extremas de funcionamiento.

El nivel mínimo libre de agua de los vasos de expansión abiertos se situará a una altura mínima de 2,5 metros sobre el punto más alto de la instalación.

Los vasos de expansión abiertos tendrán una salida de rebosamiento.

Los vasos de expansión abiertos, cuando se utilicen como sistemas de llenado o de rellenado, dispondrán de una línea de alimentación automática, mediante sistemas tipo flotador o similar. La salida de rebosamiento se situará de forma que el incremento del volumen de agua antes del rebose sea igual o mayor que un tercio del volumen del depósito. Al mismo tiempo, permitirá que, con agua fría, el nivel sea tal que al incrementar la temperatura de agua en el sistema a la temperatura máxima de trabajo, no se produzca derrame de la misma.

En ningún caso la diferencia de alturas entre el nivel de agua fría en el depósito y el rebosadero será inferior a 3 cm.

El diámetro del rebosadero será igual o mayor al diámetro de la tubería de llenado. En todo caso, el dimensionado del diámetro del rebosadero asegurará que, con válvulas de flotador totalmente abiertas y una presión de red de 4 kg/cm², no se produzca derramamiento de agua.

La capacidad de aforo de la válvula de flotación, cuando se utilice como sistema de llenado, no será inferior a 5 l/min. En todo caso, el diámetro de la tubería de llenado no será inferior a ½ pulgada o 15 mm.

El flotador del sistema de llenado resistirá, sin deterioro, la temperatura máxima de trabajo durante 48 horas.

b) Vasos de expansión cerrados

La tubería de conexión del vaso de expansión no se aislará térmicamente y tendrá volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.

Los datos que sirven de base para la selección del vaso son los siguientes:

- Volumen total de agua en la instalación, en litros.
- Temperatura mínima de funcionamiento, para la cual se asumirá el valor de 4 °C, a la que corresponde la máxima densidad.
- Temperatura máxima que pueda alcanzar el agua durante el funcionamiento de la instalación.
- Presiones mínima y máxima de servicio, en bar, cuando se trate de vasos cerrados.
- Volumen de expansión calculado, en litros.

Los cálculos darán como resultado final el volumen total del vaso y la presión nominal PN, que son los datos que definen sus características de funcionamiento. Los vasos de expansión cerrados cumplirán con el Reglamento de Recipientes a Presión y estarán debidamente timbrados. La temperatura extrema del circuito primario será, como mínimo, la temperatura de estancamiento del captador.

El volumen de dilatación será, como mínimo, igual al 4,3 % del volumen total de fluido en el circuito primario.

Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío en el punto más alto del circuito no sea inferior a 1,5 kg/cm² y la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo de los componentes.

El dispositivo de expansión cerrado del circuito de captadores deberá estar dimensionado de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores, justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.

Cuando el medio de transferencia de calor pueda evaporarse bajo condiciones de estancamiento, hay que realizar un dimensionado especial del volumen de expansión:

Además de dimensionarlo como es usual en sistemas de calefacción cerrados (la expansión del medio de transferencia de calor completo), el depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo, incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores, más un 10 %.

VII.9 Aislamientos

El aislamiento de acumuladores cuya superficie sea inferior a 2 m² tendrá un espesor mínimo de 30 mm, para volúmenes superiores el espesor mínimo será de 50 mm.

El espesor del aislamiento del cambiador de calor no será inferior a 20 mm.

Los espesores de aislamiento (expresados en mm) de tuberías y accesorios situados al interior no serán inferiores a los valores de la Tabla 9.

Tabla 9. Espesores de aislamiento.

Fluido interior caliente				
Diámetro exterior (mm) (*)	Temperatura del fluido (°C) (**)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
$D < 35$	20	20	30	40
$35 < D < 60$	20	30	40	40
$60 < D < 90$	30	30	40	50
$90 < D < 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

(*) Diámetro exterior de la tubería sin aislar.

(**) Se escoge la temperatura máxima de red.

Para tuberías y accesorios situados al exterior, los valores de la Tabla 9 se incrementarán en 10 mm como mínimo.

Para materiales con conductividad térmica λ , en W/(m °K), distinta de 0,04, el espesor mínimo e (en mm) que debe usarse se determinará, en función del espesor de referencia e_{ref} (en mm) de la Tabla 9, aplicando las siguientes fórmulas:

- Aislamiento de superficies planas:
$$e = e_{ref} \cdot \lambda / \lambda_{ref}$$

- Aislamiento de superficies cilíndricas:
$$e = \frac{D_i}{2} \left[\exp \left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{(D_i + 2e_{ref})}{D_i} \right) - 1 \right]$$

donde e es el espesor del aislamiento buscado, e_{ref} es el espesor de referencia, D_i es el diámetro interior de la sección circular, "exp" es la función exponencial (ex), y λ y λ_{ref} son las conductividades térmicas respectivas. λ_{ref} tiene como valor 0,04.

El valor de la conductividad térmica a introducir en las fórmulas anteriores debe considerarse a la temperatura media de servicio de la masa del aislamiento.

El material aislante se sujetará con medios adecuados, de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios.

Cuando el material aislante de tubería y accesorios sea de fibra de vidrio, deberá cubrirse con una protección no inferior a la proporcionada por un recubrimiento de venda y escayola. En los tramos que discurren por el exterior será terminada con pintura asfáltica.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes. Para la protección del material aislante situado en intemperie se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio. En el caso de depósitos o cambiadores de calor situados en intemperie, podrán utilizarse forros de telas plásticas.

Si se utiliza manta térmica para evitar pérdidas nocturnas en piscinas, se tendrá en cuenta la posibilidad de que proliferen microorganismos en ella, por lo que se deberá limpiar periódicamente.

VII.10 Purga de aire

En general, el trazado del circuito evitará los caminos tortuosos, para favorecer el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos.

Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1 % en el sentido de circulación.

Si el sistema está equipado con líneas de purga, deberán ser colocadas de tal forma que no se puedan helar y no se pueda acumular agua en las líneas. Los orificios de descarga deberán estar dispuestos de tal forma que el vapor o medio de transferencia de calor que salga por las válvulas de seguridad no cause ningún riesgo a las personas, materiales o medio ambiente.

Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deberán soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador.

En el trazado del circuito deberá evitarse, en lo posible, los sifones invertidos, pero cuando se utilicen, se situarán sistemas similares a los descritos en párrafos anteriores en el punto más desfavorable del sifón.

VII.11 Sistema de llenado

Los sistemas con vaso de expansión abierto podrán utilizarlo como sistema de llenado.

Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. En general es recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga u otro dispositivo, de forma que nunca se utilice un fluido para el circuito primario cuyas características incumplan este documento. Será obligatorio cuando exista riesgo de heladas o cuando la fuente habitual de suministro de agua incumpla las condiciones de pH y pureza requeridas en el apartado "Requisitos generales" del presente documento.

En cualquier caso, nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red si sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito, o si este circuito necesita anticongelante por riesgo de heladas o cualquier otro aditivo para su correcto funcionamiento. Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo.

Para disminuir los riesgos de fallos se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados y la entrada de aire que pueda aumentar los riesgos de corrosión originados por el oxígeno del aire. Es aconsejable no usar válvulas de llenado automáticas.

VII.12 Sistema eléctrico y de control

El sistema eléctrico y de control cumplirá con NCh Elec. 4/2003 en todos aquellos puntos que sean de aplicación. Los cuadros serán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con NCh Elec. 4/2003 y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

El usuario estará protegido contra posibles contactos directos e indirectos.

El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de la alimentación del sistema del funcionamiento de bombas.

El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control estará, como mínimo, entre $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El tiempo mínimo entre fallos especificados por el fabricante del sistema de control diferencial, no será inferior a 7000 horas.

Los sensores de temperaturas soportarán las máximas temperaturas previstas en el lugar en que se ubiquen. Deberán soportar sin alteraciones de más de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, las siguientes temperaturas en función de la aplicación:

- A.C.S. y calefacción por suelo radiante y "fan-coil": $100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Refrigeración/calefacción: $140\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Usos industriales: función de la temperatura de uso.

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la misma. Para conseguirlo en el caso de las de inmersión, se instalarán en contracorriente con el fluido. Los sensores de temperatura deberán estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos.

Preferentemente las sondas serán de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica.

VII.13 Sistema de monitorización

El sistema de monitorización realizará la adquisición de datos, al menos, con la siguiente frecuencia:

- Toma de medidas o estados de funcionamiento: cada minuto.
- Cálculo de medias de valores y registro: cada 10 minutos.
- Tiempo de almacenamiento de datos registrados: mínimo 1 año.

Las variables analógicas que deben ser medidas por el sistema de monitorización serán seis como mínimo, y entre las cuales deberán estar las cuatro siguientes:

- Temperatura de entrada de agua fría
- Temperatura de suministro de agua caliente solar
- Temperatura de suministro de agua caliente a consumo
- Caudal de agua de consumo

El sistema de monitorización registrará, con la misma frecuencia, el estado de funcionamiento de las bombas de circulación de primario y secundario, la actuación de las limitaciones por máxima o mínima y el funcionamiento del sistema de energía auxiliar.

Opcionalmente, el sistema de monitorización medirá, además, las siguientes variables:

- Temperatura de entrada a captadores
- Temperatura de salida de captadores
- Temperatura de entrada secundario
- Temperatura de salida secundario
- Radiación global sobre plano de captadores
- Temperatura ambiente exterior
- Presión de agua en circuito primario
- Temperatura fría del acumulador
- Temperatura caliente del acumulador
- Temperaturas de salidas de varios grupos de captadores
- Variables que permitan el conocimiento del consumo energético del sistema auxiliar

El tratamiento de los datos medidos proporcionará, al menos, los siguientes resultados:

- Temperatura media de suministro de agua caliente a consumo.
- Temperatura media de suministro de agua caliente solar.
- Demanda de energía térmica diaria.
- Energía solar térmica aportada.
- Energía auxiliar consumida.
- Fracción solar media.
- Consumos propios de la instalación (bombas, controles, etc.).

Con los datos registrados se procederá al análisis de resultados y evaluación de las prestaciones diarias de la instalación. Estos datos quedarán archivados en un registro histórico de prestaciones.

VII.14 Equipos de medida

Medida de temperatura

Las medidas de temperatura se realizarán mediante sensores de temperatura.

La medida de la diferencia de temperatura entre dos puntos del fluido de trabajo se realizará mediante los citados sensores de temperatura, debidamente conectados, para obtener de forma directa la lectura diferencial.

En lo referente a la colocación de las sondas, han de ser preferentemente de inmersión y situadas a una distancia máxima de 5 cm del fluido cuya temperatura se pretende medir. Las vainas destinadas a alojar las sondas de temperatura, deben introducirse en las tuberías siempre en contracorriente y en un lugar donde se creen turbulencias.

Medida de caudal

La medida de caudales de líquidos se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnético, medidores de flujo de desplazamiento positivo o procedimientos gravimétricos o de cualquier otro tipo, de forma que la precisión sea igual o superior a $\pm 3\%$ en todos los casos.

Cuando exista un sistema de regulación exterior, éste estará precintado y protegido contra intervenciones fraudulentas.

Se suministrarán los siguientes datos dentro de la Memoria de Diseño o Proyecto, que deberán ser facilitados por el fabricante:

- Calibre del contador.
- Temperatura máxima del fluido.
- *Caudales:*
 - en servicio continuo.
 - máximo (durante algunos minutos).
 - mínimo (con precisión mínima del 5 %).
 - de arranque.
- Indicación mínima de la esfera.
- Capacidad máxima de totalización.
- Presión máxima de trabajo.
- Dimensiones.
- Diámetro y tipo de las conexiones.
- Pérdida de carga en función del caudal.

Cuando exista, el medidor se ubicará en la entrada de agua fría del acumulador solar.



Medida de energía

Los contadores de energía térmica estarán constituidos por los siguientes elementos:

- Contador de caudal de agua, descrito anteriormente.
- Dos sondas de temperatura.
- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado.

En función de la ubicación de las dos sondas de temperatura, se medirá la energía aportada por la instalación solar o por el sistema auxiliar. En el primer caso, una sonda de temperatura se situará en la entrada del agua fría del acumulador solar y otra en la salida del agua caliente del mismo. Para medir el aporte de energía auxiliar, las sondas de temperatura se situarán en la entrada y salida del sistema auxiliar.

El microprocesador podrá estar alimentado por la red eléctrica o mediante pilas, con una duración de servicio mínima de 3 años.

El microprocesador multiplicará la diferencia de ambas temperaturas por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionará la cantidad de energía aportada.



ANEXO VIII

CONDICIONES DE MONTAJE

VIII.1 Generalidades

La instalación se construirá en su totalidad utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento.

Se tendrán en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de cada uno de los componentes. A efectos de las especificaciones de montaje de la instalación, éstas se complementarán con la aplicación de las reglamentaciones vigentes que tengan competencia en el caso.

Es responsabilidad del suministrador comprobar que el edificio reúne las condiciones necesarias para soportar la instalación, indicándolo expresamente en la documentación.

Es responsabilidad del suministrador el comprobar la calidad de los materiales y agua utilizados, cuidando que se ajusten a lo especificado en estas normas, y el evitar el uso de materiales incompatibles entre sí.

El suministrador será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidas durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, hasta tanto no se proceda a su unión, por medio de elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro del aparato.

Especial cuidado se tendrá con materiales frágiles y delicados, como luminarias, mecanismos, equipos de medida, etc., que deberán quedar debidamente protegidos.

Durante el montaje, el suministrador deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de conducciones y cables. Asimismo, al final de la obra, deberá limpiar perfectamente todos los equipos (captadores, acumuladores, etc.), cuadros eléctricos, instrumentos de medida, etc. de cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado.

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño, como rebabas, óxidos, suciedades, etc.

La alineación de las canalizaciones en uniones y cambios de dirección se realizará con los correspondientes accesorios y/o cajas, centrando los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización.

En las partes dañadas por roces en los equipos, producidos durante el traslado o el montaje, el suministrador aplicará pintura rica en zinc u otro material equivalente.

La instalación de los equipos, válvulas y purgadores permitirá su posterior acceso a las mismas a efectos de su mantenimiento, reparación o desmontaje.

Una vez instalados, se procurará que las placas de características de los equipos sean visibles. Todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por el fabricante, serán recubiertos con dos manos de pintura antioxidante.

Los circuitos de distribución de agua caliente sanitaria se protegerán contra la corrosión por medio de ánodos de sacrificio.

Todos los equipos y circuitos podrán vaciarse total o parcialmente, realizándose esto desde los puntos más bajos de la instalación.

Las conexiones entre los puntos de vaciado y desagües se realizarán de forma que el paso del agua quede perfectamente visible.

Los botellines de purga estarán siempre en lugares accesibles y, siempre que sea posible, visibles.

VIII.2 Montaje de estructura soporte y captadores

Si los captadores son instalados en los tejados de edificios, deberá asegurarse la estanquidad en los puntos de anclaje.

La instalación permitirá el acceso a los captadores de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura, pudiendo desmontar cada captador con el mínimo de actuaciones sobre los demás. Las tuberías flexibles se conectarán a los captadores utilizando, preferentemente, accesorios para mangueras flexibles.

Cuando se monten tuberías flexibles se evitará que queden retorcidas y que se produzcan radios de curvatura superiores a los especificados por el fabricante.

El suministrador evitará que los captadores queden expuestos al sol por períodos prolongados durante el montaje. En este período las conexiones del captador deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad.

Terminado el montaje, durante el tiempo previo al arranque de la instalación, si se prevé que éste pueda prolongarse, el suministrador procederá a tapar los captadores.

VIII.3 Montaje de acumulador

La estructura soporte para depósitos y su fijación se realizará según la normativa vigente.

La estructura soporte y su fijación para depósitos de más de 1000 lts. situados en cubiertas o pisos deberá ser diseñada por un profesional competente. La ubicación de los acumuladores y sus estructuras de sujeción cuando se sitúen en cubiertas de piso tendrá en cuenta las características de la edificación, y requerirá para depósitos de más de 300 lts. el diseño de un profesional competente.

VIII.4 Montaje de intercambiador

Se tendrá en cuenta la accesibilidad del intercambiador, para operaciones de sustitución o reparación.

VIII.5 Montaje de bomba

Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser fácilmente desmontado. El acoplamiento de una bomba en línea con la tubería podrá ser de tipo roscado hasta el diámetro DN 32.

El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos.

La conexión de las tuberías a las bombas no podrá provocar esfuerzos recíprocos (se utilizarán manguitos antivibratorios cuando la potencia de accionamiento sea superior a 700 W). Todas las bombas estarán dotadas de tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.

Todas las bombas deberán protegerse, aguas arriba, por medio de la instalación de un filtro de malla o tela metálica.

Cuando se monten bombas con prensa-estopas, se instalarán sistemas de llenado automáticos.

VIII.6 Montaje de tuberías y accesorios

Antes del montaje deberá comprobarse que las tuberías no estén rotas, fisuradas, dobladas, aplastadas, oxidadas o de cualquier manera dañadas.

Se almacenarán en lugares donde estén protegidas contra los agentes atmosféricos. En su manipulación se evitarán roces, rodaduras y arrastres, que podrían dañar la resistencia mecánica, las superficies calibradas de las extremidades o las protecciones anti-corrosión.

Las piezas especiales, manguitos, gomas de estanquidad, etc. se guardarán en locales cerrados. Las tuberías serán instaladas de forma ordenada, utilizando fundamentalmente tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a elementos estructurales del edificio, salvo las pendientes que deban darse.

Las tuberías se instalarán lo más próximas posible a paramentos, dejando el espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios. En cualquier caso, la distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será de 5 cm.

Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente.

La distancia en línea recta entre la superficie exterior de la tubería, con su eventual aislamiento, y la del cable o tubo protector no debe ser inferior a las siguientes:

- 5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1000 V.
- 30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1000 V.
- 50 cm para cables con tensión superior a 1000 V.

Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos como cuadros o motores. No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos.

Las conexiones de componentes al circuito deben ser fácilmente desmontables por bridas o racores, con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

Los cambios de sección en tuberías horizontales se realizarán de forma que se evite la formación de bolsas de aire, mediante manguitos de reducción excéntricos o enrasado de generatrices superiores para uniones soldadas.

Para evitar la formación de bolsas de aire, los tramos horizontales de tubería se montarán siempre con una pendiente ascendente, en el sentido de circulación, del 1 %.

Se facilitarán las dilataciones de tuberías utilizando los cambios de dirección o dilatadores axiales. Las uniones de tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas. Las uniones con valvulería y equipos podrán ser roscadas hasta 2", para diámetros superiores se realizarán las uniones por bridas.

En ningún caso se permitirán ningún tipo de soldadura en tuberías galvanizadas.

Las uniones de tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad.

En circuitos abiertos el sentido de flujo del agua deberá ser siempre del acero al cobre.

El dimensionado, distancia y disposición de los soportes de tubería se realizará de acuerdo con las prescripciones de UNE 100.152.

Durante el montaje de las tuberías se evitarán en los cortes para la unión de tuberías, las rebabas y escorias.

En las ramificaciones soldadas, el final del tubo ramificado no debe proyectarse en el interior del tubo principal.

Los sistemas de seguridad y expansión se conectarán de forma que se evite cualquier acumulación de suciedad o impurezas.

Las dilataciones que sufren las tuberías al variar la temperatura del fluido, deben compensarse a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y aparatos, donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción.

En las salas de máquinas se aprovecharán los frecuentes cambios de dirección, para que la red de tuberías tenga la suficiente flexibilidad y pueda soportar las variaciones de longitud.

En los trazados de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, se compensarán los movimientos de tuberías mediante dilatadores axiales.

VIII.7 Montaje de aislamiento

El aislamiento no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio.

El manguito pasamuros deberá tener las dimensiones suficientes para que pase la conducción con su aislamiento, con una holgura máxima de 3 cm.

Tampoco se permitirá la interrupción del aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltos por el material aislante.

El puente térmico constituido por el mismo soporte deberá quedar interrumpido por la interposición de un material elástico (goma, fieltro, etc.) entre el mismo y la conducción.

Después de la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y de control, así como válvulas de desagües, volante, etc., deberán quedar visibles y accesibles.

Las franjas y flechas que distinguen el tipo de fluido transportado en el interior de las conducciones, se pintarán o se pegarán sobre la superficie exterior del aislamiento o de su protección.

VIII.8 Montaje de contadores

Se instalarán siempre entre dos válvulas de corte para facilitar su desmontaje. El suministrador deberá prever algún sistema ("by-pass" o carrete de tubería) que permita el funcionamiento de la instalación aunque el contador sea desmontado para calibración o mantenimiento.

En cualquier caso, no habrá ningún obstáculo hidráulico a una distancia igual, al menos, diez veces el diámetro de la tubería antes y cinco veces después del contador.

Cuando el agua pueda arrastrar partículas sólidas en suspensión, se instalará un filtro de malla fina antes del contador, del tamiz adecuado.

VIII.9 Montaje de instalaciones por circulación natural

Los cambios de dirección en el circuito primario se realizarán con curvas con un radio mínimo de tres veces el diámetro del tubo.

Se cuidará de mantener rigurosamente la sección interior de paso de las tuberías, evitando aplastamientos durante el montaje.

Se permitirá reducir el aislamiento de la tubería de retorno, para facilitar el efecto termosifón.



ANEXO IX

REQUISITOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO

IX.1 Generalidades

Se realizará un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo) por un período de tiempo al menos igual que el de la garantía.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie útil homologada inferior o igual a 20 m², y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficies superiores a 20 m².

Las medidas a tomar en el caso de que en algún mes del año el aporte solar sobrepase el 110 % de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100 % son las siguientes:

- Vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, habrá de ser repuesto por un fluido de características similares, debiendo incluirse este trabajo en su caso entre las labores del contrato de mantenimiento.
- Tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que sigue atravesando el captador).
- Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes o redimensionar la instalación con una disminución del número de captadores.

En el caso de optarse por las soluciones expuestas en los puntos anteriores, deberán programarse y detallarse dentro del contrato de mantenimiento las visitas a realizar para el vaciado parcial / tapado parcial del campo de captadores y reposición de las condiciones iniciales. Estas visitas se programarán de forma que se realicen una antes y otra después de cada período de sobreproducción energética. También se incluirá dentro del contrato de mantenimiento un programa de seguimiento de la instalación que prevendrá los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos producidos en los citados períodos y en cualquier otro período del año.

IX.2 Programa de mantenimiento

Objeto. El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente.

Criterios generales. Se definen tres escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma:

- a) *Vigilancia*
- b) *Mantenimiento preventivo*
- c) *Mantenimiento correctivo*

a) Plan de vigilancia

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Será llevado a cabo, normalmente, por el usuario, que asesorado por el instalador, observará el correcto comportamiento y estado de los elementos, y tendrá un alcance similar al descrito en la Tabla 10.

Tabla 10. Mantenimiento.

	Operación	Frecuencia	Descripción (*)
<i>Captadores</i>	<i>Limpieza</i>	<i>A determinar</i>	<i>Con agua y productos adecuados.</i>
	<i>Cristales</i>	<i>3 meses</i>	<i>IV - Condensaciones, sustitución.</i>
	<i>Juntas</i>	<i>3 meses</i>	<i>IV - Agrietamiento y deformaciones.</i>
	<i>Absorbedor</i>	<i>3 meses</i>	<i>IV - Corrosión, deformación, fugas, etc.</i>
	<i>Conexiones</i>	<i>3 meses</i>	<i>IV - Fugas.</i>
<i>Circuito primario</i>	<i>Tubería, aislamiento y sistema de llenado</i>	<i>6 meses</i>	<i>IV - Ausencia de humedad y fugas.</i>
	<i>Purgador manual</i>	<i>3 meses</i>	<i>Vaciar el aire del botellín</i>
<i>Circuito secundario</i>	<i>Tratamiento anti-legionella</i>	<i>12 meses</i>	<i>Aplicación procedimiento de desinfección con cloro o térmico recogido en el Anexo 3 del RD 909/2001.</i>
	<i>Tubería y aislamiento</i>	<i>6 meses</i>	<i>IV - Ausencia de humedad y fugas.</i>

(*) IV: Inspección visual.

b) Plan de mantenimiento preventivo

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para aquellas instalaciones con una superficie de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico especializado que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas, así como el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

En las tablas siguientes (Tabla 11 a Tabla 16) se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y descripciones en relación con las prevenciones a observar.

Tabla 11. Mantenimiento del Sistema de Captación.

Equipo	Frecuencia	Descripción
<i>Captadores</i>	<i>6 meses</i>	<i>IV - Diferencias sobre original.</i>
	<i>6 meses</i>	<i>IV - Diferencias sobre captadores.</i>
<i>Cristales</i>	<i>6 meses</i>	<i>IV - Condensación y suciedad.</i>
<i>Juntas de degradación</i>	<i>6 meses</i>	<i>IV - Agrietamientos, deformaciones.</i>
<i>Absorbedor</i>	<i>6 meses</i>	<i>IV - Corrosión, deformaciones.</i>
<i>Carcasa</i>	<i>6 meses</i>	<i>IV - Deformación, oscilaciones, ventanas de respiración.</i>
<i>Conexiones</i>	<i>6 meses</i>	<i>IV - Aparición de fugas.</i>
<i>Estructura</i>	<i>6 meses</i>	<i>IV - Degradación, indicios de corrosión, apriete de tornillos.</i>

Tabla 12. Mantenimiento del Sistema de Acumulación.

Equipo	Frecuencia	Descripción
<i>Depósito</i>	<i>24 meses</i>	<i>Presencia de lodos en fondo.</i>
<i>Anodos de sacrificio</i>	<i>12 meses</i>	<i>Comprobación del desgaste.</i>
<i>Aislamiento</i>	<i>12 meses</i>	<i>Comprobar que no hay humedad.</i>

Tabla 13. Mantenimiento del Sistema de Intercambio.

Equipo	Frecuencia	Descripción (*)
<i>Intercambiador de placas</i>	<i>12 meses</i>	<i>CF - Eficiencia y prestaciones.</i>
	<i>60 meses</i>	<i>Limpieza.</i>
<i>Intercambiador de serpentín</i>	<i>12 meses</i>	<i>CF - Eficiencia y prestaciones.</i>
	<i>60 meses</i>	<i>Limpieza.</i>

(*) CF: Control de funcionamiento.

Tabla 14. Mantenimiento del Circuito Hidráulico.

Equipo	Frecuencia	Descripción
<i>Fluido refrigerante</i>	<i>12 meses</i>	<i>Comprobar su densidad y pH.</i>
<i>Estanquidad</i>	<i>24 meses</i>	<i>Efectuar prueba de presión.</i>
<i>Aislamiento exterior</i>	<i>6 meses</i>	<i>IV - Degradación protección uniones y ausencia de humedad</i>
<i>Aislamiento interior</i>	<i>12 meses</i>	<i>Uniones y ausencia de humedad.</i>
<i>Purgador automático</i>	<i>12 meses</i>	<i>CF y limpieza.</i>
<i>Purgador manual</i>	<i>6 meses</i>	<i>Vaciar el aire del botellín.</i>
<i>Bomba</i>	<i>12 meses</i>	<i>Estanquidad.</i>
<i>Vaso de expansión cerrado</i>	<i>6 meses</i>	<i>Comprobación de la presión.</i>
<i>Vaso de expansión abierto</i>	<i>6 meses</i>	<i>Comprobación del nivel.</i>
<i>Sistema de llenado</i>	<i>6 meses</i>	<i>CF - Actuación.</i>
<i>Válvula de corte</i>	<i>12 meses</i>	<i>CF - Actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento</i>
<i>Válvula de seguridad</i>	<i>12 meses</i>	<i>CF - Actuación.</i>

Tabla 15. Mantenimiento del Sistema Eléctrico y de Control.

Equipo	Frecuencia	Descripción
<i>Cuadro eléctrico</i>	<i>12 meses</i>	<i>Comprobar que está bien cerrado para que no entre polvo</i>
<i>Control diferencial</i>	<i>12 meses</i>	<i>CF - Actuación.</i>
<i>Termostato</i>	<i>12 meses</i>	<i>CF - Actuación.</i>

Tabla 16. Mantenimiento del Sistema de Energía Auxiliar.

Equipo	Frecuencia	Descripción
<i>Sistema auxiliar</i>	<i>12 meses</i>	<i>CF - Actuación.</i>
<i>Sondas de temperatura</i>	<i>12 meses</i>	<i>CF - Actuación.</i>

Dado que el sistema de energía auxiliar no forma parte del sistema de energía solar propiamente dicho, sólo será necesario realizar actuaciones sobre las conexiones del primero a este último, así como la verificación del funcionamiento combinado de ambos sistemas. Se deja un mantenimiento más exhaustivo para la empresa instaladora del sistema auxiliar.

c) Mantenimiento correctivo

Son operaciones realizadas como consecuencia de la detección de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación, en el plan de vigilancia o en el de mantenimiento preventivo. Incluye la visita a la instalación, en los mismos plazos máximos indicados en el apartado de Garantías, cada vez que el usuario así lo requiera por avería grave de la instalación, así como el análisis y presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma. Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias.



IX.3 Garantías

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje.

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante. Asimismo se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con las mismas. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo o contratar a un tercero para realizar las oportunas reparaciones, sin perjuicio de la ejecución del aval prestado y de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación, lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá el aviso en un plazo de:

- 24 horas, si se interrumpe el suministro de agua caliente, procurando establecer un servicio mínimo hasta el correcto funcionamiento de ambos sistemas (solar y de apoyo).
- 48 horas, si la instalación solar no funciona.
- una semana, si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

ANEXO X

TABLAS DE TEMPERATURA Y RADIACIÓN

Tabla 17. Temperatura ambiente media diaria para cada mes, en °C⁸.

Ciudad	Temperatura Ambiental Media Mensual (°C)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Arica	22,3	22,4	21,7	19,9	18,0	16,7	16,1	16,2	16,8	17,9	19,3	21,2	19,1
Iquique	21,7	21,8	20,9	19,0	17,3	16,2	15,7	15,7	16,2	17,3	18,6	20,4	18,4
Calama	20,1	20,1	19,1	17,2	15,1	13,9	13,3	15,6	16,4	18,8	19,9	20,5	17,5
Antofagasta	20,0	20,0	19,1	17,1	15,8	14,6	14,1	14,3	14,9	15,9	17,2	18,9	16,8
Isla de Pascua	24,1	24,5	23,9	22,5	20,7	19,7	18,8	18,8	19,2	19,5	21,0	22,5	21,3
Copiapó	22,1	22,1	20,7	17,7	15,5	14,1	13,9	15,1	16,2	17,9	19,4	20,9	18,0
Vallenar	20,6	20,6	20,1	17,4	15,3	14,4	14,2	13,7	16,7	18,1	18,7	20,6	17,5
La Serena	17,1	17,2	16,4	14,4	12,8	11,8	11,2	11,7	12,4	13,5	14,8	16,2	14,1
Santiago (Pudahuel)	21,0	20,2	18,4	14,7	11,0	9,2	8,4	9,8	11,9	14,5	17,4	19,8	14,7
Santiago (Q. Normal)	21,0	20,0	19,1	16,0	13,3	10,8	10,5	11,1	13,0	16,8	21,3	19,8	16,1
R. Crusoe	18,9	18,8	18,4	16,9	15,5	14,3	13,1	12,8	13,0	13,8	15,4	17,5	15,7
Santo Domingo	17,8	17,9	16,6	14,5	12,4	11,8	11,4	12,1	12,8	14,1	15,6	17,2	14,5
Curicó	23,5	22,8	18,9	14,0	10,6	9,2	7,5	9,4	12,2	15,2	18,5	21,8	15,3
Chillán	23,1	22,2	19,2	15,2	11,5	9,1	7,7	10,6	12,3	15,4	17,9	21,2	15,5
Concepción	16,8	16,3	15,0	12,8	11,2	10,1	9,3	10,0	10,9	12,4	14,3	16,0	12,9
Temuco	16,2	16,1	14,1	11,5	9,6	8,3	7,4	8,3	9,4	11,3	13,0	15,0	11,7
Valdivia	18,6	18,4	16,0	12,3	10,5	8,4	7,7	9,0	10,5	12,9	15,0	17,8	13,1
Puerto Montt	14,0	13,9	12,5	10,3	8,9	7,2	6,7	7,3	8,2	9,9	11,4	13,3	10,3
Coyhaique	15,3	16,0	12,2	9,4	5,8	2,7	2,5	5,2	7,3	10,3	11,5	13,9	9,3
Punta Arenas	10,5	10,4	8,6	6,8	4,2	1,7	1,6	2,7	4,4	6,3	8,4	9,8	6,3

Tabla 18. Temperatura ambiente media diaria para cada mes durante las horas de sol, en °C⁹.

Ciudad													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Arica	23,2	23,4	22,7	20,9	19,0	17,5	16,8	16,8	17,4	18,7	20,1	22,0	19,9
Iquique	22,7	22,8	22,0	20,0	18,2	16,8	16,3	16,3	16,8	18,0	19,4	21,3	19,2
Calama	21,5	21,7	20,8	19,3	17,4	16,4	15,8	17,9	18,5	20,6	21,4	21,9	19,4
Antofagasta	20,9	20,9	20,1	18,1	16,7	15,5	14,9	15,1	15,7	16,7	18,1	19,8	17,7
Isla de Pascua	24,9	25,4	24,7	23,3	21,4	20,5	19,5	19,5	19,9	20,3	21,8	23,3	22,1
Copiapó	23,7	23,7	22,4	19,4	17,2	15,8	15,7	16,9	18,1	19,6	21,0	22,5	19,7
Vallenar	22,1	22,0	21,3	18,8	16,9	16,0	15,8	15,4	18,3	19,4	19,9	21,7	19,0
La Serena	18,2	18,3	17,4	15,5	13,9	13,0	12,5	12,9	13,6	14,6	15,8	17,3	15,2
Santiago (Pudahuel)	23,3	22,7	20,9	17,0	13,2	11,1	10,4	11,8	13,9	16,7	19,7	22,1	16,9
Santiago (Q. Normal)	23,3	22,6	21,7	18,5	15,3	13,1	12,8	13,5	15,6	19,3	23,2	22,1	18,4
R. Crusoe	19,6	19,5	19,1	17,5	16,1	14,9	13,7	13,4	13,6	14,3	16,0	18,1	16,3
Santo Domingo	18,5	18,7	17,7	16,0	13,9	13,2	12,8	13,4	14,0	15,2	16,5	17,9	15,7
Curicó	25,2	24,5	20,9	15,9	12,2	10,3	8,8	10,9	13,7	16,7	20,2	23,5	16,9
Chillán	25,0	24,2	20,7	16,6	12,7	10,0	8,9	11,7	13,5	16,6	19,2	22,8	16,8
Concepción	18,4	17,9	16,6	14,3	12,4	11,1	10,4	11,2	12,1	13,7	15,6	17,6	14,3
Temuco	18,3	18,4	16,2	13,2	11,0	9,4	8,6	9,7	10,9	12,9	14,7	16,9	13,3
Valdivia	19,7	19,7	17,2	13,4	11,3	9,1	8,5	9,9	11,5	13,9	15,9	18,8	14,1
Puerto Montt	15,4	15,4	13,9	11,6	10,0	8,2	7,6	8,4	9,4	11,1	12,7	14,6	11,5
Coyhaique	16,2	17,1	13,3	10,5	6,7	3,4	3,3	6,1	8,2	11,2	12,4	14,7	10,3
Punta Arenas	11,4	11,3	9,4	7,6	4,8	2,2	2,1	3,3	5,1	7,2	9,4	10,7	7,1

9 Valores corresponden a la media de una curva sinusoidal ajustada a los datos diarios y con el supuesto de que la T° máx. diaria se registra a las 16:00.

Tabla 19. Altitud, Latitud, Longitud y Temperatura mínima histórica
(la más baja que se haya medido desde el primer año del que se conservan registros).

Ciudad	Lat (°)	Long. (°)	Altura (m)	T ^a mínima histórica
Arica	-18,35	-70,33	59	7
Iquique	-20,53	-70,18	52	9
Calama	-22,50	-68,90	2320	-8
Antofagasta	-23,43	-70,45	120	6
Isla de Pascua	-27,16	-109,43	47	4
Copiapó	-27,30	-70,41	291	-1
Vallenar	-28,60	-70,76	538	-2
La Serena	-29,91	-71,20	146	0
Santiago (Pudahuel)	-33,38	-70,78	476	-6
Santiago (Q. Normal)	-33,43	-70,68	520	-3
R. Crusoe	-33,61	-78,81	30	1
Santo Domingo	-33,65	-71,61	75	-2
Curicó	-34,96	-71,21	242	-11
Chillán	-36,58	-72,03	148	-4
Concepción	-36,76	-73,06	16	-6
Temuco	-38,76	-72,63	120	-6
Valdivia	-39,63	-73,06	14	-6
Puerto Montt	-41,43	-73,10	86	-6
Coyhaique	-45,91	-71,70	311	-26
Punta Arenas	-53,00	-70,85	37	-14

Tabla 20. Radiación Global Diaria Media para cada mes [MJ/(m² día)].

Ciudad		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
Arica	18° 20' S	23,3	22,7	20,8	16,3	14,0	11,3	11,0	12,2	16,1	19,2	22,6	22,0
Calama	22° 29' S	29,1	26,1	23,9	21,0	17,3	12,0	16,8	19,8	23,3	27,5	30,0	30,6
Antofagasta	23° 26' S	24,1	22,8	20,1	15,8	12,6	11,2	12,0	14,1	17,7	21,4	23,8	24,7
Isla Pascua	27° 10' S	24,2	22,4	18,3	14,3	10,9	9,6	10,2	12,7	16,3	20,0	22,6	23,8
Copiapó	27° 18' S	26,4	24,1	20,3	15,1	11,8	11,0	12,0	14,7	19,1	23,2	25,8	25,8
Vallenar	28° 36' S	25,3	23,4	19,8	14,9	11,0	9,7	11,0	14,1	17,6	22,6	25,2	26,0
Pudahuel	33° 23' S	28,0	24,8	19,3	13,1	8,9	6,6	7,8	10,4	14,8	20,3	26,3	28,3
Curicó	34° 58' S	22,7	22,5	17,5	11,4	6,6	4,6	6,0	8,4	12,9	17,6	22,4	24,3
Concepción	36° 46' S	25,4	21,6	16,6	10,6	6,6	5,0	6,3	9,0	12,8	17,7	21,9	24,4
Temuco	38° 45' S	24,8	21,7	15,9	9,7	5,8	4,4	5,1	8,0	12,0	17,9	20,9	25,0
Pto. Montt	41° 25' S	20,1	19,1	12,6	8,5	5,0	3,6	4,3	6,8	10,1	13,6	16,9	19,0
Coyhaique	45° 35' S	21,4	18,8	13,3	8,4	4,4	3,4	4,2	6,9	11,4	16,2	20,2	22,4
Pta. Arenas	53° 0' S	19,4	14,3	10,6	5,7	3,0	2,0	2,5	4,9	9,3	15,7	19,2	20,7



Tablas de factor de corrección k para superficies inclinadas. Representa el cociente entre la energía total incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal.

Tabla 21.

Lat = 18° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,07	1,07	1,05	1,02	1,00	0,99	0,98	
	10	0,96	0,99	1,03	1,07	1,12	1,14	1,13	1,09	1,04	1,00	0,97	0,95	
	15	0,93	0,98	1,03	1,10	1,17	1,20	1,18	1,12	1,05	0,99	0,94	0,92	
	20	0,90	0,96	1,03	1,13	1,21	1,25	1,23	1,15	1,06	0,97	0,91	0,89	
	25	0,86	0,93	1,03	1,14	1,24	1,30	1,27	1,18	1,06	0,95	0,88	0,84	
	30	0,82	0,90	1,02	1,15	1,27	1,33	1,30	1,19	1,05	0,93	0,84	0,80	
	35	0,78	0,87	1,00	1,15	1,29	1,37	1,33	1,20	1,04	0,90	0,79	0,75	
	40	0,73	0,83	0,97	1,15	1,31	1,39	1,35	1,20	1,02	0,86	0,74	0,70	
	45	0,67	0,78	0,94	1,14	1,31	1,40	1,36	1,20	1,00	0,82	0,69	0,64	
	50	0,61	0,73	0,91	1,12	1,31	1,41	1,36	1,19	0,97	0,77	0,63	0,58	
	55	0,55	0,68	0,87	1,10	1,30	1,41	1,35	1,17	0,93	0,72	0,57	0,52	
	60	0,49	0,62	0,82	1,06	1,29	1,40	1,34	1,14	0,89	0,66	0,51	0,45	
	65	0,42	0,56	0,77	1,03	1,26	1,38	1,32	1,11	0,84	0,60	0,45	0,39	
	70	0,36	0,49	0,71	0,98	1,23	1,35	1,28	1,06	0,78	0,54	0,38	0,33	
	75	0,30	0,42	0,65	0,93	1,18	1,31	1,24	1,01	0,72	0,47	0,32	0,27	
	80	0,24	0,36	0,58	0,87	1,13	1,27	1,20	0,96	0,66	0,41	0,26	0,21	
	85	0,19	0,29	0,51	0,80	1,07	1,21	1,14	0,90	0,59	0,34	0,21	0,18	
	90	0,18	0,23	0,44	0,73	1,01	1,15	1,07	0,83	0,52	0,27	0,18	0,18	

Tabla 22.

Lat = 20° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	0,99	1,00	1,02	1,04	1,07	1,08	1,07	1,05	1,03	1,00	0,99	0,98	
	10	0,97	0,99	1,03	1,08	1,12	1,15	1,13	1,10	1,05	1,00	0,97	0,96	
	15	0,94	0,98	1,04	1,11	1,18	1,21	1,19	1,14	1,06	1,00	0,95	0,93	
	20	0,91	0,97	1,04	1,14	1,22	1,27	1,24	1,17	1,07	0,98	0,92	0,89	
	25	0,88	0,94	1,04	1,16	1,26	1,32	1,29	1,19	1,07	0,97	0,89	0,86	
	30	0,84	0,92	1,03	1,17	1,30	1,36	1,33	1,21	1,07	0,94	0,85	0,81	
	35	0,79	0,88	1,02	1,18	1,32	1,40	1,36	1,23	1,06	0,91	0,81	0,76	
	40	0,74	0,84	0,99	1,17	1,34	1,42	1,38	1,23	1,04	0,88	0,76	0,71	
	45	0,69	0,80	0,97	1,17	1,35	1,44	1,39	1,23	1,02	0,84	0,71	0,66	
	50	0,64	0,75	0,93	1,15	1,35	1,45	1,40	1,22	0,99	0,79	0,65	0,60	
	55	0,58	0,70	0,89	1,13	1,34	1,46	1,40	1,20	0,96	0,74	0,60	0,54	
	60	0,51	0,64	0,85	1,10	1,33	1,45	1,39	1,18	0,92	0,69	0,54	0,48	
	65	0,45	0,58	0,80	1,06	1,31	1,43	1,37	1,15	0,87	0,63	0,47	0,41	
	70	0,39	0,52	0,74	1,02	1,27	1,41	1,34	1,11	0,82	0,57	0,41	0,35	
	75	0,32	0,45	0,68	0,97	1,23	1,37	1,30	1,06	0,76	0,50	0,34	0,29	
	80	0,26	0,39	0,62	0,91	1,18	1,33	1,25	1,00	0,70	0,44	0,28	0,23	
	85	0,21	0,32	0,55	0,85	1,13	1,27	1,20	0,94	0,63	0,37	0,22	0,19	
90	0,18	0,25	0,47	0,78	1,06	1,21	1,13	0,87	0,55	0,30	0,19	0,18		

Tabla 23.

Lat = 22° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	0,99	1,00	1,02	1,05	1,07	1,08	1,07	1,05	1,03	1,01	0,99	0,98	
	10	0,97	1,00	1,04	1,09	1,13	1,16	1,14	1,10	1,05	1,01	0,98	0,96	
	15	0,95	0,99	1,05	1,12	1,19	1,22	1,21	1,15	1,07	1,00	0,96	0,94	
	20	0,92	0,98	1,06	1,15	1,24	1,29	1,26	1,18	1,08	0,99	0,93	0,90	
	25	0,89	0,96	1,05	1,17	1,29	1,34	1,31	1,21	1,09	0,98	0,90	0,87	
	30	0,85	0,93	1,05	1,19	1,32	1,39	1,35	1,23	1,09	0,96	0,86	0,83	
	35	0,81	0,90	1,03	1,20	1,35	1,43	1,39	1,25	1,08	0,93	0,82	0,78	
	40	0,76	0,86	1,02	1,20	1,37	1,46	1,41	1,26	1,07	0,90	0,78	0,73	
	45	0,71	0,82	0,99	1,20	1,39	1,48	1,43	1,26	1,05	0,86	0,73	0,68	
	50	0,66	0,77	0,96	1,18	1,39	1,50	1,44	1,25	1,02	0,82	0,68	0,62	
	55	0,60	0,72	0,92	1,16	1,39	1,50	1,44	1,24	0,99	0,77	0,62	0,56	
	60	0,54	0,67	0,88	1,14	1,38	1,50	1,43	1,22	0,95	0,72	0,56	0,50	
	65	0,48	0,61	0,83	1,10	1,36	1,49	1,42	1,19	0,90	0,66	0,50	0,44	
	70	0,41	0,55	0,77	1,06	1,33	1,46	1,39	1,15	0,85	0,60	0,43	0,37	
	75	0,35	0,48	0,71	1,01	1,29	1,43	1,36	1,10	0,80	0,53	0,37	0,31	
	80	0,29	0,41	0,65	0,95	1,24	1,39	1,31	1,05	0,73	0,47	0,31	0,25	
	85	0,23	0,35	0,58	0,89	1,18	1,34	1,26	0,99	0,67	0,40	0,25	0,21	
	90	0,19	0,28	0,51	0,82	1,12	1,27	1,19	0,92	0,59	0,33	0,20	0,18	



Tabla 24.

Lat = 24° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	0,99	1,00	1,03	1,05	1,07	1,09	1,08	1,06	1,03	1,01	0,99	0,99	0,99
	10	0,98	1,00	1,05	1,10	1,14	1,16	1,15	1,11	1,06	1,01	0,98	0,97	0,97
	15	0,96	1,00	1,06	1,13	1,20	1,24	1,22	1,16	1,08	1,01	0,96	0,94	0,94
	20	0,93	0,99	1,07	1,17	1,26	1,31	1,28	1,20	1,09	1,00	0,94	0,91	0,91
	25	0,90	0,97	1,07	1,19	1,31	1,37	1,33	1,23	1,10	0,99	0,91	0,88	0,88
	30	0,87	0,94	1,06	1,21	1,35	1,42	1,38	1,26	1,11	0,97	0,88	0,84	0,84
	35	0,83	0,92	1,05	1,22	1,38	1,46	1,42	1,28	1,10	0,95	0,84	0,80	0,80
	40	0,78	0,88	1,04	1,23	1,41	1,50	1,45	1,29	1,09	0,92	0,80	0,75	0,75
	45	0,73	0,84	1,01	1,23	1,43	1,53	1,47	1,29	1,07	0,88	0,75	0,70	0,70
	50	0,68	0,80	0,98	1,22	1,43	1,55	1,49	1,29	1,05	0,84	0,70	0,64	0,64
	55	0,62	0,75	0,95	1,20	1,43	1,55	1,49	1,28	1,02	0,79	0,64	0,58	0,58
	60	0,56	0,70	0,91	1,17	1,43	1,55	1,49	1,26	0,98	0,74	0,58	0,52	0,52
	65	0,50	0,64	0,86	1,14	1,41	1,55	1,47	1,23	0,94	0,69	0,52	0,46	0,46
	70	0,44	0,58	0,81	1,10	1,38	1,53	1,45	1,20	0,89	0,63	0,46	0,40	0,40
	75	0,37	0,51	0,75	1,05	1,34	1,50	1,42	1,15	0,83	0,56	0,40	0,34	0,34
	80	0,31	0,44	0,69	1,00	1,30	1,46	1,37	1,10	0,77	0,50	0,33	0,28	0,28
	85	0,25	0,38	0,62	0,94	1,24	1,40	1,32	1,04	0,70	0,43	0,27	0,22	0,22
90	0,20	0,31	0,54	0,87	1,18	1,34	1,26	0,97	0,63	0,36	0,22	0,19	0,19	

Tabla 25.

Lat = 26° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	0,99	1,01	1,03	1,05	1,08	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	1,00	0,99	0,99
	10	0,98	1,01	1,05	1,10	1,15	1,18	1,16	1,12	1,07	1,02	0,99	0,97	0,97
	15	0,96	1,01	1,07	1,14	1,22	1,25	1,23	1,17	1,09	1,02	0,97	0,95	0,95
	20	0,94	1,00	1,08	1,18	1,28	1,33	1,30	1,21	1,11	1,01	0,95	0,92	0,92
	25	0,91	0,98	1,08	1,21	1,33	1,39	1,36	1,25	1,12	1,00	0,92	0,89	0,89
	30	0,88	0,96	1,08	1,23	1,38	1,45	1,41	1,28	1,12	0,99	0,89	0,85	0,85
	35	0,84	0,93	1,07	1,25	1,41	1,50	1,45	1,30	1,12	0,97	0,86	0,81	0,81
	40	0,80	0,90	1,06	1,26	1,44	1,54	1,49	1,32	1,11	0,94	0,82	0,77	0,77
	45	0,75	0,86	1,04	1,26	1,47	1,57	1,52	1,33	1,10	0,90	0,77	0,72	0,72
	50	0,70	0,82	1,01	1,25	1,48	1,60	1,53	1,33	1,08	0,86	0,72	0,66	0,66
	55	0,65	0,77	0,98	1,24	1,48	1,61	1,54	1,32	1,05	0,82	0,67	0,61	0,61
	60	0,59	0,72	0,94	1,21	1,48	1,61	1,54	1,30	1,01	0,77	0,61	0,55	0,55
	65	0,53	0,67	0,89	1,18	1,46	1,61	1,53	1,28	0,97	0,72	0,55	0,49	0,49
	70	0,46	0,60	0,84	1,15	1,44	1,59	1,51	1,24	0,92	0,66	0,49	0,42	0,42
	75	0,40	0,54	0,78	1,10	1,40	1,56	1,48	1,20	0,87	0,60	0,42	0,36	0,36
	80	0,34	0,47	0,72	1,05	1,36	1,53	1,44	1,15	0,81	0,53	0,36	0,30	0,30
	85	0,28	0,41	0,65	0,99	1,31	1,48	1,39	1,09	0,74	0,46	0,30	0,24	0,24
90	0,22	0,34	0,58	0,92	1,25	1,42	1,33	1,03	0,67	0,39	0,24	0,20	0,20	

Tabla 26.

Lat = 28° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	1,00	1,01	1,03	1,06	1,08	1,10	1,09	1,07	1,04	1,01	1,00	1,00	0,99
	10	0,99	1,01	1,06	1,11	1,16	1,19	1,17	1,13	1,07	1,02	0,99	0,98	
	15	0,97	1,01	1,08	1,16	1,23	1,27	1,25	1,18	1,10	1,03	0,98	0,96	
	20	0,95	1,01	1,09	1,20	1,30	1,35	1,32	1,23	1,12	1,03	0,96	0,93	
	25	0,92	0,99	1,10	1,23	1,35	1,42	1,38	1,27	1,13	1,02	0,94	0,90	
	30	0,89	0,97	1,10	1,26	1,40	1,48	1,44	1,31	1,14	1,00	0,91	0,87	
	35	0,86	0,95	1,09	1,27	1,45	1,54	1,49	1,33	1,14	0,98	0,87	0,83	
	40	0,82	0,92	1,08	1,29	1,48	1,58	1,53	1,35	1,14	0,96	0,83	0,78	
	45	0,77	0,88	1,06	1,29	1,51	1,62	1,56	1,36	1,13	0,93	0,79	0,74	
	50	0,72	0,84	1,04	1,29	1,52	1,65	1,58	1,37	1,11	0,89	0,74	0,68	
	55	0,67	0,80	1,01	1,27	1,53	1,67	1,60	1,36	1,08	0,85	0,69	0,63	
	60	0,61	0,75	0,97	1,26	1,53	1,68	1,60	1,35	1,05	0,80	0,63	0,57	
	65	0,55	0,69	0,93	1,23	1,52	1,67	1,59	1,33	1,01	0,75	0,57	0,51	
	70	0,49	0,63	0,88	1,19	1,50	1,66	1,57	1,30	0,96	0,69	0,51	0,45	
	75	0,43	0,57	0,82	1,15	1,47	1,64	1,55	1,26	0,91	0,63	0,45	0,39	
	80	0,36	0,50	0,76	1,10	1,43	1,60	1,51	1,21	0,85	0,56	0,39	0,33	
	85	0,30	0,44	0,69	1,04	1,38	1,56	1,46	1,15	0,79	0,49	0,32	0,27	
90	0,24	0,37	0,62	0,97	1,32	1,50	1,40	1,09	0,71	0,42	0,26	0,22		



Tabla 27.

Lat = 30° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	1,00	1,01	1,03	1,06	1,09	1,10	1,09	1,07	1,04	1,02	1,00	0,99	0,99
	10	0,99	1,02	1,06	1,12	1,17	1,20	1,18	1,14	1,08	1,03	1,00	0,98	0,98
	15	0,98	1,02	1,09	1,17	1,25	1,29	1,27	1,20	1,11	1,04	0,99	0,96	0,96
	20	0,96	1,02	1,10	1,21	1,32	1,37	1,34	1,25	1,13	1,04	0,97	0,94	0,94
	25	0,94	1,01	1,11	1,25	1,38	1,45	1,41	1,29	1,15	1,03	0,95	0,91	0,91
	30	0,91	0,99	1,12	1,28	1,44	1,52	1,47	1,33	1,16	1,02	0,92	0,88	0,88
	35	0,87	0,97	1,11	1,30	1,48	1,58	1,53	1,36	1,17	1,00	0,89	0,84	0,84
	40	0,83	0,94	1,11	1,32	1,52	1,63	1,57	1,39	1,16	0,98	0,85	0,80	0,80
	45	0,79	0,91	1,09	1,32	1,55	1,67	1,61	1,40	1,15	0,95	0,81	0,76	0,76
	50	0,74	0,87	1,07	1,32	1,57	1,71	1,64	1,41	1,14	0,91	0,76	0,71	0,71
	55	0,69	0,82	1,04	1,32	1,59	1,73	1,65	1,41	1,11	0,87	0,71	0,65	0,65
	60	0,64	0,77	1,00	1,30	1,59	1,74	1,66	1,40	1,08	0,83	0,66	0,59	0,59
	65	0,58	0,72	0,96	1,27	1,58	1,75	1,66	1,38	1,05	0,77	0,60	0,54	0,54
	70	0,52	0,66	0,91	1,24	1,56	1,74	1,64	1,35	1,00	0,72	0,54	0,47	0,47
	75	0,45	0,60	0,86	1,20	1,54	1,72	1,62	1,31	0,95	0,66	0,48	0,41	0,41
	80	0,39	0,54	0,80	1,15	1,50	1,69	1,59	1,27	0,89	0,59	0,41	0,35	0,35
	85	0,33	0,47	0,73	1,09	1,45	1,64	1,54	1,21	0,83	0,52	0,35	0,29	0,29
90	0,27	0,40	0,66	1,02	1,39	1,59	1,48	1,15	0,76	0,45	0,29	0,24	0,24	

Tabla 28.

Lat = 32° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	1,00	1,02	1,04	1,07	1,09	1,11	1,10	1,08	1,05	1,02	1,00	1,00	1,00
	10	1,00	1,02	1,07	1,13	1,18	1,21	1,20	1,15	1,09	1,03	1,00	0,99	0,99
	15	0,98	1,03	1,10	1,18	1,26	1,31	1,28	1,21	1,12	1,04	0,99	0,99	0,97
	20	0,97	1,03	1,12	1,23	1,34	1,40	1,37	1,27	1,15	1,05	0,98	0,98	0,95
	25	0,95	1,02	1,13	1,27	1,41	1,48	1,44	1,32	1,17	1,04	0,96	0,96	0,93
	30	0,92	1,00	1,14	1,30	1,47	1,56	1,51	1,36	1,18	1,03	0,93	0,93	0,89
	35	0,89	0,98	1,14	1,33	1,52	1,63	1,57	1,40	1,19	1,02	0,90	0,90	0,86
	40	0,85	0,96	1,13	1,35	1,57	1,68	1,62	1,42	1,19	1,00	0,87	0,87	0,82
	45	0,81	0,93	1,12	1,36	1,60	1,73	1,66	1,44	1,18	0,97	0,83	0,83	0,77
	50	0,76	0,89	1,10	1,36	1,63	1,77	1,69	1,45	1,17	0,94	0,79	0,79	0,73
	55	0,71	0,85	1,07	1,36	1,64	1,80	1,72	1,46	1,15	0,90	0,74	0,74	0,67
	60	0,66	0,80	1,04	1,35	1,65	1,82	1,73	1,45	1,12	0,85	0,68	0,68	0,62
	65	0,60	0,75	1,00	1,32	1,65	1,83	1,73	1,43	1,08	0,80	0,63	0,63	0,56
	70	0,54	0,69	0,95	1,29	1,63	1,82	1,72	1,41	1,04	0,75	0,57	0,57	0,50
	75	0,48	0,63	0,90	1,25	1,61	1,81	1,70	1,37	0,99	0,69	0,51	0,51	0,44
	80	0,42	0,57	0,84	1,20	1,57	1,78	1,67	1,33	0,94	0,63	0,44	0,44	0,38
	85	0,35	0,50	0,77	1,15	1,53	1,74	1,62	1,27	0,87	0,56	0,38	0,38	0,32
90	0,29	0,43	0,70	1,08	1,47	1,69	1,57	1,21	0,80	0,49	0,31	0,31	0,26	



Tabla 29.

Lat = 34° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	1,00	1,02	1,04	1,07	1,10	1,12	1,11	1,08	1,05	1,02	1,01	1,00	1,00
	10	1,00	1,03	1,08	1,14	1,19	1,23	1,21	1,16	1,09	1,04	1,00	0,99	0,99
	15	0,99	1,04	1,11	1,19	1,28	1,33	1,30	1,22	1,13	1,05	1,00	0,98	0,98
	20	0,98	1,04	1,13	1,25	1,36	1,43	1,39	1,29	1,16	1,06	0,99	0,96	0,96
	25	0,96	1,03	1,14	1,29	1,44	1,52	1,48	1,34	1,18	1,06	0,97	0,94	0,94
	30	0,93	1,02	1,15	1,33	1,50	1,60	1,55	1,39	1,20	1,05	0,95	0,91	0,91
	35	0,90	1,00	1,16	1,36	1,56	1,67	1,62	1,43	1,21	1,04	0,92	0,87	0,87
	40	0,87	0,98	1,15	1,38	1,61	1,74	1,67	1,46	1,22	1,02	0,89	0,84	0,84
	45	0,83	0,95	1,14	1,40	1,65	1,79	1,72	1,49	1,21	0,99	0,85	0,79	0,79
	50	0,79	0,92	1,13	1,41	1,69	1,84	1,76	1,50	1,20	0,96	0,81	0,75	0,75
	55	0,74	0,88	1,10	1,40	1,71	1,87	1,79	1,51	1,18	0,93	0,76	0,70	0,70
	60	0,68	0,83	1,07	1,39	1,72	1,90	1,80	1,50	1,16	0,88	0,71	0,64	0,64
	65	0,63	0,78	1,03	1,37	1,72	1,91	1,81	1,49	1,13	0,84	0,65	0,59	0,59
	70	0,57	0,72	0,99	1,35	1,71	1,91	1,81	1,47	1,08	0,78	0,59	0,53	0,53
	75	0,51	0,66	0,94	1,31	1,69	1,90	1,79	1,44	1,04	0,72	0,53	0,46	0,46
	80	0,44	0,60	0,88	1,26	1,66	1,88	1,76	1,39	0,98	0,66	0,47	0,40	0,40
	85	0,38	0,53	0,82	1,21	1,61	1,84	1,72	1,34	0,92	0,59	0,40	0,34	0,34
90	0,32	0,46	0,75	1,14	1,56	1,79	1,66	1,28	0,85	0,52	0,34	0,28	0,28	

Tabla 30.

Lat = 36° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	1,01	1,02	1,04	1,08	1,11	1,12	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01	1,00	1,00
	10	1,00	1,04	1,08	1,14	1,21	1,24	1,22	1,17	1,10	1,05	1,01	1,00	1,00
	15	1,00	1,04	1,12	1,21	1,30	1,35	1,32	1,24	1,14	1,06	1,01	0,98	0,98
	20	0,99	1,05	1,14	1,27	1,39	1,45	1,42	1,31	1,17	1,07	1,00	0,97	0,97
	25	0,97	1,04	1,16	1,32	1,47	1,55	1,51	1,37	1,20	1,07	0,98	0,95	0,95
	30	0,95	1,04	1,17	1,36	1,54	1,64	1,59	1,42	1,22	1,07	0,96	0,92	0,92
	35	0,92	1,02	1,18	1,39	1,61	1,72	1,66	1,46	1,24	1,06	0,94	0,89	0,89
	40	0,89	1,00	1,18	1,42	1,66	1,79	1,73	1,50	1,25	1,04	0,91	0,85	0,85
	45	0,85	0,97	1,17	1,44	1,71	1,86	1,78	1,53	1,24	1,02	0,87	0,81	0,81
	50	0,81	0,94	1,16	1,45	1,75	1,91	1,82	1,55	1,24	0,99	0,83	0,77	0,77
	55	0,76	0,90	1,14	1,45	1,77	1,95	1,86	1,56	1,22	0,95	0,78	0,72	0,72
	60	0,71	0,86	1,11	1,45	1,79	1,98	1,88	1,56	1,20	0,91	0,73	0,67	0,67
	65	0,65	0,81	1,07	1,43	1,80	2,00	1,89	1,55	1,17	0,87	0,68	0,61	0,61
	70	0,60	0,76	1,03	1,40	1,79	2,01	1,89	1,53	1,13	0,82	0,62	0,55	0,55
	75	0,54	0,70	0,98	1,37	1,78	2,00	1,88	1,50	1,08	0,76	0,56	0,49	0,49
	80	0,47	0,63	0,92	1,33	1,75	1,98	1,86	1,46	1,03	0,70	0,50	0,43	0,43
	85	0,41	0,57	0,86	1,27	1,70	1,95	1,82	1,41	0,97	0,63	0,43	0,37	0,37
90	0,34	0,50	0,79	1,21	1,65	1,90	1,77	1,35	0,90	0,56	0,37	0,31	0,31	

Tabla 31.

Lat = 38° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	1,01	1,02	1,05	1,08	1,11	1,13	1,12	1,09	1,06	1,03	1,01	1,00	1,00
	10	1,01	1,04	1,09	1,15	1,22	1,25	1,24	1,18	1,11	1,05	1,01	1,00	1,00
	15	1,01	1,05	1,13	1,22	1,32	1,37	1,35	1,26	1,15	1,07	1,01	0,99	0,99
	20	1,00	1,06	1,16	1,29	1,42	1,48	1,45	1,33	1,19	1,08	1,01	0,98	0,98
	25	0,98	1,06	1,18	1,34	1,50	1,59	1,54	1,39	1,22	1,08	0,99	0,96	0,96
	30	0,96	1,05	1,20	1,39	1,58	1,69	1,63	1,45	1,25	1,08	0,98	0,93	0,93
	35	0,94	1,04	1,20	1,43	1,66	1,78	1,71	1,50	1,26	1,08	0,95	0,90	0,90
	40	0,90	1,02	1,21	1,46	1,72	1,86	1,78	1,54	1,27	1,06	0,92	0,87	0,87
	45	0,87	1,00	1,20	1,48	1,77	1,93	1,84	1,58	1,28	1,04	0,89	0,83	0,83
	50	0,83	0,97	1,19	1,50	1,82	1,99	1,90	1,60	1,27	1,02	0,85	0,79	0,79
	55	0,78	0,93	1,17	1,51	1,85	2,04	1,94	1,62	1,26	0,98	0,81	0,74	0,74
	60	0,73	0,89	1,15	1,50	1,87	2,07	1,97	1,62	1,24	0,94	0,76	0,69	0,69
	65	0,68	0,84	1,11	1,49	1,88	2,10	1,98	1,62	1,21	0,90	0,71	0,64	0,64
	70	0,62	0,79	1,07	1,47	1,88	2,11	1,99	1,60	1,18	0,85	0,65	0,58	0,58
	75	0,56	0,73	1,02	1,43	1,87	2,11	1,98	1,58	1,13	0,79	0,59	0,52	0,52
	80	0,50	0,67	0,97	1,39	1,84	2,10	1,96	1,54	1,08	0,73	0,53	0,46	0,46
	85	0,44	0,60	0,91	1,34	1,81	2,07	1,93	1,49	1,02	0,67	0,46	0,39	0,39
90	0,37	0,53	0,84	1,28	1,76	2,02	1,88	1,43	0,95	0,60	0,40	0,33	0,33	

Tabla 32.

Lat = 40° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	1,01	1,03	1,05	1,09	1,12	1,14	1,13	1,10	1,06	1,03	1,01	1,00	1,00
	10	1,01	1,05	1,10	1,17	1,23	1,27	1,25	1,19	1,11	1,06	1,02	1,00	1,00
	15	1,01	1,06	1,14	1,24	1,34	1,40	1,37	1,27	1,16	1,08	1,02	1,00	1,00
	20	1,00	1,07	1,17	1,31	1,44	1,52	1,48	1,35	1,21	1,09	1,02	0,99	0,99
	25	0,99	1,07	1,20	1,37	1,54	1,63	1,58	1,42	1,24	1,10	1,01	0,97	0,97
	30	0,97	1,07	1,22	1,42	1,63	1,74	1,68	1,49	1,27	1,10	0,99	0,95	0,95
	35	0,95	1,06	1,23	1,46	1,71	1,84	1,77	1,54	1,29	1,10	0,97	0,92	0,92
	40	0,92	1,04	1,24	1,50	1,78	1,92	1,84	1,59	1,31	1,08	0,94	0,89	0,89
	45	0,89	1,02	1,23	1,53	1,84	2,00	1,91	1,63	1,31	1,07	0,91	0,85	0,85
	50	0,85	0,99	1,23	1,55	1,89	2,07	1,97	1,66	1,31	1,04	0,87	0,81	0,81
	55	0,81	0,96	1,21	1,56	1,93	2,13	2,02	1,68	1,30	1,01	0,83	0,76	0,76
	60	0,76	0,92	1,19	1,56	1,96	2,17	2,06	1,69	1,28	0,98	0,78	0,71	0,71
	65	0,71	0,87	1,15	1,55	1,97	2,21	2,08	1,69	1,26	0,93	0,73	0,66	0,66
	70	0,65	0,82	1,12	1,53	1,98	2,23	2,09	1,68	1,22	0,88	0,68	0,60	0,60
	75	0,59	0,76	1,07	1,50	1,97	2,23	2,09	1,65	1,18	0,83	0,62	0,54	0,54
	80	0,53	0,70	1,02	1,46	1,95	2,23	2,08	1,62	1,13	0,77	0,56	0,48	0,48
	85	0,47	0,64	0,95	1,41	1,92	2,20	2,05	1,58	1,07	0,70	0,49	0,42	0,42
90	0,40	0,57	0,89	1,35	1,87	2,16	2,00	1,52	1,01	0,63	0,43	0,36	0,36	

Tabla 33.

Lat = 42° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	1,01	1,03	1,05	1,09	1,13	1,15	1,14	1,10	1,06	1,03	1,01	1,01	1,01
	10	1,02	1,05	1,10	1,18	1,25	1,29	1,27	1,20	1,12	1,06	1,02	1,01	1,01
	15	1,02	1,07	1,15	1,26	1,37	1,43	1,39	1,29	1,18	1,09	1,03	1,00	1,00
	20	1,01	1,08	1,18	1,33	1,48	1,56	1,51	1,38	1,22	1,10	1,03	1,00	1,00
	25	1,00	1,08	1,21	1,39	1,58	1,68	1,62	1,45	1,26	1,11	1,02	0,98	0,98
	30	0,99	1,08	1,24	1,45	1,67	1,80	1,73	1,52	1,29	1,12	1,00	0,96	0,96
	35	0,97	1,08	1,26	1,50	1,76	1,91	1,82	1,59	1,32	1,12	0,99	0,94	0,94
	40	0,94	1,06	1,26	1,54	1,84	2,01	1,91	1,64	1,34	1,11	0,96	0,90	0,90
	45	0,91	1,04	1,27	1,58	1,91	2,09	1,99	1,68	1,35	1,09	0,93	0,87	0,87
	50	0,87	1,02	1,26	1,60	1,96	2,17	2,05	1,72	1,35	1,07	0,90	0,83	0,83
	55	0,83	0,99	1,25	1,62	2,01	2,24	2,11	1,74	1,34	1,04	0,86	0,79	0,79
	60	0,78	0,95	1,23	1,62	2,05	2,29	2,16	1,76	1,33	1,01	0,81	0,74	0,74
	65	0,73	0,90	1,20	1,62	2,07	2,34	2,19	1,76	1,31	0,97	0,76	0,69	0,69
	70	0,68	0,85	1,16	1,60	2,08	2,36	2,21	1,76	1,28	0,92	0,71	0,63	0,63
	75	0,62	0,80	1,12	1,58	2,08	2,38	2,21	1,74	1,24	0,87	0,65	0,57	0,57
	80	0,56	0,74	1,06	1,54	2,06	2,38	2,20	1,71	1,19	0,81	0,59	0,51	0,51
	85	0,50	0,67	1,00	1,49	2,03	2,36	2,18	1,67	1,13	0,74	0,52	0,45	0,45
	90	0,43	0,60	0,94	1,43	1,99	2,32	2,14	1,61	1,07	0,67	0,46	0,39	0,39



Tabla 34.

Lat = 44° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	1,01	1,03	1,06	1,10	1,14	1,16	1,15	1,11	1,07	1,04	1,02	1,01	1,01
	10	1,02	1,06	1,11	1,19	1,27	1,31	1,29	1,21	1,13	1,07	1,03	1,01	1,01
	15	1,03	1,08	1,16	1,27	1,39	1,46	1,42	1,31	1,19	1,10	1,03	1,01	1,01
	20	1,02	1,09	1,20	1,35	1,51	1,60	1,55	1,40	1,24	1,12	1,03	1,00	1,00
	25	1,02	1,10	1,23	1,42	1,62	1,73	1,67	1,49	1,28	1,13	1,03	0,99	0,99
	30	1,00	1,10	1,26	1,49	1,72	1,86	1,78	1,56	1,32	1,14	1,02	0,97	0,97
	35	0,98	1,10	1,28	1,54	1,82	1,97	1,89	1,63	1,35	1,14	1,00	0,95	0,95
	40	0,96	1,08	1,30	1,59	1,90	2,08	1,98	1,69	1,37	1,13	0,98	0,92	0,92
	45	0,93	1,07	1,30	1,63	1,98	2,18	2,07	1,74	1,39	1,12	0,95	0,89	0,89
	50	0,89	1,04	1,30	1,66	2,05	2,27	2,15	1,78	1,39	1,10	0,92	0,85	0,85
	55	0,85	1,01	1,29	1,68	2,10	2,35	2,21	1,82	1,39	1,07	0,88	0,81	0,81
	60	0,81	0,98	1,27	1,69	2,15	2,41	2,27	1,84	1,38	1,04	0,84	0,76	0,76
	65	0,76	0,94	1,24	1,69	2,18	2,46	2,31	1,85	1,36	1,00	0,79	0,71	0,71
	70	0,71	0,89	1,21	1,68	2,19	2,50	2,33	1,84	1,33	0,96	0,74	0,66	0,66
	75	0,65	0,83	1,17	1,66	2,20	2,52	2,35	1,83	1,29	0,90	0,68	0,60	0,60
	80	0,59	0,77	1,12	1,62	2,19	2,53	2,34	1,80	1,25	0,85	0,62	0,54	0,54
	85	0,53	0,71	1,06	1,58	2,17	2,52	2,33	1,76	1,19	0,78	0,55	0,48	0,48
90	0,46	0,64	0,99	1,52	2,13	2,49	2,29	1,71	1,13	0,71	0,49	0,41	0,41	

Tabla 35.

Lat = 46° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	1,02	1,03	1,06	1,10	1,14	1,17	1,16	1,12	1,07	1,04	1,02	1,01	
	10	1,03	1,06	1,12	1,20	1,28	1,33	1,31	1,23	1,14	1,08	1,03	1,02	
	15	1,03	1,09	1,17	1,29	1,42	1,48	1,45	1,33	1,20	1,10	1,04	1,02	
	20	1,03	1,10	1,22	1,38	1,54	1,63	1,59	1,43	1,26	1,13	1,04	1,01	
	25	1,03	1,11	1,25	1,45	1,66	1,78	1,72	1,52	1,31	1,14	1,04	1,00	
	30	1,02	1,12	1,29	1,52	1,78	1,91	1,85	1,61	1,35	1,15	1,03	0,99	
	35	1,00	1,12	1,31	1,59	1,88	2,04	1,96	1,68	1,38	1,16	1,02	0,97	
	40	0,98	1,11	1,33	1,64	1,98	2,16	2,07	1,75	1,41	1,15	1,00	0,94	
	45	0,95	1,09	1,34	1,69	2,06	2,27	2,17	1,81	1,43	1,15	0,97	0,91	
	50	0,92	1,07	1,34	1,72	2,14	2,37	2,25	1,86	1,44	1,13	0,94	0,87	
	55	0,88	1,04	1,33	1,75	2,20	2,46	2,33	1,89	1,44	1,11	0,91	0,83	
	60	0,84	1,01	1,32	1,76	2,25	2,54	2,39	1,92	1,43	1,08	0,86	0,79	
	65	0,79	0,97	1,29	1,77	2,29	2,60	2,44	1,94	1,41	1,04	0,82	0,74	
	70	0,74	0,92	1,26	1,76	2,32	2,65	2,48	1,94	1,39	0,99	0,76	0,68	
	75	0,68	0,87	1,22	1,74	2,33	2,68	2,50	1,93	1,35	0,94	0,71	0,63	
	80	0,62	0,81	1,17	1,71	2,33	2,70	2,50	1,91	1,31	0,89	0,65	0,57	
	85	0,56	0,75	1,11	1,67	2,31	2,70	2,49	1,87	1,26	0,82	0,59	0,51	
90	0,49	0,68	1,05	1,62	2,28	2,68	2,46	1,82	1,19	0,76	0,52	0,44		



Tabla 36.

Lat = 48° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	1,02	1,04	1,07	1,11	1,15	1,18	1,16	1,12	1,08	1,04	1,02	1,01	1,01
	10	1,03	1,07	1,13	1,21	1,30	1,35	1,32	1,24	1,15	1,08	1,04	1,02	1,02
	15	1,04	1,09	1,18	1,31	1,45	1,51	1,48	1,36	1,22	1,11	1,05	1,02	1,02
	20	1,04	1,11	1,23	1,40	1,59	1,68	1,63	1,46	1,28	1,14	1,05	1,02	1,02
	25	1,04	1,13	1,28	1,49	1,72	1,83	1,77	1,56	1,33	1,16	1,05	1,01	1,01
	30	1,03	1,13	1,31	1,56	1,84	1,98	1,91	1,66	1,38	1,17	1,05	1,00	1,00
	35	1,02	1,14	1,34	1,63	1,96	2,12	2,03	1,74	1,42	1,18	1,03	0,98	0,98
	40	1,00	1,13	1,36	1,69	2,06	2,25	2,15	1,82	1,45	1,18	1,02	0,96	0,96
	45	0,97	1,12	1,37	1,75	2,16	2,37	2,26	1,88	1,47	1,17	0,99	0,93	0,93
	50	0,94	1,10	1,38	1,79	2,25	2,49	2,36	1,94	1,48	1,16	0,96	0,89	0,89
	55	0,90	1,07	1,38	1,82	2,32	2,59	2,44	1,98	1,49	1,14	0,93	0,85	0,85
	60	0,86	1,04	1,36	1,84	2,38	2,68	2,52	2,02	1,49	1,11	0,89	0,81	0,81
	65	0,81	1,00	1,34	1,85	2,43	2,75	2,58	2,04	1,47	1,08	0,84	0,76	0,76
	70	0,76	0,96	1,31	1,85	2,47	2,81	2,63	2,05	1,45	1,03	0,79	0,71	0,71
	75	0,71	0,91	1,28	1,83	2,49	2,86	2,66	2,04	1,42	0,98	0,74	0,65	0,65
80	0,65	0,85	1,23	1,81	2,49	2,89	2,67	2,03	1,38	0,93	0,68	0,60	0,60	
85	0,59	0,79	1,17	1,77	2,48	2,90	2,67	2,00	1,32	0,87	0,62	0,53	0,53	
90	0,52	0,72	1,11	1,72	2,45	2,89	2,65	1,95	1,26	0,80	0,55	0,47	0,47	

Tabla 37.

Lat = 50° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	1,02	1,04	1,07	1,12	1,16	1,19	1,17	1,13	1,08	1,05	1,02	1,02	1,02
	10	1,04	1,07	1,14	1,23	1,32	1,37	1,34	1,26	1,16	1,09	1,04	1,03	1,03
	15	1,05	1,10	1,20	1,33	1,48	1,55	1,51	1,38	1,23	1,12	1,06	1,03	1,03
	20	1,05	1,13	1,25	1,43	1,63	1,73	1,67	1,50	1,30	1,15	1,06	1,03	1,03
	25	1,05	1,14	1,30	1,52	1,77	1,89	1,82	1,60	1,36	1,18	1,06	1,02	1,02
	30	1,04	1,15	1,34	1,61	1,90	2,06	1,97	1,71	1,41	1,19	1,06	1,01	1,01
	35	1,03	1,16	1,37	1,68	2,03	2,21	2,11	1,80	1,45	1,20	1,05	0,99	0,99
	40	1,01	1,15	1,40	1,75	2,14	2,36	2,24	1,88	1,49	1,21	1,04	0,97	0,97
	45	0,99	1,14	1,41	1,81	2,25	2,49	2,36	1,96	1,52	1,20	1,01	0,95	0,95
	50	0,96	1,13	1,42	1,86	2,35	2,62	2,47	2,02	1,53	1,19	0,99	0,91	0,91
	55	0,93	1,10	1,42	1,90	2,44	2,74	2,57	2,07	1,54	1,17	0,96	0,88	0,88
	60	0,89	1,07	1,41	1,92	2,51	2,84	2,65	2,11	1,54	1,15	0,92	0,84	0,84
	65	0,84	1,04	1,40	1,94	2,57	2,93	2,73	2,14	1,53	1,11	0,87	0,79	0,79
	70	0,79	1,00	1,37	1,94	2,62	3,01	2,79	2,16	1,52	1,07	0,82	0,74	0,74
	75	0,74	0,95	1,33	1,94	2,65	3,07	2,83	2,16	1,49	1,03	0,77	0,68	0,68
	80	0,68	0,89	1,29	1,91	2,66	3,11	2,86	2,15	1,45	0,97	0,71	0,62	0,62
	85	0,62	0,83	1,24	1,88	2,66	3,14	2,87	2,13	1,40	0,91	0,65	0,56	0,56
90	0,55	0,76	1,17	1,83	2,64	3,14	2,86	2,08	1,34	0,85	0,59	0,50	0,50	



Tabla 38.

Lat = 52° S		Mes												
Inclinación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	5	1,02	1,04	1,08	1,12	1,17	1,20	1,18	1,14	1,09	1,05	1,03	1,02	
	10	1,04	1,08	1,15	1,24	1,34	1,39	1,37	1,28	1,17	1,10	1,05	1,03	
	15	1,05	1,11	1,21	1,36	1,51	1,58	1,54	1,41	1,25	1,13	1,06	1,04	
	20	1,06	1,14	1,27	1,46	1,67	1,76	1,71	1,53	1,32	1,17	1,07	1,04	
	25	1,06	1,16	1,32	1,56	1,82	1,94	1,88	1,65	1,38	1,19	1,08	1,03	
	30	1,06	1,17	1,37	1,65	1,96	2,11	2,04	1,76	1,44	1,21	1,08	1,02	
	35	1,05	1,18	1,40	1,74	2,10	2,28	2,19	1,86	1,49	1,23	1,07	1,01	
	40	1,03	1,18	1,43	1,81	2,23	2,44	2,33	1,95	1,53	1,23	1,06	0,99	
	45	1,01	1,17	1,46	1,88	2,35	2,59	2,47	2,04	1,56	1,23	1,04	0,97	
	50	0,98	1,16	1,47	1,94	2,46	2,73	2,59	2,11	1,59	1,22	1,01	0,93	
	55	0,95	1,14	1,47	1,98	2,56	2,86	2,70	2,17	1,60	1,21	0,98	0,90	
	60	0,91	1,11	1,47	2,02	2,64	2,98	2,81	2,22	1,61	1,19	0,94	0,86	
	65	0,87	1,07	1,45	2,04	2,72	3,09	2,89	2,26	1,60	1,15	0,90	0,81	
	70	0,82	1,03	1,43	2,05	2,78	3,19	2,97	2,28	1,59	1,12	0,86	0,76	
	75	0,77	0,99	1,40	2,05	2,82	3,26	3,03	2,29	1,56	1,07	0,80	0,71	
80	0,71	0,93	1,36	2,03	2,85	3,33	3,07	2,29	1,52	1,02	0,75	0,65		
85	0,65	0,87	1,30	2,00	2,86	3,37	3,09	2,27	1,48	0,96	0,68	0,59		
90	0,59	0,80	1,24	1,96	2,85	3,39	3,10	2,23	1,42	0,89	0,62	0,53		

ANEXO XI

MÉTODO DE CÁLCULO RECOMENDADO

Para el dimensionado de las instalaciones de energía solar térmica se sugiere el método de las curvas f (F-Chart)¹⁰, que permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo.

Ampliamente aceptado como un proceso de cálculo suficientemente exacto para largas estimaciones, no ha de aplicarse para estimaciones de tipo semanal o diario.

Para desarrollarlo se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y es perfectamente válido para determinar el rendimiento o factor de cobertura solar en instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios, mediante captadores solares planos.

Método de Carta-f

Campo de Aplicación

Sistemas solares en base a colectores solares planos hidrónicos o con aire, directos o indirectos, con circulación forzada de líquido (fluido) y almacenamiento separado.

- Para sistemas mixtos calefacción - agua caliente sanitaria.
- Para sistemas de agua caliente sanitaria solamente.

Limitaciones

Supone que toda energía $> 20^{\circ} \text{C}$ es utilizable (en el caso de calefacción) y que toda energía $> T_{\text{red}}$ (en el caso de agua solamente) es utilizable.

No sirve para sistemas por termosifón.

Sólo da valores medios y confiables en períodos largos.

Objetivos

Determinar de manera simple el aporte solar medio que puede entregar uno de los sistemas antes descritos. Este aporte es esencial para determinar viabilidad económica de un proyecto. Su aplicación sistemática consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar y utilizar la simulación de funcionamiento mediante ordenador, para dimensionar las correlaciones entre estas variables y el rendimiento medio del sistema para un dilatado período de tiempo.

10 Ref. "Solar Heating Design by the F-Chart Method", Beckman, William A.; Duffie, John A.; Klein, Sanford A., Wiley&Sons, 1977.

Método

La ecuación utilizada en este método puede apreciarse en la siguiente fórmula:

$$f = 1,029 D_1 + 0,065 D_2 + 0,245 D_1^2 + 0,0018 D_2^2 + 0,0215 D_1^3$$

La secuencia que suele seguirse en el cálculo es la siguiente:

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de A.C.S. o calefacción.
2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador o captadores.
3. Cálculo del parámetro D1.
4. Cálculo del parámetro D2.
5. Determinación de la gráfica f .
6. Valoración de la cobertura solar mensual.
7. Valoración de la cobertura solar anual y formación de tablas.

Las cargas caloríficas determinan la cantidad de calor necesaria mensual para calentar el agua destinada al consumo doméstico, calculándose mediante la siguiente expresión:

$$Q_a = C_e \times C \times N \times (t_{ac} - t_r)$$

donde:

Q_a = Carga calorífica mensual de calentamiento de A.C.S. (J/mes)

C_e = Calor específico. Para agua: 4187 J/(kgA°C)

C = Consumo diario de A.C.S. (l/día)

t_{ac} = Temperatura del agua caliente de acumulación (°C)

t_r = Temperatura del agua de red (°C)

N = Número de días del mes

El parámetro D1 expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes:

$$D1 = \text{Energía absorbida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual}$$



La energía absorbida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_a = S_c \times F_r'(\alpha) \times R_I \times N$$

donde:

S_c = Superficie del captador (m²)

R_I = Radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área (kJ/m²)

N = Número de días del mes

$F_r(\alpha)$ = Factor adimensional, que viene dado por la siguiente expresión:

$$F_r'(\alpha) = F_r(\alpha)_n / (\alpha) / (\alpha)_n / (F_r' / F_r)$$

donde:

$F_r(\alpha)_n$ = Factor de eficiencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador.

$(\alpha) / (\alpha)_n$ = Modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante: 0,96 (superficie transparente sencilla) o 0,94 (superficie transparente doble).

F_r' / F_r = Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0,95.

El parámetro D2 expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador, para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes:

$$D2 = \text{Energía perdida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual}$$

La energía perdida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_p = S_c \times F_r' U_L \times (100 - t_a) \times D t \times K_1 \times K_2$$

donde:

S_c = Superficie del captador (m²)

$$F_r' U_L = F_r U_L (F_r' / F_r)$$

dónde:

$F_r U_L$ = Pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador).

- t_a = Temperatura media mensual del ambiente
 Dt = Periodo de tiempo considerado en segundos (s)
 K_1 = Factor de corrección por almacenamiento que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$K_1 = [Kg. de acumulación / (75 \times S_c)]^{-0,25}$$

$$37,5 < (Kg. acumulación) / (m^2 captador) < 300$$

- K_2 = Factor de corrección, para A.C.S., que relaciona la temperatura mínima de A.C.S., la del agua de red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente expresión:

$$K_2 = 11,6 + 1,18t_{ac} + 3,86t_r - 2,32t_a / (100 - t_a)$$

donde:

- t_{ac} = Temperatura mínima del A.C.S.
 t_r = Temperatura del agua de red
 t_a = Temperatura media mensual del ambiente

Una vez obtenido $D1$ y $D2$, aplicando la ecuación inicial se calcula la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar. De esta forma, la energía útil captada cada mes, Q_u , tiene el valor:

$$Q_u = f \times Q_a$$

donde:

- Q_a = Carga calorífica mensual de A.C.S.

Mediante igual proceso operativo que el desarrollado para un mes, se operará para todos los meses del año. La relación entre la suma de las coberturas mensuales y la suma de las cargas caloríficas, o necesidades mensuales de calor, determinará la cobertura anual del sistema:

$$Cobertura Solar Anual = \frac{\sum_{u=1}^{u=12} Q_u \text{ necesaria}}{\sum_{a=1}^{a=12} Q_a \text{ necesaria}}$$





CORPORACION DE DESARROLLO TECNOLÓGICO
Cámara Chilena de la Construcción



CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO
CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN