FACULTAD DE INGENIERÍA

Climatización de piscinas y obtención de agua caliente sanitaria, con energía solar, en Piura

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Mecánico Eléctrico

Emilio Alberto Gallo Zapata

Asesor(es):
Dr. Ing. Víctor Manuel Lizana Bobadilla

Piura, julio de 2019

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

A Dios, a mis padres Emilio y Nelly,
a mi hermana Silvana, a mi adoración Aithana,
al resto de mi familia y amigos.

En memoria de Ramón, Fernando y Carmen, quienes fueron
grandes ejemplos de generosidad, persistencia y alegría,
respectivamente.

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Resumen Analítico-Informativo

Climatización de piscinas y obtención de agua caliente sanitaria, con energía solar, en Piura.

Emilio Alberto Gallo Zapata.
Asesor o revisor del trabajo: **Dr. Ing. Víctor Manuel Lizana Bobadilla.**

Tesis.
Ingeniero Mecánico Eléctrico.
Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.
Piura, Julio de 2019

Palabras claves: Captador, climatización, rendimiento, demanda, inclinación, irradiancia.

Introducción: El objetivo de la tesis es el cálculo del área de captación y, con ella, del número adecuado de colectores solares, con la finalidad de cubrir un determinado requerimiento energético para la climatización de una piscina y el suministro de agua caliente sanitaria; así, se busca promover el uso de tecnologías modernas, garantizando costos bajos, su aplicación en el entorno industrial de nuestro país y, sobre todo, un menor impacto negativo al medio ambiente.

Metodología: El método utilizado consiste en evaluar, por un lado, la demanda energética; y por otro, la disponibilidad del recurso solar, siguiendo los criterios sugeridos por CENSOLAR (Centro de estudios de la energía solar - España). De esta manera, se garantizará un número de colectores que permita tanto la obtención de agua caliente sanitaria (ACS), como la climatización de piscinas.

Resultados: Se ha logrado determinar una superficie de captación de 106.24 m^2, la que requiere adquirir 54 captadores solares.

Conclusiones:
-El aporte solar logra satisfacer el 100 % de las necesidades de demanda energética en los meses de diciembre a abril.
-Se ha podido verificar un rendimiento aproximadamente constante y elevado empleando los captadores seleccionados, por lo que, se justifica su elección.
-Se demuestra que dicho cálculo contribuye al no sobredimensionamiento de la instalación, lo que garantiza su rentabilidad y la utilización de un sistema beneficioso para el medio ambiente y la sociedad.

Fecha de elaboración del resumen: 04 de Julio de 2019.

Analytical-Informative Summary

Air conditioning of swimming pools and obtaining sanitary water, with solar energy, in Piura.
Emilio Alberto Gallo Zapata.
Advisor: Dr. Ing. Víctor Manuel Lizana Bobadilla.
Thesis.
Electrical Mechanical Engineer.
Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.
Piura, July 2019

Keywords: Collector, air conditioning, performance, demand, inclination, irradiance.

Introduction: The aim of the thesis is to calculate the collection area and, with it, the appropriate number of solar collectors, in order to meet a certain energy requirement for the air conditioning of a swimming pool and the supply of hot water sanitary; thus, it is sought to promote the use of modern technologies, guaranteeing low costs, their application in the industrial environment of our country and, above all, a lesser negative impact on the environment.

Methodology: The method used is to evaluate, on the one hand, the energy demand; and, on the other, the availability of the solar resource, following the criteria suggested by CENSOLAR (Spain). In this way, a number of manifolds will be guaranteed that will allow both the obtaining of hot water sanitary (ACS), and the climatization of swimming pools.

Results: A collection area of 106.24 m^2 has been identified, requiring the acquisition of 54 solar collectors.

Conclusions:
-The solar contribution manages to satisfy 100% of the energy demand needs in the months of December to April.
- It has been possible to verify an approximately constant and high performance using the selected collectors, for which, their choice is justified.
-It is demonstrated that this calculation contributes to the failure to oversize the facility, which ensures its profitability and the use of a system beneficial to the environment and society.

Summary date: July 04, 2019.

Prefacio

La crisis energética de 1973, exigió que los países industrializados opten por medidas gubernamentales en el sector; principalmente, en las áreas de eficiencia y ahorro energético, así como en el aprovechamiento de recursos renovables. Además, se incrementó la toma de conciencia entre los ciudadanos respecto a un uso más adecuado y racional de las energías tradicionales procedentes de los combustibles fósiles. En el Perú se vienen desarrollando políticas para el uso racional y eficiente de la energía; así como, también, de la promoción y aprovechamiento de los recursos renovables; destaca, poco a poco, la energía solar.

Para llevar a cabo el proceso de captación de la energía del sol y, posteriormente, transformarla en calor, se requiere de la implementación de una instalación solar térmica, en la cual, el elemento fundamental del sistema es el captador solar.

Las motivaciones principales que llevaron a escoger este tema de tesis fueron la existencia de la necesidad del calentamiento del agua y, también, la disponibilidad y posibilidad del aprovechamiento del recurso solar existente. Surge el interés de estudiar la posibilidad de implementar un sistema de aprovechamiento de la energía solar térmica, mediante el uso de un determinado tipo de captadores solares, con la finalidad de no sólo garantizar las condiciones de confort necesarias para la climatización de una piscina y el suministro de agua caliente sanitaria, sino que también, lograrlo con una inversión económica viable.

Agradezco, profundamente, a Dios por hacer posible la culminación de este trabajo, así como a las personas que me ayudaron en su desarrollo; en primer lugar, a mis padres, quienes me aconsejaron, apoyaron y animaron en todo momento para superar los obstáculos que se presentaban en mi camino; a mi asesor durante toda la carrera universitaria, el Ing. Gastón Cruz, por cada uno de sus consejos y su apoyo para salir adelante ciclo tras ciclo.

A mi asesor de tesis, el Ing. Víctor Lizana, por haberme otorgado la oportunidad de llevar a cabo este tema, por el tiempo dedicado y por cada uno de sus consejos y observaciones a lo largo de la realización de ésta; al Ing. Rodolfo Rodríguez, por proporcionar los datos necesarios (relacionados con el clima y ambiente de la provincia de Piura) para llevar a cabo los cálculos en mi proyecto; también, a todos mis amigos y compañeros de estudios, por su paciencia, la confianza depositada en mí y por cada una de las experiencias compartidas junto a ellos, lo cual, ha contribuido en mi crecimiento personal y profesional.

Tabla de contenido

Introducción 1

Capítulo 1 3

Marco teórico 3

1.1. Energías renovables 3

1.1.1. Sostenibilidad 3

1.1.2. Clasificación 3

1.1.2.1. Energía eólica 3

1.1.2.2. Energía hidráulica 5

1.1.2.3. Biomasa 7

1.1.2.4. Energía geotérmica 9

1.2. Energía solar 10

1.2.1. Por su uso básico 10

1.2.1.1. Energía solar pasiva 10

1.2.1.2. Energía solar activa 11

1.2.2. Según su transformación y uso 12

1.2.2.1. Energía solar fotovoltaica 12

1.2.2.2. Energía solar térmica 12

1.2.2.3. Energía solar concentrada 13

1.2.2.4. Ventajas e inconvenientes del uso de la energía solar 13

1.3. Situación de la energía solar en el Perú 14

1.3.1. Antecedentes 14

1.3.2. Estado actual de la energía solar térmica en el Perú 15

1.3.2.1. Secado solar 16
1.3.2.2. Termas solares 16
1.3.2.3. El proyecto CER – UNI en Taquile 17
1.3.3. Estado actual de la energía solar en el departamento de Piura 17
1.4. Aplicaciones de la energía solar térmica 19
1.5. Descripción de sistemas solares térmicos 23
1.5.1. Elementos 23
1.5.2. Clasificación de los sistemas solares térmicos 25
1.5.2.1. Según el sistema de circulación del fluido primario 25
1.5.2.2. Según la forma de intercambio de calor entre circuito primario y secundario 27
1.5.2.3. Según el sistema de apoyo empleado en la producción de ACS 28
1.5.2.4. Según el sistema auxiliar de energía convencional 29
1.6. El captador solar térmico 30
1.6.1. Principios físicos del funcionamiento del captador solar térmico 30
1.6.1.1. El absorbedor negro 30
1.6.1.2. El efecto invernadero 31
1.6.2. Tipos de captadores solares térmicos 31
1.6.2.1. Captadores de baja temperatura 32
1.6.2.2. Captadores de media temperatura 32
1.6.2.3. Captadores de alta temperatura 33
1.6.2.4. Elección del tipo de captador solar más adecuado para nuestra aplicación 34
1.6.2.5. Conexión de captadores solares térmicos 35
1.6.3. El captador de placa plana 36
1.6.3.1. Estudio de los elementos constitutivos del captador de placa plana 37
1.6.3.2. Rendimiento 43

1.6.3.3. Elección del captador de placa plana más adecuado 48

Capítulo 2 51

Cálculos (criterios y aspectos generales) 51

2.1. Determinación de datos generales 51

2.1.1. Ubicación geográfica del proyecto 51

2.1.2. Contribución solar mínima según el CTE 52

2.1.3. Determinación de las demandas energéticas 52

2.1.3.1. Demanda energética según el RNE 52

2.1.3.2. Demanda energética según el CTE 54

2.2. Agua Caliente Sanitaria (ACS) 57

2.2.1. Inclinación óptima 57

2.2.2. Cálculo de la energía aprovechable 57

2.2.3. Intensidad útil y rendimiento del captador 58

2.2.3.1. Cálculo de la intensidad útil (I) 58

2.2.3.2. Cálculo del rendimiento del captador 60

2.2.3.3. Energía útil y determinación de la superficie captadora necesaria 61

2.2.4. Esquema del proceso de cálculo (ACS) 62

2.3. Climatización de piscinas 63

2.3.1. Generalidades 63

2.3.2. Cálculo 63

2.3.3. Pérdidas de calor en el agua del vaso de la piscina 64

2.3.3.1. Utilización de las tablas CENSOLAR para el cálculo de las pérdidas de calor…… 64

2.3.4. Esquema del proceso de cálculo (climatización de piscinas) 67

Capítulo 3 73

Componentes de la instalación para ACS y climatización de piscinas 73

3.1. Generalidades de la instalación 73

3.1.1. Ubicación geográfica del proyecto 73
3.1.2. Características de la piscina 74
3.1.2.1. Dimensiones de la piscina 74
3.1.2.2. Espectadores y usuarios de la piscina: promedio diario/turno 74
3.2. Condiciones ambientales de la provincia de Piura 74
3.3. Condiciones de uso y confort 75
3.4. Descripción del funcionamiento de la instalación propuesta 76
3.4.1. Funcionamiento 77
3.4.2. Uso de la manta térmica 78
3.5. Cálculo de la superficie captadora 80
3.5.1. Agua caliente sanitaria 80
3.5.1.1. Cálculo de la demanda energética 81
3.5.1.2. Cálculo de la energía aprovechable 84
3.5.1.3. Cálculo del rendimiento del colector 87
3.5.2. Climatización de piscinas 89
3.5.2.1. Cálculo de las pérdidas por radiación, convección y evaporación 90
3.5.2.2. Cálculo de la demanda energética 92
3.5.2.3. Cálculo de la energía aprovechable 94
3.5.2.4. Cálculo del rendimiento del colector 96
3.5.3. Determinación de la superficie de captación 97
3.5.3.1. Cálculo de la superficie de captación 99
3.5.3.2. Cálculo del número de colectores 102
3.6. Cálculo del sistema de acumulación 102
3.7. Cálculo del sistema de intercambio de calor 104
3.8. Cálculo del sistema hidráulico 104
3.8.1. Descripción del sistema de tuberías 104
3.8.1.1. Circuito primario 111

3.8.1.2. Circuito secundario 113
3.8.1.3. Aislamiento 116
3.8.2. Cálculo de bombas de circulación 117
3.8.2.1. Cálculo de la bomba del circuito primario 117
3.8.2.2. Cálculo de la bomba del circuito secundario 118
3.8.3. Dimensionamiento del vaso de expansión 119
3.8.3.1. Fluido caloportador elegido 119
3.8.3.2. Cálculo del volumen del fluido caloportador 119
3.8.4. Sistema de control 123
3.8.4.1. Cálculo 123
3.8.5. Otros elementos 125
3.8.5.1. Manómetro 125
3.8.5.2. Válvula de seguridad 126
3.8.5.3. Purgador y desaireador 126
3.8.5.4. Grifo de vaciado 127
3.8.6. Cálculo del sistema auxiliar 128
3.8.6.1. Sistema de apoyo convencional 128
3.8.6.2. Tipos de equipos convencionales 128
3.8.6.3. Determinación del sistema auxiliar 129
3.8.6.4. Cálculo del ahorro de combustible 131
Capítulo 4 133
Análisis económico 133
4.1. Costos directos 133
4.2. Costos indirectos 135
4.3. Cálculo del VAN y el TIR (Tiempo de retorno de la inversión) 136
Capítulo 5 141
Conclusiones 141

Referencias Bibliográficas 145

Anexos 159

Anexo A. Código técnico de la edificación (Sección HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria 161

Anexo B. Factor de corrección k para superficies inclinadas (latitud: 0°-5°) 183

Anexo C. Instrucción Técnica Complementaria: ITE 10 INSTALACIONES ESPECÍFICAS (Acondicionamiento de piscinas) 187

Anexo D. Especificaciones técnicas del captador solar plano (y accesorios) elegido . 189

Anexo E. Especificaciones técnicas del acumulador con intercambiador interior elegido……. 191

Anexo F. Especificaciones técnicas de los tubos de cobre escogidos 193

Anexo G. Especificaciones técnicas de las bombas de circulación elegidas 195

Anexo H. Especificaciones técnicas del manómetro elegido 197

Anexo I. Especificaciones técnicas de la válvula de seguridad elegida 199

Anexo J. Especificaciones técnicas del desaireador elegido 199

Anexo K. Especificaciones técnicas del grifo de vaciado escogido 201

Anexo L. Especificaciones técnicas de la caldera elegida 203

Anexo M. Especificaciones técnicas de las reducciones escogidas 205

Anexo N. Especificaciones técnicas de los codos escogidos 207

Anexo O. Especificaciones técnicas de las derivaciones en T escogidas 209

Anexo P. Especificaciones técnicas de las válvulas de compuerta elegidas 211

Lista de las tablas

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes de la energía eólica 5
Tabla 2. Evolución del consumo de energía eólica 5
Tabla 3. Ventajas e inconvenientes de la energía hidráulica 6
Tabla 4. Centrales hidroeléctricas que ingresaron en operación en el año 2016 7
Tabla 5. Ventajas e inconvenientes de la energía geotérmica 10
Tabla 6. Ventajas y desventajas del uso de la energía solar 14
Tabla 7. Ventajas y desventajas del uso de la energía solar (continuación) 14
Tabla 8. Elementos de un sistema solar térmico 23
Tabla 9. Elementos de un sistema solar térmico (continuación) 24
Tabla 10. Precios y rendimientos de diferentes captadores de placa plana 49
Tabla 11. Especificaciones del captador de placa plana elegido 50
Tabla 12. Radiación, latitud y temperatura de la provincia de Piura 51
Tabla 13. Número de dormitorios por vivienda y dotación diaria en litros de residencias unifamiliares y multifamiliares 52
Tabla 14. Dotaciones de agua caliente para establecimientos de hospedaje 53
Tabla 15. Dotación diaria de agua caliente para restaurantes 53
Tabla 16. Dotación diaria de agua caliente para locales educacionales y residencias estudiantiles 53
Tabla 17. Dotación diaria de agua caliente para gimnasios 54
Tabla 18. Dotaciones de agua caliente para hospitales, clínicas y similares 54
Tabla 19. Demanda energética de referencia a 60 ºC 55
Tabla 20. Demanda energética de referencia a 60 ºC (continuación) 55
Tabla 21. Determinación del número de personas por vivienda, en función del número de dormitorios 56
Tabla 22. Número medio de horas diarias de sol 59
Tabla 23. Número medio de horas diarias de sol (continuación) 59
Tabla 24. Pérdidas por radiación [MJ/m^2] 65
Tabla 25. Pérdidas por convección [MJ/m^2] 66

Tabla 26. Pérdidas por evaporación [MJ/m^2] 67
Tabla 27. Coordenadas geográficas del recinto deportivo 73
Tabla 28. Dimensiones de la piscina semiolímpica 74
Tabla 29. Condiciones ambientales de la provincia de Piura 74
Tabla 30. Condiciones ambientales de la provincia de Piura (continuación 1) 75
Tabla 31. Condiciones ambientales de la provincia de Piura (continuación 2) 75
Tabla 32. Condiciones de uso (agua caliente sanitaria) 76
Tabla 33. Condiciones de confort (piscina) 76
Tabla 34. Temperatura del agua de las piscinas según su uso 76
Tabla 35. Datos considerados para el cálculo de la superficie captadora (ACS) 80
Tabla 36. N° de servicios (vestuarios/duchas) 81
Tabla 37. Demanda energética para agua caliente sanitaria - método de cálculo 82
Tabla 38. Demanda energética para agua caliente sanitaria 82
Tabla 39. Demanda energética para agua caliente sanitaria – método de cálculo (continuación) 83
Tabla 40. Demanda energética para agua caliente sanitaria (continuación) 83
Tabla 41. Radiación solar (sobre suelo horizontal) del departamento de Piura 84
Tabla 42. Energía aprovechable de agua caliente sanitaria – método de cálculo 85
Tabla 43. Energía aprovechable de agua caliente sanitaria 86
Tabla 44. Energía aprovechable de agua caliente sanitaria – método de cálculo (continuación) 86
Tabla 45. Energía aprovechable de agua caliente sanitaria (continuación) 87
Tabla 46. Rendimiento del colector para agua caliente sanitaria – método de cálculo 87
Tabla 47. Rendimiento del colector para agua caliente sanitaria – método de cálculo (continuación) 88
Tabla 48. Rendimiento del colector para agua caliente sanitaria 88
Tabla 49. Datos considerados para el cálculo de la superficie captadora (piscina) 89
Tabla 50. Pérdidas diarias por radiación, convección y evaporación 90
Tabla 51. Pérdidas diarias por radiación, convección y evaporación (continuación 1) 91
Tabla 52. Pérdidas diarias por radiación, convección y evaporación (continuación 2) 91
Tabla 53. Demanda energética para climatización de piscinas – método de cálculo 92
Tabla 54. Demanda energética para climatización de piscinas 92

Tabla 55. Demanda energética para climatización de piscinas – método de cálculo (continuación) 93
Tabla 56. Demanda energética para climatización de piscinas (continuación) 93
Tabla 57. Energía aprovechable de climatización de piscinas 94
Tabla 58. Energía aprovechable de climatización de piscinas (continuación) 95
Tabla 59. Rendimiento del colector para climatización de piscinas 96
Tabla 60. Calor aportado por los colectores (ACS) 98
Tabla 61. Calor aportado por los colectores (climatización de piscinas) 99
Tabla 62. Cálculo de la superficie total de captación para ACS y climatización de piscinas 99
Tabla 63. Cálculo de la superficie total de captación para ACS y climatización de piscinas (continuación) 100
Tabla 64. Cobertura solar de la instalación a implementar 101
Tabla 65. Configuración de los captadores solares 102
Tabla 66. Demanda diaria ACS (aproximación) 103
Tabla 67. Acumulador con intercambiador interior 104
Tabla 68. Tramos de tubería de la instalación ACS + climatización de piscina 106
Tabla 69. Diámetro y espesores de tuberías de cobre, según norma UNE EN 1057 108
Tabla 70. Coeficientes K de pérdidas localizadas para algunas piezas o accesorios 109
Tabla 71. Coeficientes K de pérdidas localizadas para algunas piezas o accesorios 109
Tabla 72. Caudal del circuito primario 111
Tabla 73. Coeficientes K de accesorios de la instalación 112
Tabla 74. Coeficientes K de accesorios de la instalación 112
Tabla 75. Caudal del circuito secundario 113
Tabla 76. Coeficientes K de accesorios de la instalación (continuación 1) 114
Tabla 77. Coeficientes K de accesorios de la instalación (continuación 2) 115
Tabla 78. Espesor mínimo del aislamiento térmico (mm) 116
Tabla 79. Espesor mínimo del aislamiento térmico utilizado 117
Tabla 80. Características de la bomba de circulación 118
Tabla 81. Características de la bomba de circulación elegida 119
Tabla 82. Volumen de fluido en las tuberías del circuito primario 120
Tabla 83. Volumen de fluido en las tuberías del circuito primario (continuación) 121
Tabla 84. Características del vaso de expansión 122

Tabla 85. Características del sistema de control elegido 124
Tabla 86. Especificaciones del manómetro 125
Tabla 87. Válvula de seguridad seleccionada 126
Tabla 88. Especificaciones técnicas del purgador elegido 127
Tabla 89. Breve descripción del desaireador elegido 127
Tabla 90. Breve descripción del grifo de vaciado escogido 127
Tabla 91. Potencia de las calderas (sistema auxiliar) 130
Tabla 92. Comparativa de costo para cada tipo 130
Tabla 93. Descripción de las calderas (sistema auxiliar) elegidas 131
Tabla 94. Ahorro de combustible con proyecto solar 131
Tabla 95. Ahorro de combustible con proyecto solar (continuación) 132
Tabla 96. Materiales a emplear en el proyecto 133
Tabla 97. Costos indirectos a emplear en el presente proyecto 136
Tabla 98. Costo final de la instalación 136
Tabla 99. Ingresos por la apertura de una academia de natación 137
Tabla 100. Egresos por la apertura de una academia de natación 137
Tabla 101. Estudio de la viabilidad económica de la instalación 139
Tabla 102. Estudio de la viabilidad económica de la instalación (continuación) 139

Lista de figuras

Figura 1. Parque eólico de Talara (Piura-Perú) 4
Figura 2. Ciclo del agua 5
Figura 3. Energía de la biomasa 9
Figura 4. Energía solar pasiva 11
Figura 5. Energía solar activa 11
Figura 6. Casa de una zona rural 12
Figura 7. Esquema básico de una instalación de energía solar térmica 13
Figura 8. Central termosolar 13
Figura 9. Mapa de la irradiancia solar del Perú 15
Figura 10. Servicio de internet, usando paneles solares, en Taquile (Puno) 17
Figura 11. Mapa de irradiancia solar del departamento de Piura 18
Figura 12. ACS + calefacción (distribución de energía en el primario) 20
Figura 13. ACS + calefacción (distribución de energía en el secundario) 20
Figura 14. ACS + climatización de piscina 21
Figura 15. ACS + calefacción + climatización de piscina (primario) 22
Figura 16. ACS + calefacción + climatización de piscina (secundario) 22
Figura 17. Esquema típico de un sistema solar térmico 24
Figura 18. Sistemas termosifón instalados en Piura 26
Figura 19. Sistemas de circulación forzada 26
Figura 20. Instalaciones de intercambio directo 27
Figura 21. Instalaciones con intercambio indirecto 28
Figura 22. Sistemas con acumulación 29
Figura 23. Sistemas instantáneos 30
Figura 24. Captador solar térmico instalado en una vivienda 30
Figura 25. Captador solar plano con cubierta 32
Figura 26. Colectores de concentración (captadores de media temperatura) 33
Figura 27. Central termosolar formada por heliostatos 33
Figura 28. Conexión en serie de captadores solares térmicos 35

Figura 29. Conexión en paralelo de captadores solares térmicos 36
Figura 30. Conexión mixta de captadores solares térmicos 36
Figura 31. Despiece de un típico captador de placa plana 37
Figura 32. Típico absorbedor de parrilla y lámina de cobre 39
Figura 33. Balance energético en un captador solar 43
Figura 34. Curva característica de un captador de placa plana 47
Figura 35. Pérdidas de calor diarias del vaso de la piscina 67
Figura 36. Pérdidas por reflexión o debidas a sombras, en la superficie del agua 68
Figura 37. Área de la piscina 68
Figura 38. Corrección de H de acuerdo al tipo de zona 69
Figura 39. Factor K (inclinación-latitud) 69
Figura 40. Factores de los que depende el rendimiento de un colector solar 70
Figura 41. Acumulador para piscinas 70
Figura 42. Captadores solares para ACS + climatización de piscina 77
Figura 43. Manta térmica 79
Figura 44. Variación de la radiación solar (sobre suelo horizontal) en el departamento de Piura 85
Figura 45. Variación del rendimiento del colector (climatización de piscinas) 97
Figura 46. Instalación de referencia para el cálculo del sistema hidráulico 105
Figura 47. Pérdida por rozamiento (mm c.a. por m) para tubería de cobre 110
Figura 48. Velocidad del fluido (m/s) 110
Figura 49. Sistema de control elegido 125

Nomenclatura

Dimensión	**Símbolo**	**Unidad**
Calor específico	Ce	$kJ/(kg.°C)$
Caudal	C	l/h
		$1\,l/h = 0.001\,m^3/h$
		$1\,m^3/h = 1/3600\ m^3/s$
Consumo diario de ACS	C_{ACS}	$kg/día$
Demanda energética	D_e	t_h
		$1\,t_h = 4.184\,MJ$
		$1\,MJ = 0.278\,kW.h$
Diámetro de tuberías	D	cm
Energía que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes	H	MJ/m^2
Energía útil	Q	W
Humedad relativa	HR	$\%$
Irradiancia	I	W/m^2
Pérdidas de carga (captadores)	$PC_{CAPTADORES}$	$m.c.a.$
Pérdidas de carga (circuito primario)	$PC_{TUBERÍAS}$	$m.c.a.$
Pérdidas de carga (intercambiador)	$PC_{INTERCAMBIADOR}$	$m.c.a.$
Pérdidas por convección	Q_C	MJ/m^2
Pérdidas por evaporación	Q_E	MJ/m^2
Pérdidas por radiación	Q_R	MJ/m^2
Presión absoluta (final-vaso de expansión)	P_f	kg/cm^2

Dimensión	**Símbolo**	**Unidad**
Presión absoluta (inicial-vaso de expansión)	P_i	kg/cm^2
Rendimiento aparente	η_0	Adimensional
Superficie de captador	S_C	m^2
Superficie de intercambio	S_I	m^2
Temperatura ambiente	ta	°C
Temperatura del fluido caloportador a la entrada del captador	te	°C
Temperatura media	tm	°C
Termia	t_h	MJ
Volumen de fluido (en captadores)	$V_{captadores}$	l
Volumen de fluido (en intercambiador)	$V_{intercambiador}$	l
Volumen de fluido (en tuberías)	$V_{tubería}$	l
Volumen del sistema de almacenamiento	V	l

Introducción

El presente trabajo busca promover el interés por el aprovechamiento y el uso de las fuentes de energía que aseguren una menor contaminación y ahorro económico, proporcionando conocimientos respecto a la energía solar térmica tanto para climatizar piscinas como para obtener agua caliente sanitaria (ACS). Dichas aplicaciones pueden emplearse a nivel doméstico y en instalaciones mayores (por ejemplo: centros deportivos o clubes), de forma que su adquisición se encuentre al alcance de los usuarios, quienes obtendrán una recuperación de la inversión y un ahorro en un determinado plazo. Para la evaluación, se tomó como referencia un centro deportivo típico de Piura, cuyos ambientes, como piscinas, duchas y cocina, requieren agua caliente.

En el capítulo I, se presentan los conceptos básicos y se describen aspectos generales sobre las energías renovables, la sostenibilidad, los tipos, ventajas e inconvenientes. También, los mecanismos de aprovechamiento, las ventajas e inconvenientes de su uso; así como, la situación de la energía solar en el Perú y, de modo particular, en Piura.

Además, se especifican las aplicaciones de la energía solar térmica, incidiendo en el uso de sistemas combinados: tanto para agua caliente sanitaria como para climatización de piscinas. Luego, se explican y describen las instalaciones solares térmicas y la clasificación de éstas. Finalmente, se busca la forma de aprovechar la energía del sol mediante la utilización de los captadores solares; en esta parte, se definen brevemente, se mencionan los principios físicos que condicionan su funcionamiento, la clasificación de éstos y se estudia el captador de placa plana (características, materiales, consideraciones, rendimiento).

En el capítulo II, se especifican los criterios y aspectos, generales y particulares, para realizar los cálculos respectivos. Entre los criterios generales se tiene: ubicación geográfica, contribución solar mínima y determinación de las demandas energéticas.

En el caso de agua caliente sanitaria (ACS) se considera: la inclinación, el cálculo de la energía aprovechable, de la intensidad útil, del rendimiento del captador y la superficie captadora (se ha elaborado un esquema de los pasos a seguir para dicho cálculo). Para climatización de piscinas, se ha seguido el enfoque para hallar las pérdidas del vaso de la piscina según las recomendaciones brindadas por CENSOLAR.

En el capítulo III, se presenta una descripción del proyecto escogido y, para el análisis, se considera: coordenadas de ubicación geográfica, horario de funcionamiento y el número de usuarios diarios. También, se exponen las condiciones ambientales de la provincia de Piura, los requerimientos de la instalación y la elección del captador más adecuado.

Se calcula el número de captadores necesarios y se seleccionan cada uno de los componentes de la instalación solar térmica (elementos y accesorios) en tuberías, bombas, válvulas, intercambiador, etc.

En el capítulo IV, se ha elaborado la cotización de los elementos del sistema, que implica, también, gastos de instalación y transporte. Se ha llevado a cabo un análisis económico, con la finalidad de poder evaluar cuán rentable será la implementación del sistema anteriormente explicado.

Por último, se describen las conclusiones, cuya idea central consiste en detallar los beneficios económicos que conlleva el uso racional de esta novedosa tecnología y el impacto positivo que tendría sobre el ambiente y la sociedad.

Capítulo 1

Marco teórico

1.1. Energías renovables

Las energías renovables comprenden todas las formas de energía producidas a partir de fuentes naturales inagotables (tales como el sol, el viento y el calor de la tierra) y a los que son capaces de regenerarse por medios naturales.

Son respetuosas con el medio ambiente y sus impactos negativos son menores que los correspondientes a las fuentes de energías convencionales como: combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) y energía nuclear.

A partir de las fuentes de energía renovable se pueden obtener las dos formas de energía útil más empleadas: calor y electricidad.

1.1.1. Sostenibilidad

Según la ONU (Organización de las Naciones Unidas), el desarrollo sostenible consiste en satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. (Organización de las Naciones Unidas, 2012)

1.1.2. Clasificación

1.1.2.1. Energía eólica

La energía del viento se deriva del calentamiento diferencial de la atmósfera por el sol y las irregularidades de la superficie terrestre. (Méndez, 2011)

Figura 1. Parque eólico de Talara (Piura-Perú)

Fuente: (Revista eólica y del vehículo eléctrico, 2014)

El dispositivo capaz de realizar la conversión de la fuerza del viento en electricidad es el aerogenerador o generador eólico (figura 1), constituido por un sistema mecánico de rotación provisto de palas (a modo de los antiguos molinos de viento) y de un generador eléctrico con el eje solidario al sistema motriz, de forma que el viento hace girar las palas y éstas al generador eléctrico.

Sus principales aplicaciones son: bombeo y suministro de agua, electrificación en zonas aisladas, bajos requerimientos de potencia, inyección de energía a la red por medio de parques eólicos.

Entre las ventajas de su uso se tienen: no afecta el medio ambiente ni agrava el efecto invernadero; por el contrario, el empleo de ésta puede afectar la mortalidad de la fauna y flora de la zona en la que se desea instalar una planta eólica (tabla 1).

En el Perú, el uso del viento para la generación de energía eléctrica coincidió con el inicio de la operación del parque eólico de Marcona (32 MW), en abril del año 2014. En la actualidad, se cuenta con una potencia instalada de 239 MW (Ministerio de Energía y Minas, 2018). El consumo en el año 2016 fue de 1064 GW.h (tabla 2**)** y su incremento respecto al año anterior fue de un 78.5 %.

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes de la energía eólica

Ventajas	Inconvenientes
Evita la importación de carbón, petróleo y materiales radiactivos.	Repercute sobre la fauna y la flora.
Evita grandes impactos ambientales como la lluvia ácida y el efecto invernadero.	Ruido.
Es barata y no produce residuos.	Interferencias en los medios de comunicación.
Los espacios ocupados pueden permitir la actividad agrícola.	Impacto visual.

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

Tabla 2. Evolución del consumo de energía eólica para la generación eléctrica (GW.h)

Año	Consumo	Variación (%)
2015	596	131.3
2016	1064	78.5

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

1.1.2.2. Energía hidráulica

Tiene su origen en el ciclo del agua (figura 2): el sol evapora el agua de los mares, lagos y ríos; luego, en forma de lluvia y nieve, cae en la tierra y vuelve al mar donde el ciclo se reinicia.

Figura 2. Ciclo del agua

Fuente: (CK-12 Foundation, 2018)

La energía hidráulica se basa en el aprovechamiento de las energías potencial y cinética presentes en las corrientes de agua, en los saltos de agua o, inclusive, en las mareas.

Las centrales hidroeléctricas permiten aprovechar la energía potencial que posee el agua de los ríos, al transformar en energía eléctrica el movimiento de las turbinas hidráulicas acopladas a generadores eléctricos.

Entre sus ventajas se tiene que permite el almacenamiento de agua para producir energía en momentos de necesidad o abastecer zonas de regadío. Por el contrario, la construcción de una instalación de este tipo presenta como inconveniente que requiere de una inversión inicial muy elevada (tabla 3).

En el Perú, a diciembre del año 2016, la potencia instalada de las centrales hidráulicas, como fuente de energía primaria, fue de 5189.8 MW (35 % de la potencia instalada) y respecto del 2015 se incrementó en 1033 MW (un 24.85 %). En ese año, se amplió la infraestructura disponible para el mercado eléctrico con la puesta en operación de las centrales indicadas en la tabla 4.

Tabla 3. Ventajas e inconvenientes de la energía hidráulica

Ventajas	Inconvenientes
Permite almacenar agua para producir energía en momentos de necesidad o abastecer zonas de regadío.	Su infraestructura es costosa. Requiere de una inversión inicial muy elevada, reflejada en la construcción de pantanos, presas o turbinas.
Si bien se considera como un tipo de energía limpia, esto depende de la potencia de generación con la que se esté trabajando (algunas centrales hidroeléctricas pueden emitir partículas de metano a la atmósfera, contribuyendo al calentamiento global).	Depende de los factores climáticos.

Fuente: (erenovable.com, 2018)

Tabla 4. Centrales hidroeléctricas que ingresaron en operación en el año 2016

Central	Potencia instalada (MW)	Puesta en operación comercial
C.H. Chaglia	456	24/09/2016
C.H. Cerro del Águila	525	25/08/2016
C.H. Carpapata III	12.8	19/08/2016
C.H. Rucuy	20	09/08/2016
C.H. Chancay	19.2	04/08/2016
Total	1033	

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

1.1.2.3. Biomasa

Es toda aquella materia orgánica producida por plantas y animales (como por ejemplo: madera, hojas árboles, cáscaras de frutos secos, excrementos de animales, restos de poda y otros desechos de agricultura) utilizada con fines energéticos. Una de las aplicaciones de su uso se da en calderas; cuya combustión tiene por objetivo el generar energía térmica y eléctrica (para producción de agua caliente, calefacción y electricidad). Entre los tipos de biomasa se tiene (figura 3):

- **Biomasa natural:** Se genera en los ecosistemas naturales, sin ningún tipo de intervención por parte del ser humano. Los residuos leñosos son un ejemplo de este tipo. Presenta como inconveniente la explotación intensiva de este recurso por no ser compatible con la protección del medio ambiente. (Combustibles Aragón, 2016)

- **Biomasa residual:** Generada a partir de actividades que el hombre realiza como, por ejemplo, agrícolas, ganaderas, la industria maderera o agroalimentaria. Ese tipo de biomasa tiene asociadas unas ventajas en su utilización: reduce contaminación y riesgos de incendios, los costes de producción y de transporte pueden ser bajos, evita emisiones de CO_2. (plantasdebiomasa, 2013)

- **Excedentes agrícolas:** Productos agrícolas no empleados en la alimentación del ser humano; pueden ser destinados tanto como combustibles en plantas de generación eléctrica o, también, como combustibles en el sector del transporte.

- **Cultivos energéticos:** Cultivos dedicados, exclusivamente, a la transformación y obtención de energía. A diferencia de los agrícolas tradicionales, se caracterizan por su resistencia a la sequía, precocidad de crecimiento, capacidad de rebrote y adaptación a terrenos marginales. Entre los cultivos energéticos se pueden incluir los tradicionales (cereales, caña de azúcar, semillas oleaginosas) y otros no convencionales (cynara, pataca, sorgo dulce).

Desde hace algunos años se vienen desarrollando proyectos energéticos a partir de cultivos, principalmente, en la obtención de combustibles alternativos para el sector del transporte. Los recursos biomásicos más ventajosos requieren poco recurso hídrico y se desarrollan en regiones con disponibilidad de tierras de cultivo.

En la costa del Perú, el destino final de esta fuente de energía son, principalmente, industrias de productos alimenticios, restaurantes, panaderías, fábricas de ladrillos y el consumo doméstico; en la sierra, los pobladores recurren a la biomasa para satisfacer sus necesidades energéticas, dada su limitación económica para acceder a recursos derivados del petróleo crudo; en la selva, existe abundancia de esta fuente de energía, por lo que su consumo no tiene restricción. Se estima que el consumo total de leña durante el año 2016 fue de 4966 x 10^6 kg, de los cuales, el sector residencial representó el 99.8 %. (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

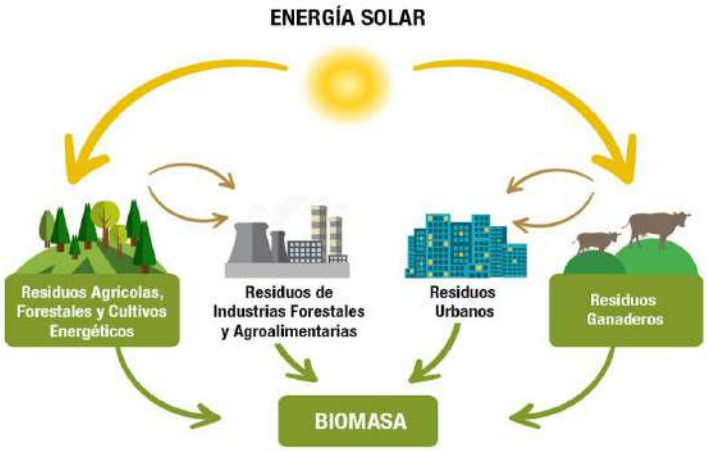


Figura 3. Energía de la biomasa

Fuente: (Dinamos, 2016)

1.1.2.4. Energía geotérmica

Se encuentra en el interior de la tierra en forma de calor, como resultado de la desintegración de elementos radiactivos y del calor permanente que se originó al inicio de la formación del planeta.

La conversión de la energía geotérmica en electricidad consiste en la utilización de un vapor que pasa a través de una turbina conectada a un generador.

Entre sus usos, se encuentran: balnearios (aguas termales que tienen aplicaciones para la salud), calefacción y agua caliente, electricidad, extracción de minerales (se obtienen de los manantiales de azufre, sal común, amoniaco, metano y ácido sulfhídrico), agricultura y acuicultura (para invernaderos y criaderos de peces). (Méndez, 2011)

Este tipo de energía presenta como ventaja sus bajos costos de producción, respecto a los que implican las plantas de carbón o nucleares. Entre sus inconvenientes se tienen las emisiones de ácido sulfhídrico o CO_2 de las centrales geotérmicas. (tabla 5).

La zona sur del Perú (incluye a las regiones de Puno, Arequipa, Moquegua, Ayacucho y Pasco) será la primera en desarrollar el sistema geotérmico, cuyo potencial bordeará los 3000 MW y que incrementará en 30 % la capacidad del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional. (Gestión, 2017)

Tabla 5. Ventajas e inconvenientes de la energía geotérmica

Ventajas	• Los costos de producción de esta fuente de energía son menores a los que requieren las plantas de carbón o nucleares. • Los residuos que produce son mínimos y de bajo impacto ambiental.
Inconvenientes	• Emisión de ácido sulfhídrico que en grandes cantidades puede ser letal. • Emisión de CO_2 que aumenta el efecto invernadero. • Alteración del paisaje. • Contaminación de aguas próximas.

Fuente: (Fernández, 2012)

1.2. Energía solar

Es una fuente de energía renovable presente en la radiación solar; puede ser transformada en forma térmica (mediante calentadores de agua y estufas solares) o en forma eléctrica (con células o paneles solares). (Fundación Energizar, 2017)

Para comprender su aprovechamiento y aplicación, la energía solar puede clasificarse según su uso y transformación:

1.2.1. Por su uso básico

1.2.1.1. Energía solar pasiva

Hace referencia al aprovechamiento de forma directa, sin utilizar ningún dispositivo o sistema mecánico, por ejemplo, secado de ropa a la luz del día (figura 4). (SolarEnergyExplorer.com, 2014)

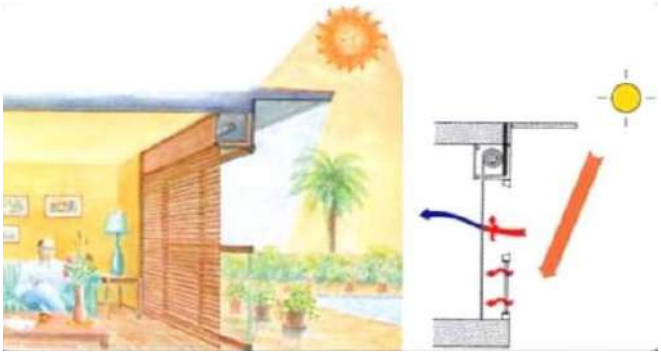


Figura 4. Energía solar pasiva

Fuente: (González, 2016)

1.2.1.2. Energía solar activa

Su aprovechamiento requiere emplear equipos mecánicos o eléctricos (figura 5) para, de esta manera, aumentar la eficiencia del sistema; por ejemplo, las bombas de agua se utilizan para hacer circular el agua a través del sistema de calentamiento de agua con energía solar activa. Para usos de baja temperatura adquiere valores entre 35 ºC y 60 ºC; de media temperatura, alcanza 300 ºC; y de alta temperatura, alcanza 2000 ºC.

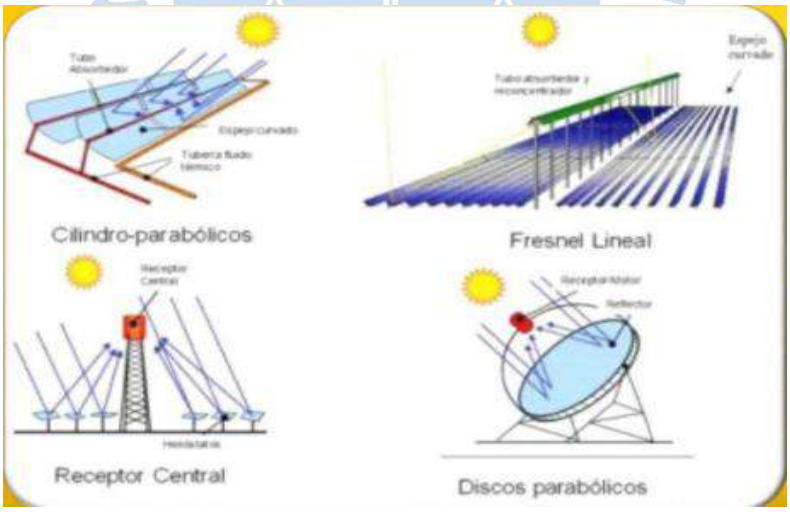


Figura 5. Energía solar activa

Fuente: (González, 2016)

1.2.2. Según su transformación y uso

1.2.2.1. Energía solar fotovoltaica

Tipo de energía que transforma, de manera directa, la luz solar en electricidad, empleando una tecnología basada en el efecto fotovoltaico. Este proceso se realiza usando células solares fotovoltaicas; en ellas, la radiación solar incide sobre la superficie y se produce una diferencia de potencial eléctrico que provoca el movimiento de electrones. (figura 6) (Acciona, 2017)

Figura 6. Casa de una zona rural en la que se puede emplear la energía solar fotovoltaica

Fuente: (Estela, 2017)

1.2.2.2. Energía solar térmica

Es una forma de aprovechamiento muy habitual y económica. Su funcionamiento se basa en la idea de calentar un fluido mediante colectores solares para, luego, utilizarla como agua caliente sanitaria o para la calefacción de una vivienda; también, se puede utilizar para climatización de piscinas. En la figura 7 se puede apreciar un esquema básico de una instalación que emplea este tipo de energía (SolarEnergyExplorer.com, 2014)

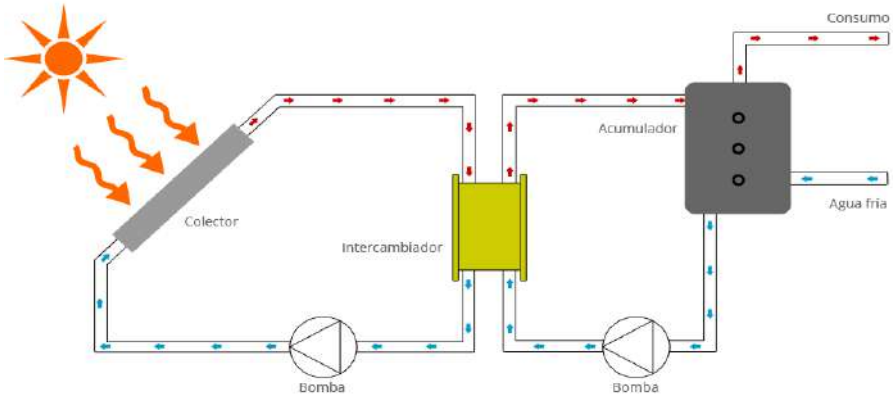


Figura 7. Esquema básico de una instalación de energía solar térmica

Fuente: (ekidom - Energías renovables, 2013)

1.2.2.3. Energía solar concentrada

Es una rama de la energía solar térmica que se utiliza para obtener electricidad a gran escala. Este proceso se realiza en las centrales solares termoeléctricas o, llamadas también, centrales termosolares (figura 8).

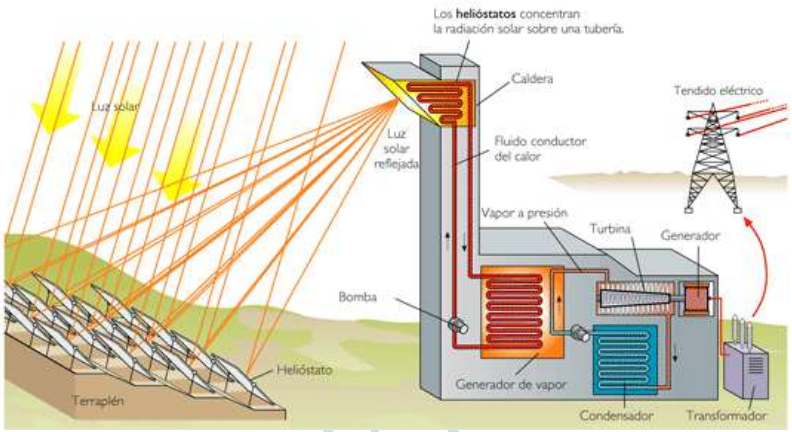


Figura 8. Central termosolar

Fuente: (3 Bohíotecno, s/f)

1.2.2.4. Ventajas e inconvenientes del uso de la energía solar

En las tablas 6 y 7 se aprecian las ventajas e inconvenientes que implica el uso de la energía solar:

Tabla 6. Ventajas y desventajas del uso de la energía solar

Ventajas	Desventajas
La energía solar, al provenir de una fuente inagotable, es un recurso renovable prácticamente ilimitado.	Su uso depende, principalmente, del nivel de radiación en el lugar donde se solicita implementar el sistema.
Bajos niveles de contaminación.	En algunas oportunidades, se debe complementar este método de conversión de energía con otros, como es el caso de las instalaciones de agua caliente y calefacción (requieren una bomba que haga circular el fluido).

Fuente: (Espada, 2016)

Tabla 7. Ventajas y desventajas del uso de la energía solar (continuación)

Ventajas	Desventajas
Se trata de un sistema de aprovechamiento de energía idóneo para zonas donde el tendido eléctrico no llega (zonas rurales, montañosas, islas) o es dificultoso y costoso su transporte.	Los costos iniciales de instalación de un sistema de energía solar pueden ser altos comparados con otras alternativas.
Este tipo de energía cuenta con un amplio potencial en zonas urbanas.	

Fuente: (Espada, 2016)

1.3. Situación de la energía solar en el Perú

1.3.1. Antecedentes

En el Perú, el interés por el uso técnico de las energías renovables, especialmente, de la energía solar, empezó en los años setenta, como consecuencia de la llamada crisis de petróleo. Se trabajó en diferentes instituciones del país (mayormente en universidades) en capacitación y desarrollo tecnológico, por ejemplo, en bombeo de agua con molinos de viento, calentadores solares de agua y secadores solares de productos agrícolas.

1.3.2. Estado actual de la energía solar térmica en el Perú

La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en la mayor parte del territorio nacional. A diferencia de otros países, en el Perú se puede utilizar todo el año en sus localidades, lo que hace atractivo su uso. En términos generales, se cuenta, en promedio anual, con 4-5 $kW \cdot {}^{h}/_{m^2}$ en la costa y selva y de 5-6 $kW \cdot {}^{h}/_{m^2}$ (figura 9), aumentando de norte a sur. (Horn, 2016)

El problema es transformar esta energía solar en energía útil y con un costo aceptable. Con los paneles fotovoltaicos, o simplemente llamados “paneles solares”, se puede transformar la energía solar directamente en electricidad. (Horn, 2016)

Figura 9. Mapa de la irradiancia solar del Perú

Fuente: (Sánchez, 2017)

1.3.2.1. Secado solar

El aprovechamiento tradicional de la energía solar más difundido es el secado solar de productos agrícolas, exponiéndolos directamente a la radiación solar.

Para superar los inconvenientes de este método (mermas, proceso lento, disminución de la calidad, condiciones higiénicas malas.) el CER-UNI (Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería) realizó entre 1983 y 1990, con apoyo de la Cooperación Técnica Alemana, el proyecto "Desarrollo y difusión de secadores solares para productos agrícolas y alimenticios". (Horn, 2016)

Asimismo, en la Universidad de Piura, se han desarrollado diferentes trabajos relacionados con esta aplicación. Se tiene el "Diseño de una línea de producción para la elaboración de café instantáneo de algarroba" y los "Productos industrializados de la algarroba peruana (prosopis pallida): algarrobina y harina de algarroba", enfocados en el secado de la algarroba. Por otro lado, también se ha realizado el "Análisis y diseño de un secador solar de café orgánico para el caserío de la Capilla, distrito de San Miguel del Faique, Huancabamba" y la "Modelación matemática, simulación, análisis paramétrico y financiero de una cámara de secado solar para cacao".

1.3.2.2. Termas solares

La fabricación local de calentadores solares de agua es la tecnología más antigua, de mayor desarrollo y diseminación en el Perú. Se estima que hay entre 25000 y 30000 termas solares, mayormente en Arequipa. Existen alrededor de 20 fabricantes que recientemente se han constituido en una "Asociación de Empresas Peruanas de Energía Solar" (AEPES) y que producen mensualmente alrededor de 600 metros cuadrados de colectores solares para termas solares. (Horn, 2016)

1.3.2.3. El proyecto CER – UNI en Taquile

En el Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería (CER-UNI) se ha desarrollado, desde 1996, un proyecto piloto de electrificación fotovoltaica en la comunidad insular de Taquile en el Lago Titicaca (figura 10).

En este proyecto, se pensó que los usuarios debieran pagar, mayormente, el costo de los SFV (sistemas fotovoltaicos), salvo los costos de estudios previos y de seguimiento, pero con facilidades y que los usuarios sean después propietarios de los SFD (sistemas fotovoltaicos domiciliarios). En el marco de este proyecto se han instalado 427 SFD, todos funcionando hasta la fecha. Se considera que el proyecto, bien evaluado, puede ser considerado como sostenible. (Horn, 2016)

Figura 10. Servicio de internet, usando paneles solares, en Taquile (Puno)

Fuente: (Horn, 2016)

1.3.3. Estado actual de la energía solar en el departamento de Piura

Más de 10000 pobladores de escasos recursos de 114 localidades de las provincias de Ayabaca y Morropón, en la región Piura, cuentan con energía eléctrica, que llega hasta sus viviendas mediante paneles fotovoltaicos. (Revista eólica y del vehículo eléctrico, 2013)

La obra (conformada por los proyectos: “Suministro e instalación de 615 SFD[1] en la zona rural del distrito de Chulucanas”, “Suministro e instalación de 643 SFD en la zona rural del distrito de La Matanza” y “Suministro e instalación de 808 SFD en la zona rural del distrito de Frías”) ejecutada por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), comprende la electrificación de 2104 viviendas ubicadas en 114 localidades. Cada uno de estos hogares cuenta con un panel fotovoltaico, una batería, un controlador de carga y tres luminarias de luz blanca de 11 W, entre otros accesorios. (Ministerio de Energía y Minas, 2014)

A raíz del Fenómeno del Niño ocurrido durante el 2017 y que afectó a diferentes localidades del país, se pensó en la energía solar como alternativa de reconstrucción y que pueda combatir la escasez de electricidad en las zonas que, en un futuro, pueden verse afectadas por desastres naturales.

En la figura 11 se pueden apreciar los valores de irradiancia solar presentes en el departamento de Piura, los cuales, son elevados en las provincias de Piura, Sullana, Paita y Talara (sobre todo, en los meses comprendidos entre noviembre y febrero).

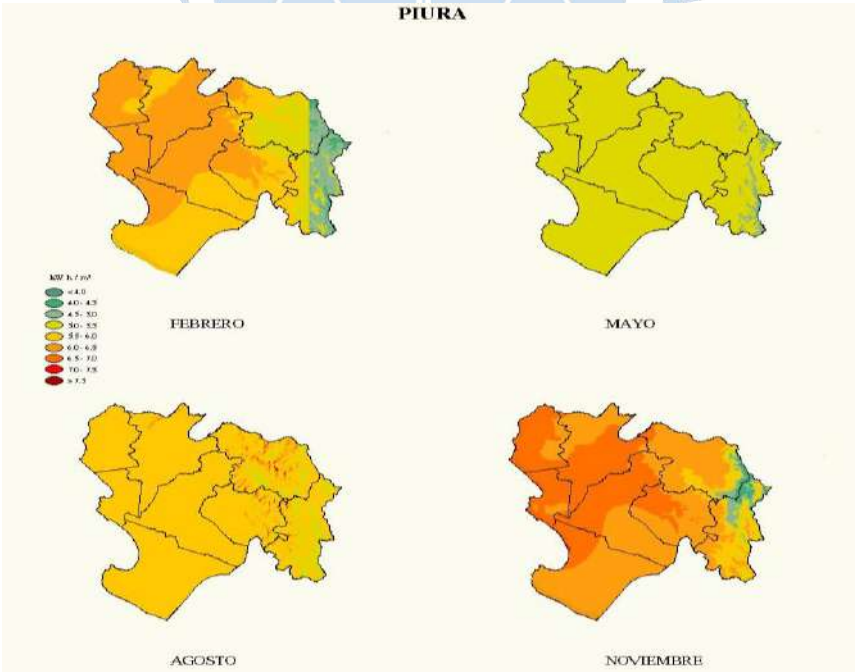


Figura 11. Mapa de irradiancia solar del departamento de Piura

Fuente: (Salas, 2010)

[1] SFD: Sistema Fotovoltaico Domiciliario.

1.4. Aplicaciones de la energía solar térmica

- Obtención de agua caliente sanitaria (ACS) en viviendas, hoteles, residencias, instalaciones deportivas.

- Climatización de piscinas tanto cubiertas como descubiertas, mediante el calentamiento del vaso de agua.

- Apoyo a sistemas de calefacción, especialmente, en aquellos de suelo radiante o de baja temperatura.

- Producción de frío aplicable a la climatización de aire incluso en algunos procesos industriales.

- Procesos industriales que requieran calentamiento o pre calentamiento de agua o agua caliente a temperaturas no excesivas.

- ACS + calefacción: La mejor posibilidad de obtener un buen rendimiento, tanto energético como económico en calefacción mediante captadores solares, consiste en su utilización en combinación con un sistema de suelo radiante, el cual, es capaz de funcionar eficazmente a temperaturas entre 30 ºC y 40 ºC. Hay dos esquemas diferentes, según se encuentre la distribución de energía, en el primario o en el secundario.

a) Distribución de energía en el primario

Corresponde a una instalación con un depósito para cada uso (figura 12). En este caso la distribución se hace en el primario, es decir, antes de la acumulación. Con una válvula motorizada (se pueden emplear dos bombas y prescindir de esta válvula) a la entrada de cada circuito, se alimenta uno u otro depósito según una prioridad preestablecida. (Méndez, 2011)

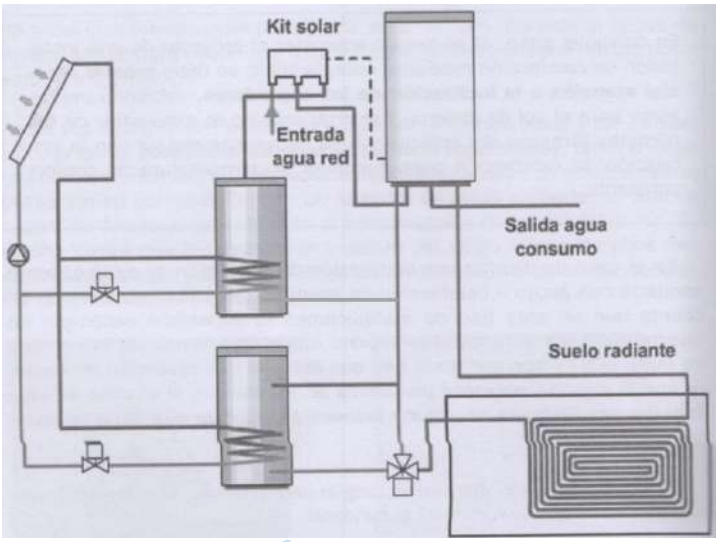


Figura 12. ACS + calefacción (distribución de energía en el primario)

Fuente: (Méndez, 2011)

b) Distribución de energía en el secundario

Corresponde a una instalación con un solo depósito para los dos usos (figura 13). En este caso, la distribución se hace después de la acumulación. (Méndez, 2011)

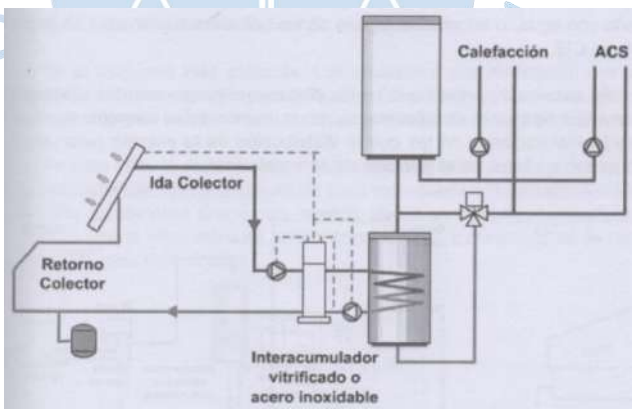


Figura 13. ACS + calefacción (distribución de energía en el secundario)

Fuente: (Méndez, 2011)

- ACS + climatización de piscina: Permite un uso mucho más racional de la instalación en el caso de piscinas descubiertas (la superficie destinada a la climatización de la piscina durante el verano se dedica, en el periodo invernal, a la producción de ACS).

Debido a que el vaso de las piscinas hace las funciones de depósito de acumulación solar, siempre se diseñarán instalaciones en las que la distribución de la energía se realice en el primario de la instalación (figura 14).

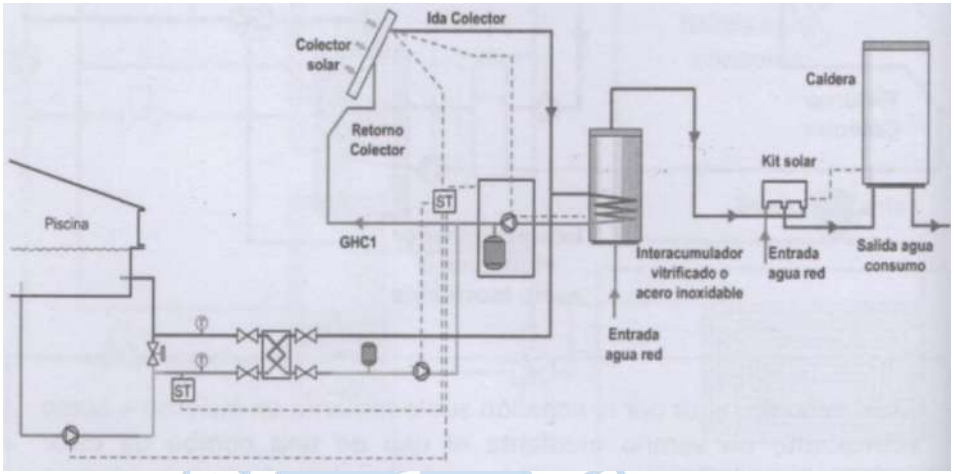


Figura 14. ACS + climatización de piscina

Fuente: (Méndez, 2011)

- ACS + calefacción + climatización de piscina: Es el uso múltiple óptimo ya que aprovecha, en todo momento, la superficie de captación. Es improbable que exista un exceso de producción salvo que la necesidad de energía para calefacción de la vivienda en invierno sea muy superior o muy inferior a la necesidad de energía para climatizar la piscina en verano.

Según la distribución de energía esté en el primario o en el secundario, existen dos posibles esquemas para estas instalaciones. (Méndez, 2011)

a) Distribución de energía en el primario

Corresponde a una instalación con un depósito interacumulador para ACS, otro (o un intercambiador de placas + depósito) para calefacción y un intercambiador de placas para piscina (figura 15).

En este caso, la distribución se hace en el primario; es decir, antes de la acumulación. Con una válvula motorizada (se pueden emplear tres bombas y prescindir de esta válvula) a la entrada de cada circuito, se alimenta uno u otro depósito según una prioridad preestablecida. (Méndez, 2011)

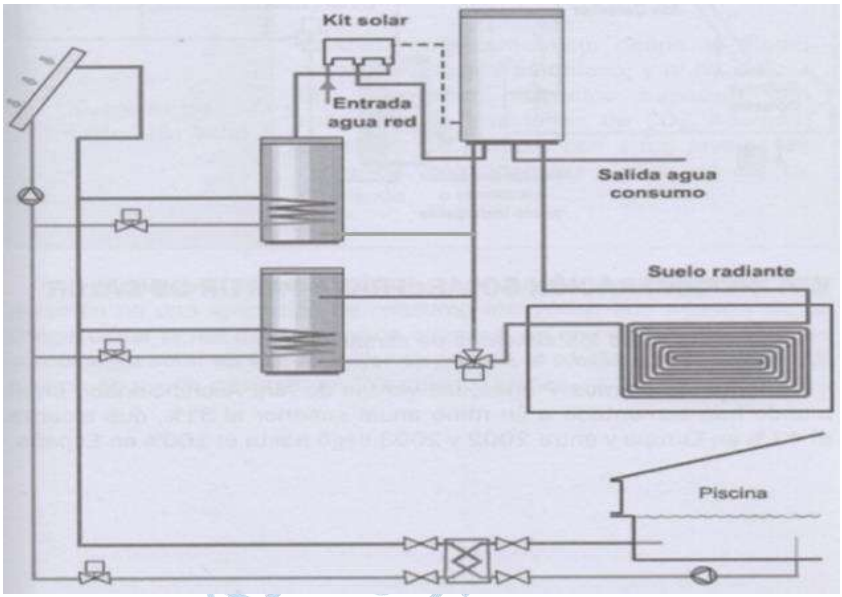


Figura 15. ACS + calefacción + climatización de piscina (distribución de energía en el primario)

Fuente: (Méndez, 2011)

b) Distribución de energía en el secundario

Corresponde a una instalación con un solo depósito para los tres usos. En este caso, la distribución se hace en el secundario, después de la acumulación (figura 16).

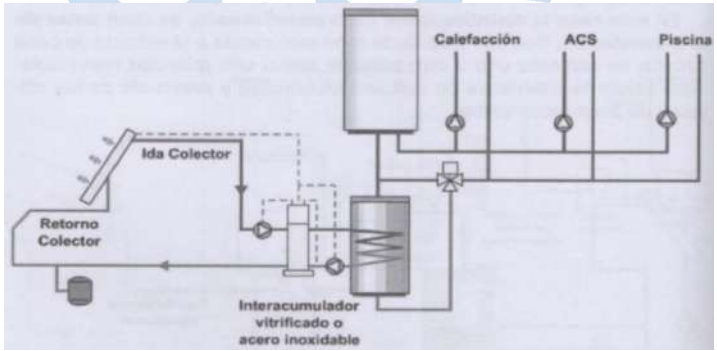


Figura 16. ACS + calefacción + climatización de piscina (distribución de energía en el secundario)

Fuente: (Méndez, 2011)

1.5. Descripción de sistemas solares térmicos

Un sistema solar térmico es el conjunto de componentes que permite captar la energía solar disponible y transformarla en calor y así pueda ser utilizada para satisfacer una determinada necesidad.

La principal aplicación para la que se utiliza es la obtención de agua caliente sanitaria (ACS), al ser la más difundida, la más empleada y conocida a nivel mundial; así como también, porque la temperatura que se requiere para el agua no es muy elevada (60 ºC). (Méndez, 2011)

Otras aplicaciones como su uso en calefacción, presentan ciertos inconvenientes, ya que los sistemas convencionales de calefacción por radiadores precisan de unas temperaturas del agua elevadas (90 ºC), lo que disminuye el rendimiento del sistema solar. Otro inconveniente que presenta es la estacionalidad (implica que, a fin de optimizar la inversión, las instalaciones solares se diseñen de modo que produzcan la energía necesaria en los meses de verano; por lo que, en invierno, que hay menor radiación no se cubran las necesidades y no se deba prescindir del sistema de producción térmica convencional de la instalación).

En la figura 17 se observa un esquema representativo de un sistema solar térmico. En las tablas 8 y 9, se hace una descripción de los componentes de éste.

1.5.1. Elementos

Tabla 8. Elementos de un sistema solar térmico

Sistema de captación	Capta y convierte la radiación solar en energía térmica, aumentando la temperatura del fluido de trabajo.
Intercambiador de calor	Transfiere el calor del fluido de trabajo que circula por un circuito primario al agua que hay en el circuito secundario.

Fuente: (Méndez, 2011)

Tabla 9. Elementos de un sistema solar térmico (continuación)

Sistema de acumulación	Almacena, en el agua, la energía térmica producida para poder utilizarla en períodos en los que la demanda exceda la capacidad de producción.
Sistema de control	Encargado del correcto funcionamiento de la instalación, dando las órdenes necesarias a las bombas y válvulas para que funcionen según los valores aportados por las diferentes sondas.
Sistema hidráulico	Permite la circulación de los fluidos por los diferentes circuitos de la instalación. Está compuesto por el sistema de tuberías, elementos de derivación (válvulas) y electrobomba.
Sistema de energía auxiliar	El sistema solar va a permitir sustituir una parte de la energía convencional consumida por la instalación, pero no toda ella, por eso normalmente siempre existe este sistema.

Fuente: (Méndez, 2011)

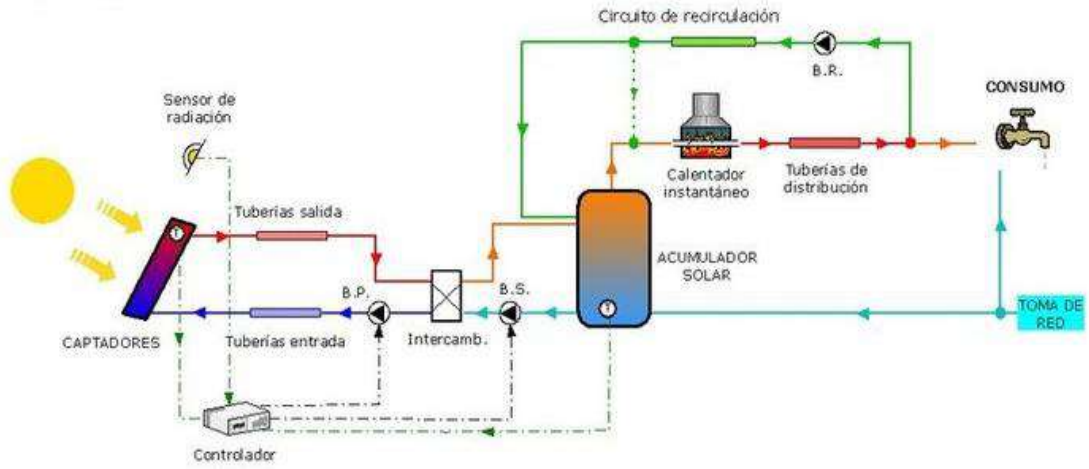


Figura 17. Esquema típico de un sistema solar térmico

Fuente: (Energías renovables para su casa, 2015)

Este trabajo se centrará en la aplicación de la energía solar térmica mediante el empleo de los captadores solares para, posteriormente, producir calor (tanto para piscina como para agua caliente sanitaria), ya que se tratan de los dispositivos más conocidos y que se encuentran al alcance de ciertos usuarios para su adquisición.

1.5.2. Clasificación de los sistemas solares térmicos

Los sistemas solares térmicos pueden utilizarse para la obtención de agua caliente sanitaria (garantizando una temperatura de confort de 42 ºC para el verano y 60 ºC durante el invierno), climatización de piscinas (manteniendo una temperatura promedio de 24-27 ºC, dependiendo del uso específico que tenga la piscina) o para un uso mixto (en el que se cumplan los requerimientos de las dos aplicaciones mencionadas anteriormente).

1.5.2.1. Según el sistema de circulación del fluido primario[2]

a) Sistemas termosifón

Aprovechan la diferencia de temperaturas del agua y del fluido caloportador, para que se muevan por diferencia de densidades, ocasionada por la exposición a la radiación solar. Se sabe que el agua caliente pesa menos que la fría, por lo tanto, al pasar por el panel y calentarse tiende a subir, por ello, en los sistemas por termosifón es necesario que el depósito se encuentre por encima del panel, evitando así la bomba de circulación (con lo cual, se ha de facilitar al máximo el recorrido del fluido por las tuberías, evitando codos, curvas u otros accesorios). (Carlos, 2015)

En la siguiente figura se aprecia un ejemplo de estos sistemas, donde el fluido que hay dentro del panel se calienta por la acción del sol, sube al depósito y cede su calor al agua que hay en el mismo a través de un intercambiador (en este caso, de envolvente), al transferir su calor se enfría y vuelve a la parte baja del panel, repitiéndose el proceso mientras incida el sol. (Carlos, 2015)

[2] Fluido primario: O también llamado fluido caloportador, es un líquido que, al pasar por el colector, es capaz de calentarse absorbiendo energía proveniente del sol. Será explicado a mayor detalle en el apartado 1.6.3.1. del presente trabajo.

Figura 18. Sistemas termosifón instalados en Piura

Fuente: Elaboración propia

b) Sistemas de circulación forzada

A menudo, la ubicación de los captadores solares está por encima del acumulador (por ejemplo, captadores en tejado). En este tipo de instalación se presentan diversas pérdidas de carga en la circulación del agua entre los captadores y el acumulador, debido a que el agua más caliente (los captadores) ya se encuentra en su punto más alto y no hay ninguna fuerza que la haga desplazar al agua fría que ya está en el punto más bajo y es la más pesada.

Para compensar las pérdidas de carga, se emplea una bomba, la cual impulsa el fluido (generalmente desde la parte inferior del acumulador, zona fría) en dirección hacia la parte inferior de los captadores solares.

Tal como se ve en la figura 19, los elementos están dispuestos en dos circuitos hidráulicos independientes denominados: circuito primario y secundario. El intercambiador de calor hace de frontera entre ambos circuitos.

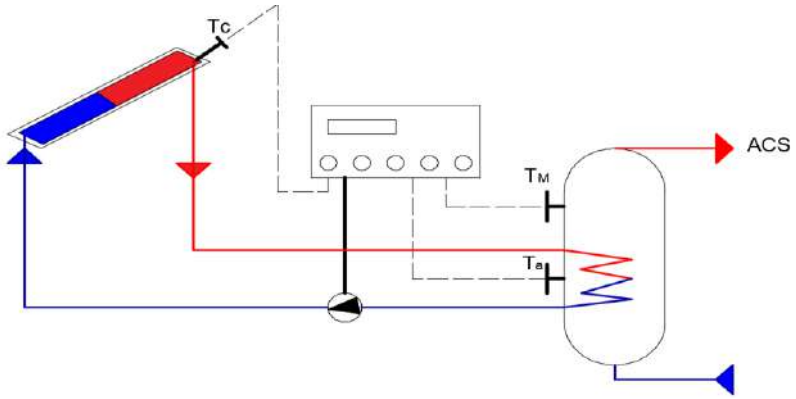


Figura 19. Sistemas de circulación forzada

Fuente: (García, La energía solar, 2018)

1.5.2.2. Según la forma de intercambio de calor entre circuito primario y secundario

a) Instalaciones de intercambio directo

El intercambio directo exige la existencia de un único circuito entre los colectores y el agua de consumo (figura 20).

Este sistema solamente se puede emplear cuando, por razones climáticas, no es necesario añadir un anticongelante al agua de los colectores, que impida su deterioro.

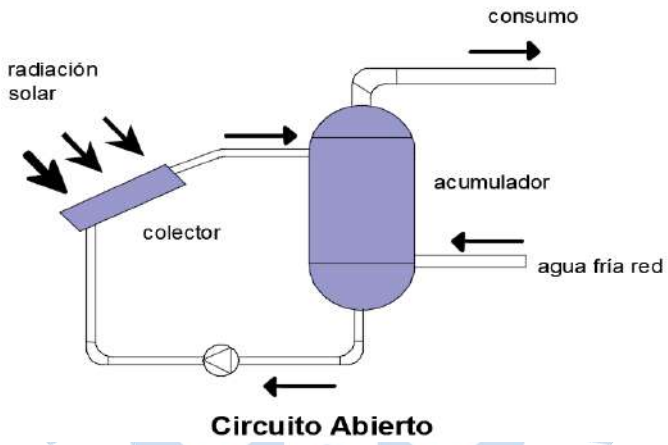


Figura 20. Instalaciones de intercambio directo

Fuente: (Méndez, 2011)

b) Instalaciones con intercambio indirecto

El intercambio indirecto supone el uso de dos circuitos independientes, uno primario y otro secundario (figura 21). Por el primario circulará un fluido caloportador no apto para el consumo y, por el secundario, el agua destinada a ACS.

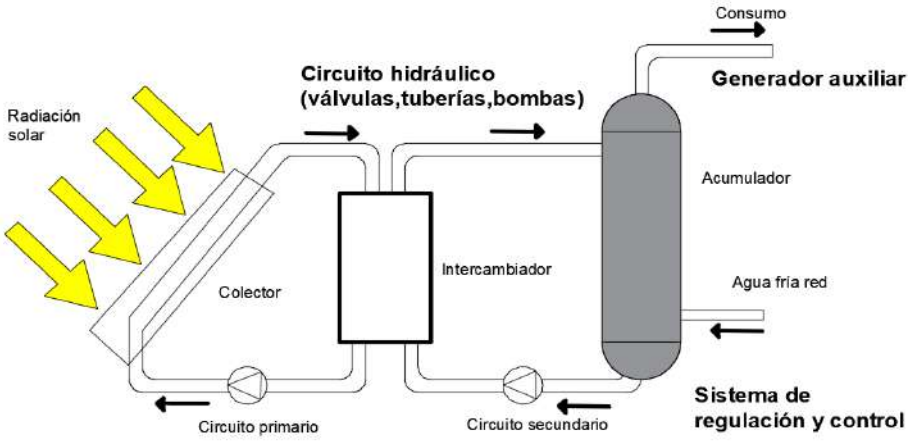


Figura 21. Instalaciones con intercambio indirecto

Fuente: (Biosol Energía, 2014)

1.5.2.3. Según el sistema de apoyo empleado en la producción de ACS

El sistema convencional debe tener la capacidad de calentar el agua tanto si está fría como si está precalentada por el sol. Las instalaciones convencionales pueden ser centralizadas o individuales.

a) Sistema convencional centralizado

Utiliza una instalación común para todos los usuarios con un sistema centralizado para la acumulación solar, en donde se precalienta el ACS antes de pasar al sistema convencional para, posteriormente, distribuirse a cada vivienda; tiene la ventaja de medir el consumo de agua individual de cada una y facturarlo.

b) Sistema convencional individual

Se utiliza una acumulación solar centralizada que distribuya el agua precalentada a todos los usuarios y en cada una de ellos un sistema de calentamiento instantáneo o con acumulación (que pueda aportar la energía deficiente).

1.5.2.4. Según el sistema auxiliar de energía convencional

a) Sistemas con acumulación

La energía térmica procedente de los rayos solares llega a los captadores, calentando el fluido que circula por su interior. El agua caliente es intercambiada hasta otro circuito (secundario) donde es acumulada en un depósito acumulador hasta poder ser utilizada, normalmente como agua caliente sanitaria. El sistema convencional se coloca en serie después del sistema solar, que actúa como precalentador del agua (figura 22).

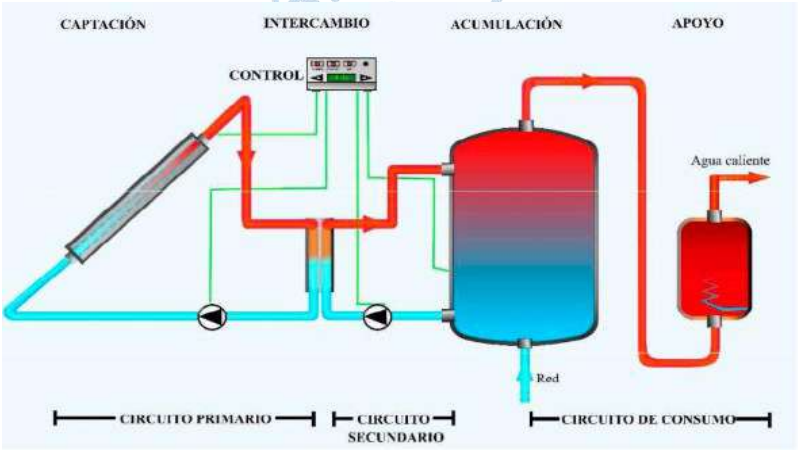


Figura 22. Sistemas con acumulación

Fuente: (Biosol Energía, 2014)

b) Sistemas instantáneos

Se tiene un sistema de producción de ACS instantáneo[3] que puede ser una caldera o un calentador. Se aconseja regular la potencia térmica que entrega al agua a fin de obtener la temperatura de consumo.

[3] Que calientan el agua según se demanda. Este sistema presenta como inconveniente que se enciende cada vez que el usuario demanda agua caliente y se apaga después, incrementando considerablemente el consumo energético.

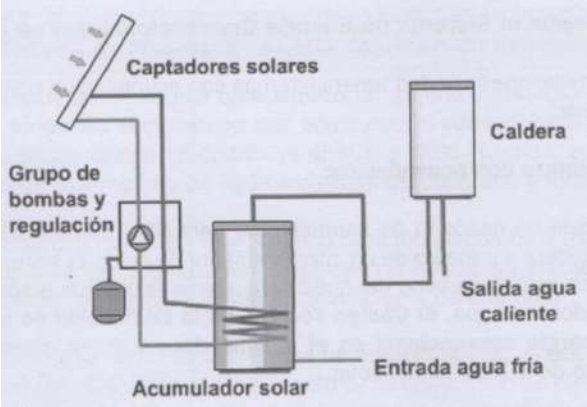


Figura 23. Sistemas instantáneos

Fuente: (Méndez, 2011)

1.6. El captador solar térmico

Es el componente de una instalación solar térmica encargado de captar la energía del Sol (radiación solar) y transformarla en energía térmica. (figura 24)

Figura 24. Captador solar térmico instalado en una vivienda

Fuente: (Energía solar Levante, 2013)

1.6.1. Principios físicos del funcionamiento del captador solar térmico

El captador solar funciona a partir de la aplicación de los siguientes principios físicos:

1.6.1.1. El absorbedor negro

La radiación solar incidente es parcialmente absorbida por los cuerpos. El resto es reflejada o los atraviesa. La relación entre estos efectos depende de:

- La naturaleza del cuerpo.
- El estado de la superficie.
- El tipo de radiación.
- La longitud de onda.
- El ángulo de incidencia de los rayos solares. (Energía solar, 2015)

Los cuerpos oscuros y mates captan mejor la radiación solar que cualquier otro color; por eso el absorbedor del captador solar suele ser de colores oscuros, para aprovechar al máximo la radiación solar. (Energía solar, 2015)

1.6.1.2. El efecto invernadero

Este efecto se genera en algunos cuerpos transparentes, que normalmente sólo son atravesados por radiaciones con longitud de onda entre 0,3 y 3 micras. Dado que la mayor parte de la radiación solar está comprendida entre 0,3 y 2,4 micras, la luz solar puede atravesar un vidrio. Una vez atravesado, la radiación encuentra el absorbedor, que se calienta por la radiación solar y emite radiaciones comprendidas entre los 4,5 y 7,2 micras para las que el vidrio es opaco. (Energía solar, 2015)

Esta radiación que no puede salir se refleja hacia el interior de nuevo. Una parte de esta energía calienta el vidrio y el cristal la remite hacia dentro y hacia fuera. (Energía solar, 2015)

1.6.2. Tipos de captadores solares térmicos

Los colectores solares se pueden clasificar en base a ciertos parámetros. En función del fluido térmico que utiliza, los colectores pueden utilizar un líquido o un gas para transferir el calor.

Los líquidos más frecuentes son el agua, una disolución anticongelante o un aceite térmico. El gas que se suele utilizar como fluido térmico es el aire. (energiadoblecero, 2011)

Otra clasificación es por el rango de temperatura de trabajo, que va íntimamente relacionado con los componentes básicos que compongan el colector. Así pues, se pueden organizar de esta forma: (energiadoblecero, 2011)

1.6.2.1. Captadores de baja temperatura

Son colectores solares que, normalmente, proporcionan calor por debajo de los 80ºC. Los captadores de baja temperatura más utilizados son los colectores solares planos. Este tipo de colectores pueden llevar o no una capa protectora, normalmente un vidrio, que limita las pérdidas de calor. (Varinia.es, 2009)

De esta manera, se subdividen en colectores solares planos con cubierta (figura 25), utilizados fundamentalmente para producción de agua caliente sanitaria y calefacción, o sin cubierta, más económicos y de menor rendimiento, usados habitualmente para la climatización de piscinas. (Varinia.es, 2009)

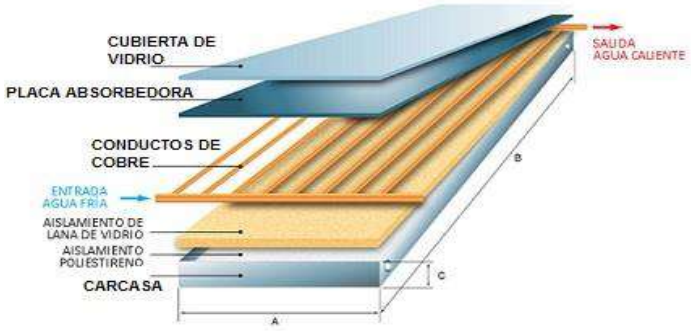


Figura 25. Captador solar plano con cubierta

Fuente: (SOPELIA, 2017)

1.6.2.2. Captadores de media temperatura

Dentro de esta clasificación se puede encontrar el colector de vacío, el cual, puede alcanzar temperaturas de hasta 120ºC. Este tipo de colectores son más caros y sus aplicaciones principales son: la producción de ACS y climatización de piscinas.

Los captadores de media temperatura trabajan a temperaturas entre 100ºC y 250ºC, por lo que permiten la producción de vapor para procesos industriales y la obtención de electricidad (figura 26).

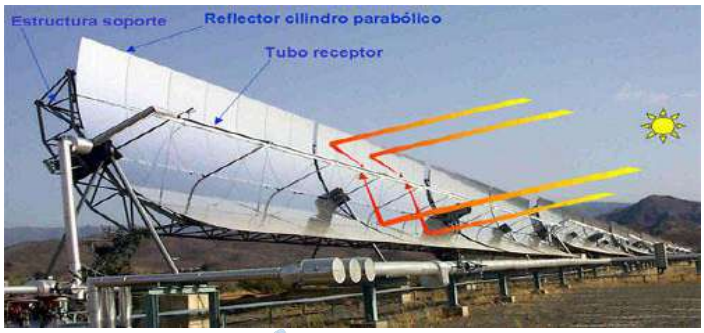


Figura 26. Colectores de concentración (captadores de media temperatura)

Fuente: (DEMO E-DUCATIVA CATEDU, 2016)

1.6.2.3. Captadores de alta temperatura

Alcanzan temperaturas extremadamente altas (en algunos casos, 2000ºC). Son sistemas caros y de mayor rendimiento. Su principal aplicación es la obtención de electricidad.

Uno de los sistemas de concentración más empleados son los espejos parabólicos; otro tipo de sistemas de alta temperatura son las centrales térmicas solares, formadas por un campo de espejos, llamados heliostatos (figura 27), orientados de tal manera que todos reflejan la radiación solar que reciben hacia una caldera independiente situada en lo alto de una torre central. (Varinia.es, 2009)

Figura 27. Central termosolar formada por heliostatos

Fuente: (Mundo solar, 2015)

1.6.2.4. Elección del tipo de captador solar más adecuado para nuestra aplicación

Se opta por elegir al captador solar de placa plana (de baja temperatura) para los requerimientos con los que se cuentan, a diferencia de uno de media (como es el caso del de tubos de vacío) o de alta temperatura, por las siguientes razones:

- El captador solar plano es ideal para usarlo tanto para agua caliente sanitaria como para climatización de piscinas.

- Las temperaturas que se pueden alcanzar con este último (30-70 ºC), son suficientes para cumplir con los requerimientos de cada una de las aplicaciones que se pretende implementar con energía solar (hasta 42 ºC).

- Si bien los colectores solares de tubos de vacío (media temperatura) y los de alta temperatura poseen un mayor factor de eficiencia, a diferencia de los de baja temperatura, el buen funcionamiento y rendimiento de éste se puede compensar con las adecuadas condiciones ambientales de la provincia de Piura (el rendimiento de cada captador se encuentra compuesto por dos partes: un factor de eficiencia que otorga el fabricante y otra parte que abarca las condiciones climáticas del lugar en el que se planea instalar el captador[4]).

- En cuanto al factor económico, los captadores de tubos de vacío (media temperatura) y los de alta temperatura cuentan con un precio 2 a 3 veces mayor (como mínimo) respecto a uno de baja temperatura, por lo que, influye directamente en la inversión hecha en la instalación.

- El mantenimiento que se le debe realizar a un captador de tubos de vacío es más costoso (puede incluir materiales y mano de obra) respecto a un captador de placa plana, debido al mayor riesgo de rotura y a la delicada manipulación que se le deben practicar a los tubos de vacío.

[4] Se explica a mayor detalle en el apartado 1.6.3.2. de la presente tesis.

- El tiempo de vida útil de los captadores de tubos de vacío es menor que el de los captadores de placa plana.

1.6.2.5. Conexión de captadores solares térmicos

a) Conexión en serie

Se conectan de esa manera (figura 28) cuando se quieren conseguir temperaturas elevadas. El fluido pasa por uno de los captadores y después se introduce en el siguiente.

En el segundo captador, el fluido entra a mayor temperatura que en el primero. Esto hace que el rendimiento de la instalación disminuya, puesto que el rendimiento energético de un captador solar disminuye cuando aumenta la temperatura de entrada. (Méndez, 2011)

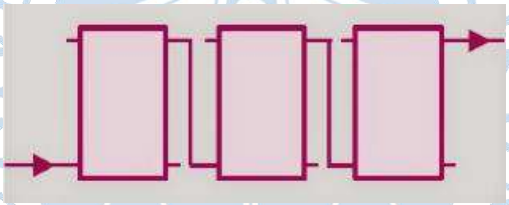


Figura 28. Conexión en serie de captadores solares térmicos

Fuente: (Peñalver, 2015)

b) Conexión en paralelo

Para la producción de ACS, lo más adecuado es conectar los colectores en paralelo formando filas con el mismo número de captadores (figura 29). El número de captadores que pueden conectarse en paralelo en un mismo grupo (en general, se desaconseja la conexión de más de 8 captadores solares) depende de las características constructivas del captador y es una información que debe ser suministrada por el fabricante.

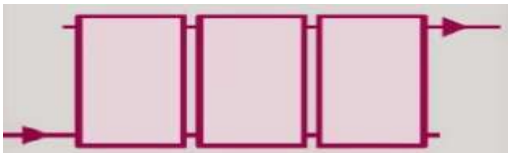


Figura 29. Conexión en paralelo de captadores solares térmicos

Fuente: (Peñalver, 2015)

c) Conexión mixta serie – paralelo

Se utilizan los dos sistemas, serie y paralelo anteriormente descritos (figura 30). Los conjuntos en serie deben tener el mismo número de captadores que en paralelo para que el caudal sea el mismo en cada conjunto. Su modo de empleo es poco común, tiene sentido en instalaciones con grandes superficies de captación en las que es necesaria una temperatura muy alta de salida. (Méndez, 2011)

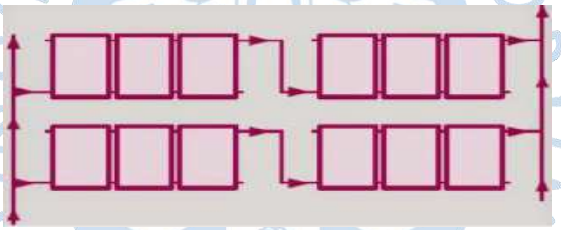


Figura 30. Conexión mixta de captadores solares térmicos

Fuente: (Peñalver, 2015)

1.6.3. El captador de placa plana

Es el tipo de captador que, hasta ahora, ha obtenido una mayor difusión. Su funcionamiento está basado en el principio del efecto invernadero, es decir, captar la radiación solar en su interior, transformarla en energía térmica y evitar su salida al exterior.

Esto se consigue debido a la capacidad de los materiales del cristal para reflejar las radiaciones infrarrojas que se producen al calentarse el interior del captador, así como las propiedades aislantes de las capas inferiores de estos colectores. (Isempa, 2018)

1.6.3.1. Estudio de los elementos constitutivos del captador de placa plana

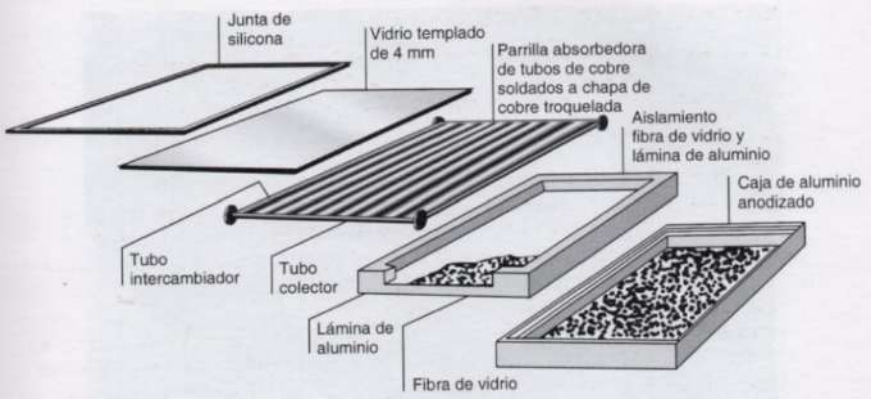


Figura 31. Despiece de un típico captador de placa plana
Fuente: (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Los principales elementos que los conforman son (figura 31):

a) Cubiertas transparentes

Cualidades fundamentales que deben cumplir

- Provocar el efecto invernadero y reducir, al mismo tiempo, las pérdidas por convección, mejorando así el rendimiento del captador.

- Asegurar la estanqueidad del captador al agua y al aire, en unión con la carcasa y las juntas.

- Tener un coeficiente de conductividad térmica bajo, que dificulte el paso de calor desde la superficie interior (de la cubierta) hacia la exterior, para minimizar las pérdidas y mejorar, así, el rendimiento del captador.

- No ha de mantener la suciedad adherida a la superficie exterior para que la lluvia resbale fácilmente, asegurando un lavado eficaz, sin hacer precisa la limpieza manual, salvo en casos excepcionales o en zonas polvorientas y secas.

- Es también posible, para tratar de reducir las pérdidas por convección, emplear una doble cubierta o aumentar el espesor del material transparente. (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Materiales utilizables

- **Vidrio:** Se deben elegir los vidrios recocidos o templados. Entre sus ventajas, se encuentran: mayor resistencia a la rotura, mayor resistencia a la flexión, gran resistencia a las contracciones de origen térmico, ya que sus propiedades ópticas no se deterioran en determinados procesos y, en cambio, sus propiedades mecánicas mejoran notablemente.

Las cubiertas de los captadores deben resistir la presión del viento, el peso del hielo y la nieve, los choques del granizo, etc. (CENSOLAR TOMO III, 2007)

- **Materiales plásticos:** Ciertos materiales plásticos tienen propiedades ópticas análogas a las del vidrio, es decir, son transparentes a las radiaciones de onda inferiores a 3 μm, aproximadamente, y opacos a las radiaciones de onda larga superiores, pudiendo servir para la construcción de cubiertas transparentes de los captadores, a fin de obtener el efecto invernadero. Los plásticos destinados a cubiertas de captadores se presentan como: películas flexibles de algunas décimas de milímetro de espesor, o como placas rígidas de algunos milímetros. (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Cubiertas de doble vidrio

Los dobles vidrios tienen la ventaja de acrecentar el efecto invernadero, reducir las pérdidas por convección y, en consecuencia, aumentar la temperatura que puede alcanzar el fluido caloportador en el absorbedor. Las pérdidas ópticas de las cubiertas dobles (reflexión y absorción) son mayores y, por tanto, la energía recibida por el absorbedor es menor. Todo ello hace que el rendimiento del captador varíe según las condiciones de utilización: diferencia entre la temperatura de salida del fluido caloportador y la temperatura exterior, velocidad del viento, ángulo de incidencia solar, etc. (CENSOLAR TOMO III, 2007)

b) Absorbedor por fluido caloportador líquido

El absorbedor (figura 32) tiene la finalidad de recibir la radiación solar, transformarla en energía térmica y transmitirla al fluido caloportador.

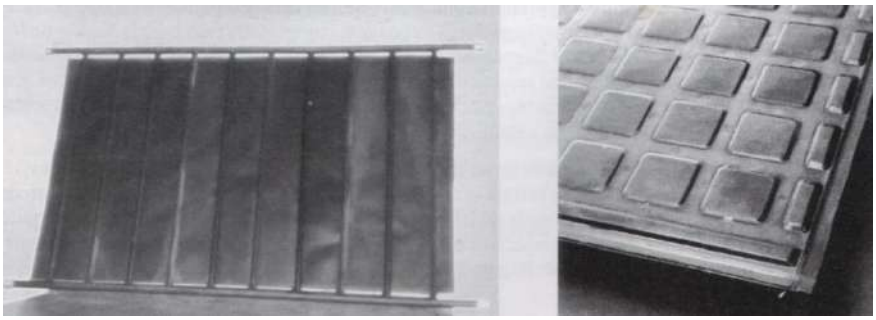


Figura 32. Típico absorbedor de parrilla y lámina de cobre (izquierda) y absorbedor de acero inoxidable, de placas embutido (derecha)

Fuente: (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Constitución del absorbedor, forma y materiales

Existen diferentes modelos de absorbedores. Los más utilizados son los siguientes:

- Dos placas metálicas separadas algunos milímetros, entre las cuales, circula el fluido caloportador.

- Una placa metálica, que es el absorbedor propiamente dicho, sobre la cual están soldados o embutidos los tubos por los que circula el fluido caloportador.

- "Roll Blond" (de cobre o aluminio): El procedimiento de fabricación de este absorbedor consiste en unir con gran presión dos láminas de metal, en cuyas caras internas se ha dibujado el circuito del fluido caloportador.

- Absorbedores en plástico, usados casi exclusivamente en climatización de piscinas. Posteriormente, se insufla aire a presión, provocando el abombamiento del circuito previamente dibujado. (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Revestimiento del absorbedor

Es conveniente que la cara del absorbedor expuesta al sol esté recubierta de un revestimiento especialmente elegido para absorber mejor los rayos solares. Se utilizan dos procedimientos: pinturas y superficies selectivas. (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Las pinturas son más económicas que las superficies selectivas. Cuentan con un mejor comportamiento térmico a la radiación solar para temperaturas cercanas a las del ambiente. Sin embargo, presentan como gran inconveniente su deterioro frente a la continua acción de la radiación ultravioleta y a las variaciones de temperatura entre el día y la noche.

Después de los ensayos que se han practicado a las superficies selectivas, se estima que pueden durar más de 10 años. El principal inconveniente de los tratamientos de este tipo es que suelen ser muy costosos.

Características que debe cumplir el absorbedor

- **Pérdida de carga**

Un punto a tener en cuenta es la pérdida de carga en el circuito absorbedor del fluido caloportador. (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Si la instalación va a funcionar por termosifón, la pérdida de carga del captador no debe superar los 3 mm de columna de agua por cada m^2 de captador, para que la circulación entre la entrada y la salida sea buena. Por el contrario, en el caso de circulación forzada, la pérdida de carga del circuito del absorbedor no es un factor que se deba considerar.

- **Entradas y salidas de fluido en el absorbedor**

Las pérdidas de carga provocadas por los orificios de entrada y salida no deben ser altas y no se deben forzar las soldaduras en esos puntos en el momento de conectar diversos captadores entre sí o con la tubería exterior, con el objetivo de no originar fugas por la rotura de las mismas

- **Puentes térmicos**

No deben existir puentes térmicos entre el absorbedor y los elementos no aislados del captador que puedan provocar, en tiempo frío, pérdidas considerables (especialmente, en los puntos de fijación de la carcasa). Las entradas y salidas del absorbedor deberán estar bien aisladas térmicamente.

- **Resistencia a la presión**

Al estar conectado directamente a la red, el captador debe ser capaz de soportar la presión de ésta. Se puede pensar que esa resistencia no es precisa cuando el absorbedor se encuentra incluido en un circuito primario (en el que la circulación se lleva a cabo a una presión bastante pequeña), pero incluso en este caso, hay que prever las subidas accidentales de presión que pueden ocurrir por las siguientes causas:

-La espontánea conexión directa del absorbedor con la red. Esto suele ocurrir cuando, por una avería, se ha perdido fluido del circuito primario y se rellena con agua de la red. (CENSOLAR TOMO III, 2007)

-La obstrucción accidental del circuito primario, en el cual, la circulación del fluido se debe a un electrocirculador. (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Resulta importante implementar la instalación con los elementos de seguridad necesarios para evitar que se originen sobrepresiones dañinas para los absorbedores, que suelen ser los elementos menos resistentes a la presión y los más costosos de la instalación.

c) El aislamiento posterior

El absorbedor presenta un aislamiento en su parte posterior, el cual, lo protege contra las pérdidas térmicas. Los aislantes para un captador deben poseer algunas características especiales:

-Comportamiento con la temperatura: Es preciso que el aislamiento posterior resista temperatura del orden de los 150 ºC sin deteriorarse. (CENSOLAR TOMO III, 2007)

-Desprendimiento de vapores: Bajo la acción del calor puede que el aislante desprenda vapores, con el riesgo de condensarse sobre la cubierta transparente. Los dos puntos a examinar son:

a) Saber si el aislante, al descomponerse por el calor, desprende vapores.
b) Saber si los vapores desprendidos pueden depositarse sobre la cubierta transparente. (CENSOLAR TOMO III, 2007)

-Envejecimiento: Se recomienda comprobar que el aislamiento posterior no se degrade debido al envejecimiento, u otro fenómeno, a la temperatura de trabajo.

d) Carcasa

La misión de la carcasa consiste en proteger y soportar los diversos elementos que componen el captador, así como también, en funcionar de enlace con el conjunto del edificio sobre el cual se instalará el captador, por medio de los bastidores y elementos de anclaje necesarios.

Con el fin de evitar un gasto incompatible con una amortización normal de instalación, no se recomienda reemplazar un captador, o su carcasa, antes de la vida normal de éste (no menor a 15 años).

e) El fluido caloportador

Es un líquido que circula en el interior del circuito primario de la instalación solar y que, al pasar por el colector, es capaz de calentarse absorbiendo energía proveniente del sol. En el intercambiador de calor, esta energía pasa al circuito secundario de la instalación solar térmica para ser aprovechada. La capacidad de absorber y ceder calor viene determinada por una propiedad llamada calor específico. (Quimacer, 2016)

El fluido caloportador es imprescindible para evitar congelaciones y debe ser capaz, a su vez, de resistir altas temperaturas. (Energía solar térmica, 2006)

Los tipos más utilizados son el agua y la mezcla de agua con anticongelante (abarca toda variedad de glicoles, de los cuales, los más usados son el etilenglicol y el propilaglicol). Pueden ser también aceites de silicona o líquidos orgánicos sintéticos. (Energía solar térmica, 2006)

1.6.3.2. Rendimiento

a) Balance energético en el captador solar (Ecuación de Bliss)

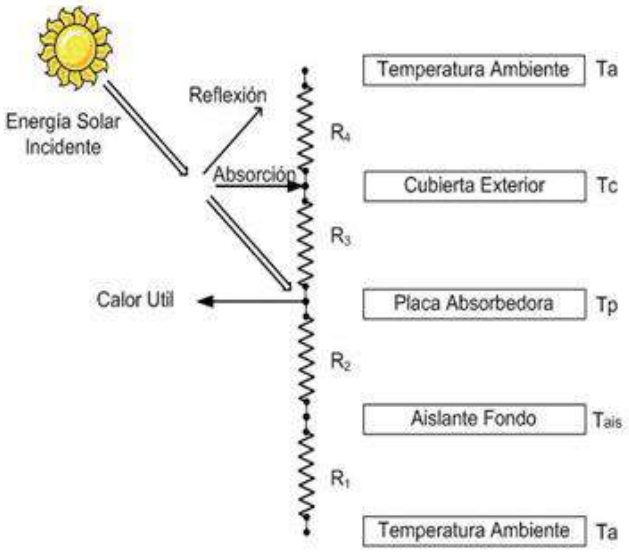


Figura 33. Balance energético en un captador solar
Fuente: (Fauroux, 2016)

El balance energético en un captador solar (figura 33) se puede expresar de la siguiente forma:

$$Q = Q_1 - Q_2 - Q_3 \quad \textbf{(1)}$$

Siendo:

- Q = energía útil del captador.
- Q_1 = energía incidente total (directa + difusa + reflejada).

- $Q_2 =$ energía perdida por disipación.
- $Q_3 =$ energía almacenada en el captador en forma de energía térmica. (Méndez, 2011)

La energía útil del captador, en función de la radiación solar y de la temperatura, es la diferencia entre la energía que absorbe y la que pierde.

$$Q = S_C \,.\, [R_I \,.\, (\tau \,.\, \alpha) - U \,.\, (tm - ta)] \qquad \textbf{(2)}$$

Siendo:

- $Q =$ energía útil del captador.
- $S_C =$ superficie de captador en m^2.
- $R_I =$ radiación incidente total sobre el captador por unidad de superficie [W/m^2].
- $\tau =$ transmitancia de la cubierta transparente del captador solar.
- $\alpha =$ absortancia de la placa absorbente del captador solar.
- $U =$ coeficiente global de pérdidas [$W/(m^2\,ºC)$].
- $tm =$ temperatura media de la placa absorbente [ºC].
- $ta =$ temperatura ambiente [ºC]. (Méndez, 2011)

La mayoría de estos datos se refieren a propiedades intrínsecas de los materiales empleados para la fabricación del captador y de las condiciones de funcionamiento, por lo que para determinarlos se realizan ensayos en laboratorios. (Méndez, 2011)

El rendimiento teórico de un captador se obtiene considerando que los rayos solares inciden perpendicularmente sobre el mismo, lo cual no ocurre a lo largo del día. En consecuencia, α y sobre todo τ, varían con el ángulo de incidencia de los rayos solares.

Esta variación respecto a las condiciones estándar, se estima en un valor experimental del 3 %, por lo que es necesario introducir un coeficiente de corrección de 0.97. (Méndez, 2011)

La suciedad y envejecimiento de la cubierta transparente influyen sobre el valor de τ, por lo que es necesario introducir otro coeficiente de corrección de 0.97. En la práctica, el término $R_I . (\tau . \alpha)$ de la ecuación de energía útil de un captador, debe ser multiplicado por:

- Si el captador tiene cubierta transparente sencilla: factor 0.97.
- Si el captador tiene cubierta transparente doble: factor 0.94.

b) Factor de eficacia (Fr)

El factor de eficacia de intercambio entre el absorbedor del captador y el fluido caloportador, se define como la relación entre la energía captada y la que captaría si la temperatura del absorbedor fuese la misma que la temperatura del fluido a la entrada del captador. Es necesario estimar este factor y corregir las diferencias provocadas por las variaciones de comportamiento en el interior del captador (debidas a que la temperatura del fluido caloportador no es uniforme durante el recorrido efectuado en el interior de éste). (Méndez, 2011)

$$Fr = \frac{S_C . [R_I . (\tau . \alpha)_n - U . (tm - ta)]}{S_C . [R_I . (\tau . \alpha)_n - U . (te - ta)]} \quad \textbf{(3)}$$

Fr es un factor que reduce la energía útil calculada, frente a la energía captada realmente.

c) Ecuación de Bliss

Si se introduce el factor de eficacia (Fr) en la ecuación que determina la energía útil del captador solar, se obtiene:

$$Q = S_C . [Fr . (\tau . \alpha)_n . R_I - Fr. U. (te - ta)] \quad \textbf{(4)}$$

Esta es la ecuación característica del captador solar, siendo:

- Q = energía útil del captador [W].
- S_C = superficie de captación [m^2].

- $Fr\ .\ (\tau\alpha)_n$ = término que se identifica con la ordenada en el origen de una recta (adimensional).
- $Fr\ .\ U$ = término que se identifica con la pendiente de una recta [W/(m^2 . C)].
- R_I = radiación incidente total sobre el captador, por unidad de superficie [W/m^2].
- te = temperatura del fluido caloportador a la entrada del captador [ºC].
- ta = temperatura ambiente [ºC]. (Méndez, 2011)

En el segundo miembro de la ecuación (4), el primer término indica la energía absorbida por el captador, mientras que el segundo término indica las pérdidas en el mismo. (Méndez, 2011)

El coeficiente de pérdidas U se transforma en U_L mediante la equivalencia: $U_L = F_R.U$.

d) Curva de rendimiento del captador

Los captadores se ensayan, generalmente, siguiendo un procedimiento que consiste en hacerlos funcionar en un banco de pruebas bajo unas condiciones estables de radiación solar, velocidad del viento, temperatura del fluido a la entrada y temperatura ambiente.

Los resultados obtenidos en los ensayos se ofrecen como índice de la eficacia del captador, η, definida por la relación entre la energía captada y la recibida en un instante dado.

$$\eta = \frac{Q}{S_C.R_I} \qquad \textbf{(5)}$$

Sustituyendo Q por su valor, según la ecuación de Bliss, resulta:

$$\eta = \frac{Q}{S_C.R_I} = S_C\ .[Fr\ .\ (\tau\ .\alpha)_n\ .\ R_I\ -\ U_L\ .(te - ta)]/(S_C.R_I)$$

$$\eta = Fr\ .\ (\tau\ .\alpha)_n - \frac{U_L\ .(te - ta)}{R_I} \qquad \textbf{(6)}$$

Al producto $Fr\ .(\tau\ .\alpha)_n$ se le denomina rendimiento óptico del captador y representa el que tendría éste en el supuesto de que no existiesen pérdidas térmicas de ningún tipo.

El producto $(\tau\ .\alpha)$, a veces llamado factor óptico, depende del ángulo de incidencia de los rayos solares, constantemente variable a lo largo del día por lo que suele considerar el valor correspondiente a una incidencia normal de dichos rayos, debiéndose denotar como $(\tau\ .\alpha)_n$. (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Para un caudal determinado, suponiendo $(\tau\ .\alpha)$ y U_L constantes, la ecuación de esta curva característica del captador puede aproximarse a la de una recta (figura 34) en la que la variable en el eje de abscisas es $(te - ta)/R_I$ y cuya pendiente en valor absoluto es U_L.

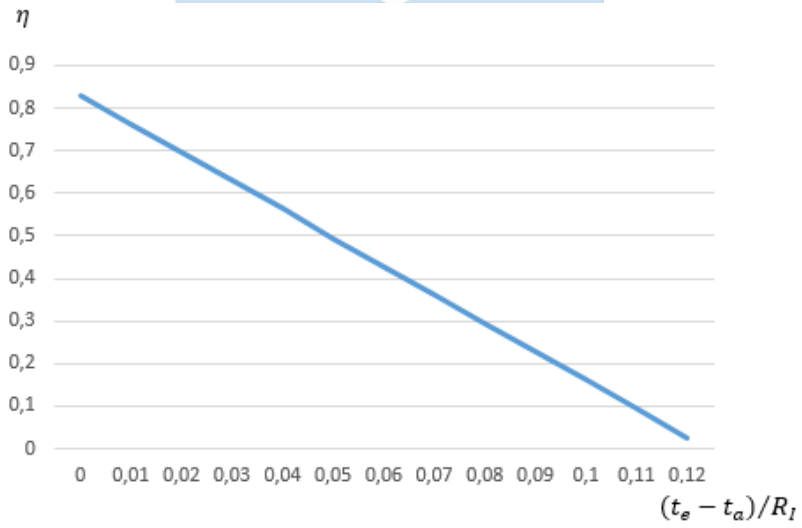


Figura 34. Curva característica de un captador de placa plana

Fuente: Elaboración propia

La ordenada en el origen, esto es, el punto en el eje de ordenadas donde la recta corta a dicho eje, vale $Fr\ .\ (\tau\ .\alpha)_n$.

Estas curvas características han de ser facilitadas por el fabricante. Un captador será tanto mejor cuanto mayor sea el valor de su ordenada en el origen $Fr\ .\ (\tau\ .\alpha)_n$ y menor el de la pendiente U_L.

La ecuación de la recta representa en la figura 34 puede ser escrita, simplificando la notación, de la siguiente manera.

$$\eta = b - mx \qquad \textbf{(7)}$$

Donde:

$$m = U_L(pendiente)$$
$$b = Fr\ .\ (\tau\ .\alpha)_n\ (ordenada\ en\ el\ origen)$$
$$x = (te - ta)/R_I\ \ (variable\ representada\ en\ el\ eje\ de\ abscisas)$$

Con la finalidad de contar con una mayor precisión, en los laboratorios de ensayo de captadores a veces se recurre a expresar la ecuación del rendimiento a través de una ecuación de segundo grado de la forma $\eta = b - a_1x - a_2Ix^2$, donde a_1 y a_2 son dos constantes que determinan las pérdidas térmicas del captador . Asimismo, gráficamente, dicha ecuación es una línea ligeramente curvada y representa mejor el comportamiento del captador.

1.6.3.3. Elección del captador de placa plana más adecuado

a) Cuadro comparativo según precio y factor de eficiencia

Como se mencionó en el apartado 1.6.2., para la obtención de agua caliente sanitaria y climatización de piscinas, se pueden emplear colectores de baja temperatura (con cubierta, ideales para conseguir agua caliente sanitaria o sin cubierta, ideales para climatizar piscinas) o colectores de vacío (aptos para obtener agua caliente sanitaria y climatizar piscinas).

De esta manera, se va a optar por adquirir un captador de placa plana (baja temperatura), por las razones expuestas en dicho apartado.

Es importante elegir un captador que cuente con un factor de eficiencia, no necesariamente tan elevado (ya que, las condiciones ambientales de la región en la que se desea implementar la instalación podrían compensar esa desventaja) pero que, al mismo tiempo, tenga un precio accesible y que permita recuperar la inversión a corto plazo. En la tabla 10 se presenta una lista de captadores con sus respectivos factores de eficiencia y precios.

Tabla 10. Precios y rendimientos de diferentes captadores de placa plana

Modelo		Factor de eficiencia	Precio
ESCOSOL	**FMAX 2.0 selectivo**	0.823	350 €
	FMAX 2.4 selectivo	0.823	395 €
	2800 XBA 2.8 m^2	0.749	419 €
	2800 selectivo	0.704	550 €
	2800 H selectivo	0.711	550 €
BAXI	**SOL 200**	0.817	345.33 €
	SOL 200H	0.809	357.9 €
	SOL 250	0.812	444.09 €
	SOL 250H	0.818	462.64 €
TERMOCAN	**NEO 18**	0.757	549 €
	NEO 20	0.757	591 €
	NEO 24	0.757	682 €
	NEO 26	0.769	707 €
	AH 26	0.759	822 €
EXCELLENCE	**FKT-2 S**	0.794	501.56 €
	FKT-2 W	0.802	537.21 €
	FKC-2 S	0.77	401 €
	FKC-2 W	0.77	439.19 €
ICARO	**VHM 2.1**	0.808	402.29 €
	VHM 2.7	0.808	428.89 €

Fuente: (Termocan, 2011), (Termocan, 2011), (JUNKERS, 2016), (JUNKERS, 2016), (GASFRIOCALOR.COM, 2018), (COINTRA, 2016), (todoprix.com, 2015), (todoprix.com, 2014), (BAXI, 2017), (BAXI, 2018)

De los manuales consultados, se optó por escoger el captador ESCOSOL modelo FMAX 2.0 selectivo, debido a que, no sólo posee un buen factor de eficiencia, sino que también, es el de menor costo en la lista.

Debido a que deben considerarse las características constructivas y relacionadas con el material del captador, se ha creído conveniente elegir este modelo (cuenta con una carcasa de aluminio y un aislamiento térmico interior que permiten minimizar al máximo las pérdidas del colector y aseguran una perfecta estanqueidad).

b) Especificaciones del captador elegido

En la tabla 11 se presentan las características del captador solar plano escogido:

Tabla 11. Especificaciones del captador de placa plana elegido

Modelo	**FMAX 2.0 selectivo**
Dimensiones externas L x A x H mm	1980 x 1010 x 86
S total m^2	2
S de apertura m^2	1.86
Rendimiento aparente	
n_0	0.823
a^1 W/m^2/K	3.36
Contraseña de homologación	GPS-8608

Fuente: (SALVADOR ESCODA S.A., 2013)

Capítulo 2

Cálculos (criterios y aspectos generales)

2.1. Determinación de datos generales

La Normativa Peruana cuenta con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), el cual incluye los requisitos mínimos para el diseño de instalaciones sanitarias en edificaciones tales como: residencias, multifamiliares, hospedajes, restaurantes, gimnasios y locales académicos; para ACS se tienen consideraciones generales; sin embargo, no se mencionan las pautas necesarias para realizar los cálculos de la demanda y de la disponibilidad del recurso (por ejemplo: la temperatura del agua caliente a la que se debe llevar el agua); tampoco del tipo de instalación en este caso (piscinas, centros deportivos), por lo que se optó por emplear el Código Técnico de la Edificación en España (CTE).

Para el diseño de una instalación de energía solar térmica, es necesario conocer datos generales que permiten determinar las exigencias pedidas por la normativa vigente.

2.1.1. Ubicación geográfica del proyecto

La ubicación geográfica de la instalación es indispensable para determinar las consideraciones del CTE, según a la que corresponda la instalación. Además, permite obtener los datos de latitud, temperatura ambiente y temperatura del agua de red. En el caso de Piura se tiene (tabla 12):

Tabla 12. Radiación, latitud y temperatura de la provincia de Piura

Departamento de Piura	
Irradiancia [kW.h/m^2]	5-7
Latitud [°]	5°10'38.4" S
Temperatura ambiente [°C]	24-28
Temperatura del agua de red [°C]	22-26

Fuente: (Rodríguez, 2018)

2.1.2. Contribución solar mínima según el CTE

El CTE establece la contribución solar mínima exigida en cada caso en función de la zona climática del emplazamiento, así como de la fuente energética empleada en el sistema convencional de apoyo.

Esto se debe a la participación de España en la firma del Protocolo de Kioto, en el que se acordó la reducción en un 15% de la emisión de gases de efecto invernadero. Sin embargo, en el Perú, no se exige una contribución solar mínima dependiente de la zona en la que se desee implementar la instalación solar.

2.1.3. Determinación de las demandas energéticas

2.1.3.1. Demanda energética según el RNE

La dotación de agua caliente serán las que se establecen a continuación (ver tablas del 13 al 18). Las cantidades que se fijan son parte de las dotaciones de agua establecidos en la presente norma.

a) Residencias unifamiliares y multifamiliares:

Tabla 13. Número de dormitorios por vivienda y dotación diaria en litros de residencias unifamiliares y multifamiliares

Número de dormitorios por vivienda	Dotación diaria en litros
1	120
2	250
3	390
4	420
5	450

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)

Más de 5, a razón de 80 L/d, por dormitorio adicional.

b) Establecimientos de hospedaje:

Tabla 14. Dotaciones de agua caliente para establecimientos de hospedaje

Hoteles, apart-hoteles, hostales	150 L por dormitorio
Albergues	100 L por m^2

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)

Esta cifra no incluye las dotaciones para otros servicios anexos, tales como: restaurantes, bares, salones de baile, peluquerías y lavanderías, que se calculará adicionalmente de acuerdo con lo establecido en esta norma para cada caso.

c) Restaurantes:

Tabla 15. Dotación diaria de agua caliente para restaurantes

Área útil de los comedores (m^2)	**Dotación diaria**
Hasta 40	900 L
41 a 100	15 L/m^2
Más de 100	12 L/m^2

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)

En aquellos restaurantes donde se elaboran alimentos para ser consumidos fuera del local, se calculará una dotación complementaria a razón de 3 litros por cubierto preparado para este fin.

d) Locales educacionales y residencias estudiantiles:

Tabla 16. Dotación diaria de agua caliente para locales educacionales y residencias estudiantiles

Dotación diaria	
Alumnado y personal residente	50 L/persona

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)

e) Gimnasios:

Tabla 17. Dotación diaria de agua caliente para gimnasios

Dotación diaria
10 L/m^2 área útil

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)

f) Hospitales, clínicas y similares:

Tabla 18. Dotaciones de agua caliente para hospitales, clínicas y similares

Hospitales y clínicas con hospitalización	250 L/d x cama
Consultorios médicos	130 L/d x consultorio
Clínicas dentales	100 L/d x unidad dental

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)

Sin embargo, este reglamento no abarca una contribución solar mínima en función de la zona climática del establecimiento (por lo que en Perú no existe dicha consideración), tampoco una dotación de agua diaria para el tipo de emplazamiento, ni las pautas necesarias para realizar los cálculos de demanda y disponibilidad de recurso solar del tipo de instalación de la que se está trabajando.

2.1.3.2. Demanda energética según el CTE

Se deben seguir los siguientes pasos:

- Estimar la demanda energética mensual y anual conforme los consumos unitarios de las tablas 19 y 20, respectivamente, de demanda de referencia que se indican a continuación:

Tabla 19. Demanda energética de referencia a 60 ºC

Demanda de referencia a 60 ºC		
Criterio de demanda	**Litros ACS/día a 60 ºC**	
Viviendas unifamiliares	30	Por persona
Viviendas multifamiliares	22	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por cama
Hotel ****	70	Por cama
Hotel ***	55	Por cama
Hotel/Hostal **	40	Por cama
Camping	40	Por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	Por cama

Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2011)

Tabla 20. Demanda energética de referencia a 60 ºC (continuación)

Residencia (ancianos, estudiantes, etc.)	55	Por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	Por servicio
Escuelas	3	Por alumno
Cuarteles	20	Por persona
Fábricas y talleres	15	Por persona
Administrativos	3	Por persona
Gimnasios	20 a 25	Por usuario
Lavanderías	3 a 5	Por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	Por comida
Cafeterías	1	Por almuerzo

Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2011)

La tabla está referenciada a una temperatura final en el acumulador de 60 ºC. Si se escoge otra temperatura, se determinará la contribución solar mínima a 60 ºC con la demanda a la nueva temperatura. Para calcular esta nueva demanda se consideran las siguientes expresiones:

$$D_i(T) = \sum_{1}^{12} D_i(T) \quad [°C]$$

$$D_i(T) = D_i(60\ ºC)\ .\left(\frac{60 - T_i}{T - T_i}\right) \quad [°C] \tag{8}$$

- En el caso de que la edificación tenga viviendas, determinar el número de personas de cada vivienda, en función del número de dormitorios, para lo que se emplea la tabla 21:

Tabla 21. Determinación del número de personas por vivienda, en función del número de dormitorios (para hallar, posteriormente, la demanda energética)

Nº de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	Más de 7
Nº personas	1.5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2011)

Para otros usos que no estén en la tabla, se toman valores contrastados por experiencia o recogidos por fuentes confiables.

Con estos datos, se calcula la demanda energética necesaria para determinar el número de colectores que garanticen la obtención de ACS, mes a mes y anual, según la siguiente expresión: (Méndez, 2011)

$$Q_{ACS} = Ce\ .\ C_{ACS}\ .\ (t^a_{ACS} - t^a_{RED})\ .\ n \quad [kJ/mes] \tag{9}$$

Siendo:

- Q_{ACS} = energía necesaria demandada para preparar ACS [kJ/mes].
- Ce = calor específico del agua [4.187 kJ/(kg . ºC)].
- C_{ACS} = consumo diario de ACS [kg/día] (densidad del agua [1 kg/litro]).
- t^a_{ACS} = temperatura de preparación del ACS [ºC].
- t^a_{RED} = temperatura media del agua de red del mes estudiado [ºC].
- n = número de días del mes estudiado. (Méndez, 2011)

Se calcula, anualmente, el requerimiento de energía y, también, la disponibilidad del recurso solar; con la finalidad de determinar el área de captación óptima y, con ello, el número de colectores (captadores solares).

Si se determina un número de captadores, mes a mes, en el caso de meses consecutivos, no existiría problema (porque las condiciones ambientales son similares), pero cuando ya se trata de meses como enero, julio, diciembre en los que se tienen condiciones diferentes, el número de captadores puede llegar a variar notablemente y se corre el riesgo de tener un sobredimensionamiento o infradimensionamiento de la instalación.

En caso llegara a existir falta de aporte energético en algún mes, esa deficiencia se puede compensar con ayuda de un sistema auxiliar que funciona con alguna fuente de energía convencional.

2.2. Agua Caliente Sanitaria (ACS)

2.2.1. Inclinación óptima

Según los estudios realizados por CENSOLAR, se considera la inclinación de los captadores 10º mayor que la latitud del lugar; de esta manera se aprovecha una mejor radiación solar. En el caso de Piura se ha tomado en cuenta el mismo criterio (llegando a considerar, para los cálculos posteriores, valores de inclinación cercanos a los de determinadas localidades de España).

2.2.2. Cálculo de la energía aprovechable

El cálculo[5] mensual de la energía aprovechable (E) que incide en un día medio sobre cada m^2 de la superficie inclinada de los captadores, se parte de la tabla general de irradiación horizontal media (H) para cada mes en la provincia o localidad considerada; realizándose, si procede, las siguientes correcciones:

- Si la ubicación está en zona de montaña o con atmósfera muy limpia, la irradiación se multiplica por 1.05.

[5] La metodología descrita es la recomendada por el Centro de Estudios de la Energía Solar – CENSOLAR (España).

- Si, por el contrario, se ubica en zonas polucionadas o grandes urbes, H se multiplica por 0.95.

- Si, especialmente en los meses de invierno hay algún obstáculo que proyecte su sombra sobre los captadores en algún momento del día en que la instalación solar esté en funcionamiento, hay que estimar para dichos meses un factor de corrección, ya que una parte de la energía solar será interceptada por el obstáculo.

Una vez conocida "H", que puede coincidir con el valor de las tablas o haber sido modificada de acuerdo a lo explicado anteriormente, el siguiente paso es utilizar el factor de corrección por inclinación "k" que nos permite evaluar la irradiación diaria incidente "E" sobre un captador inclinado, sencillamente multiplicando "H" por dicho factor, el cual se encuentra tabulado para todas las latitudes e inclinaciones posibles.

El valor E = kH será la energía total teórica que puede incidir en un día medio del mes considerado en cada m^2 del captador.

De manera empírica se ha comprobado que la energía que no se aprovecha, por incidir en momentos en que, debido a la poca altura del sol, la intensidad es menor que el valor umbral, es aproximadamente un 6 % de la energía total diaria E. De acuerdo con lo anterior, y únicamente para el caso de sistemas de aprovechamiento térmico de la energía solar (no para instalaciones fotovoltaicas), es preciso multiplicar la cantidad E por el factor 0.94 para obtener el valor efectivo de la energía útil o aprovechable.

2.2.3. Intensidad útil y rendimiento del captador

2.2.3.1. Cálculo de la intensidad útil (I)

A efectos prácticos de cálculo, se puede trabajar con una intensidad media, que será el cociente entre la energía útil (E) incidente a lo largo del día y el tiempo útil del día, esto es, el tiempo que el sol está sobre el horizonte, descontando los dos intervalos al principio y al final del día en los que la altura solar es tan baja o el azimut tan desfavorable. Dicho número de horas útiles de sol se ha determinado empíricamente para cada mes (tablas 22 y 23).

A fin de introducirla en la ecuación del rendimiento del captador, la intensidad debe calcularse en unidades del SI (W/m^2) y, por tanto, la energía y el tiempo deben también expresarse en dicho sistema (julios y segundos, respectivamente). (CENSOLAR TOMO IV, 2007)

Tabla 22. Número medio de horas diarias de sol[6]

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
De +25º a +45º (hemisferio norte)	8	9	9	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
De -25º a +25º (zona ecuatorial)	8.75	9.25	9.5	9.25	8.75	8.5	8.75	9.25
De -25º a -45º (hemisferio sur)	9.5	9.5	9	9	8	7.5	8	9

Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2011)

Tabla 23. Número medio de horas diarias de sol (continuación)

Latitud	Sep	Oct	Nov	Dic
De +25º a +45º (hemisferio norte)	9	9	8	7.5
De -25º a +25º (zona ecuatorial)	9.5	9.25	8.75	8.5
De -25º a -45º (hemisferio sur)	9	9.5	9.5	9.5

Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2011)

[6] Aplicable para captadores orientados aproximadamente hacia el ecuador e inclinados con un ángulo igual a la latitud (continuación).

2.2.3.2. Cálculo del rendimiento del captador

El rendimiento "η" debe evaluarse, al igual que las otras variables, mes a mes. A partir de la curva de rendimiento teórico dada por el fabricante:

$$\eta = Fr\,.\,(\tau\,.\,\alpha)_n - \frac{U_L\,.\,(te - ta)}{R_I}$$

Siendo:

- $Fr\,.\,(\tau\alpha)_n$ = término que se identifica con la ordenada en el origen de una recta (adimensional).
- $U_L = Fr\,.\,U.$
- R_I = radiación incidente total sobre el captador, por unidad de superficie [W/m^2].
- te = temperatura del fluido caloportador a la entrada del captador [ºC].
- ta = temperatura ambiente [ºC].

Se efectuarán las siguientes correcciones:

- Si bien el rendimiento se calcula asumiendo que los rayos inciden de forma perpendicular al captador, en la realidad esto no ocurre, sino que forman un ángulo variable a lo largo del día, por lo que α disminuye en un factor de 0.97 debido a dicha incidencia oblicua, factor que puede bajar hasta 0.95 en captadores de doble cubierta.

- El efecto del polvo y la suciedad; así como el envejecimiento de la cubierta transparente, caso de existir ésta, hace que τ también disminuya en un factor igual a 0.97.

Como en la ecuación del rendimiento el producto $F\,.\,(\tau\,.\,\alpha)$ se suele englobar en un solo valor numérico, bastará multiplicar dicho valor por 0.97 x 0.97 ≈ 0.94 para obtener la ecuación del rendimiento real de un captador con cubierta. F y U son datos suministrados por el fabricante.

Tan sólo queda sustituir el valor de I (intensidad útil) anteriormente calculado y el valor de t_a^0 (temperatura ambiente diurna) que se puede consultar en tablas. (CENSOLAR TOMO IV, 2007)

A efectos prácticos de cálculo, es suficiente con suponer el valor medio de t_m^0 igual al valor medio de la temperatura en el acumulador.

La temperatura media en el punto de consumo se suele considerar igual a 40 ºC y, en el acumulador, entre 40 ºC y 45 ºC; esto se aplica si se trata de un sistema de A.C.S.

2.2.3.3. Energía útil y determinación de la superficie captadora necesaria

Cálculo de la energía neta por m^2 de captador disponible para el consumo

La energía que diariamente aporta el sistema captador no coincide exactamente con la disponible para el consumo, debido a las pérdidas que se producen en todos los elementos de la instalación, principalmente, en el acumulador.

Si se carece a priori de datos, o no se desean efectuar los cálculos específicos de las pérdidas de calor, los cuales dependen del aislamiento y de las características del consumo, se recomienda estimar unas pérdidas globales del 15 % y, por tanto, la energía acumulada disponible para el consumo será igual a 0.85 por la aportación solar. (CENSOLAR TOMO IV, 2007)

En aquellos casos particulares en los que el consumo no se realice de forma más o menos uniforme y repartido a lo largo del día, sino que se concentre en determinadas horas, el rendimiento de la instalación puede disminuir ligeramente, por lo que se recomienda aumentar hasta un 20 % las pérdidas globales, así como en los casos de depósitos con mal aislamiento o situados a la intemperie. De la misma manera, se recomienda considerar un 20 % de pérdidas cuando el consumo se efectúa únicamente durante dos o tres días consecutivos de la semana (por ejemplo, en los fines de semana).

2.2.4. Esquema del proceso de cálculo (ACS)

1) Calcular el consumo energético mensual.

2) Buscar el valor de H (y corregir, si procede, de acuerdo a lo explicado en el apartado 2.2.2.) y el factor k de inclinación según el ángulo elegido. Si se trata del hemisferio sur, téngase en cuenta un desplazamiento equivalente a 6 meses respecto a los valores dados en tablas.

Si la instalación no funciona durante algunos meses, hay que asignar a H el valor cero.

-Hallar E = 0.94kH.

-Si la orientación se desvía β grados del sur ($20^o < \beta < 70^o$), multiplica E por $1.14 - 0.0085\ \beta$.

3) Hallar I, dividiendo E (en julios) por el tiempo útil dado por las tablas 22 y 23.

4) A partir de la ecuación teórica del rendimiento del captador, que adopta la forma (según lo explicado en el apartado 1.6.3.2.): $\eta = b - m\ .\ (t^0 - t_a^0)/R_I$, hallar la ecuación real.

En el caso del captador con cubierta y destinado a producir A.C.S., se emplea la ecuación (10):

$$\eta = 0.94b - m\ .\ (45 - t_a^0)/R_I \qquad \textbf{(10)}$$

(t_a^0 es la temperatura ambiente diurna)

5) La aportación por m^2 de captador vale ηE.

6) La energía neta disponible por m^2 vale:

0.85 ηE (caso general)

$0.8\,\eta E$ (caso desfavorable o fines de semana)

$0.9\,\eta E$ (caso favorable)

7) Se divide el consumo de energía total anual entre la energía neta anual disponible por m^2 y el resultado será el número de metros cuadrados necesarios. (CENSOLAR TOMO IV, 2007)

2.3. Climatización de piscinas

2.3.1. Generalidades

En el Perú no se encuentra regulado el uso de energías convencionales ni de energías renovables para realizar la climatización de piscinas (cubiertas o descubiertas). En España, sin embargo, está permitido el uso de energías convencionales para el calentamiento de piscinas solamente cuando estén situadas en locales cubiertos. Por tanto, en piscinas al aire libre, dicho país sólo aprueba utilizar, para el calentamiento del agua, fuentes de energías residuales o de libre disposición, como la energía solar, el aire o el agua.

En países como España, se prohíbe el calentamiento directo del agua de la piscina por medio de una caldera, debido a la emisión de grandes cantidades de CO_2 que esto traería consigo. (Ministerio de Ciencia y Tecnología - España, 1998) Sin embargo, en el Perú, no se encuentra regulado el uso de este tipo de energía para el calentamiento de piscinas.

2.3.2. Cálculo

Debido a que en el Perú no existe una normativa que explique la metodología a seguir para poder calcular la demanda energética, así como la disponibilidad solar en la climatización de piscinas (el RNE sólo menciona la dotación de agua fría en determinadas instalaciones), se ha empleado el RITE (REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS) – Anexo C, el cual, explica que el cálculo de la potencia térmica necesaria a régimen para calentar el agua de la piscina se efectuará teniendo en cuenta las siguientes pérdidas:

- Por radiación de la superficie de agua hacia los cerramientos.

- Por convección de la superficie de agua de la pileta (piscina).
- Por transferencia de vapor de agua al ambiente.

2.3.3. Pérdidas de calor en el agua del vaso de la piscina[7]

Para este apartado, se van a emplear las tablas para el cálculo de las pérdidas de calor, establecidas por CENSOLAR.

Dichas pérdidas se han obtenido de manera experimental, así como también, de las experiencias de los habitantes de las diferentes localidades de España.

2.3.3.1. Utilización de las tablas CENSOLAR para el cálculo de las pérdidas de calor

Las tablas 25, 26, 27 y 28 permiten determinar las pérdidas diarias por radiación, convección y evaporación, respectivamente, por cada metro cuadrado de piscina.

Cada casilla de dichas tablas está dividida en dos mediante una línea discontinua. La cifra de la parte inferior representa las pérdidas en el caso de utilizar la manta térmica desde las ocho de la noche hasta las ocho de la mañana siguiente.

Aun cuando no haya una clasificación precisa, a efectos orientativos pueden considerarse zonas de viento muy débil aquellas en que la velocidad media de éste no supere los 3 m/s; de viento flojo, cuando la velocidad está comprendida entre los 3 m/s y 5 m/s; moderado, cuando está entre 5 m/s y 7 m/s; y moderadamente fuerte, cuando supere los 7 m/s, sin llegar a los 10 m/s.

Si se carece de datos para clasificar la zona en cuanto al viento, se considerará para los cálculos la segunda columna de la izquierda (viento flojo), reservándose la primera únicamente para los casos en que exista certeza de que el efecto del viento puede despreciarse por completo.

[7] Vaso de la piscina: Estructura de la piscina que contiene el agua.

En cuanto al grado de humedad, se han clasificado las posibles zonas según la humedad relativa del aire en estos mismos periodos de la siguiente forma: 35 % - 45 % corresponde a muy seca, 45 % - 55 % a seca, 55 % - 65 % a una media, 65 % -75 % a una húmeda y más del 75 % a una muy húmeda.

Las tablas 24, 25 y 26 se confeccionaron considerando, además de varios modelos teóricos de cálculo de pérdidas, diversas correcciones deducidas en base a medidas experimentales efectuadas durante años y bajo condiciones diferentes.

Tabla 24. Pérdidas por radiación [MJ/m^2]

Uso de manta térmica	**Temperatura durante las horas de sol (ºC)**		**Temperatura durante las horas de sol (ºC)**		**Temperatura durante las horas de sol (ºC)**	
Sin manta térmica	15	14.6	21	11.4	27	7.9
Con manta térmica		9.6		7.5		5.1
Sin manta térmica	16	14.1	22	10.8	28	7.3
Con manta térmica		9.2		7.1		4.7
Sin manta térmica	17	13.5	23	10.3	29	6.7
Con manta térmica		8.9		6.7		4.2
Sin manta térmica	18	13	24	9.7	30	6
Con manta térmica		8.5		6.3		3.8
Sin manta térmica	19	12.5	25	9.1	31	5.4
Con manta térmica		8.2		5.9		3.4
Sin manta térmica	20	12	26	8.5	32	4.7
Con manta térmica		7.8		5.5		2.9

Fuente: (CENSOLAR TOMO IV, 2007)

Tabla 25. Pérdidas por convección [MJ/m^2]

Uso de manta térmica	Temperatura durante las horas de sol (ºC)	Viento predominante			
		Nulo o muy débil	Flojo	Moderado	Moderadamente fuerte
Sin manta térmica	15	11.3	16.3	20	25.1
Con manta térmica		6.2	8.9	11	13.7
Sin manta térmica	16	10.5	15.2	18.7	23.3
Con manta térmica		5.7	8.2	10.1	12.6
Sin manta térmica	17	9.7	14	17.3	21.6
Con manta térmica		5.2	7.5	9.2	11.5
Sin manta térmica	18	8.9	12.9	15.9	19.9
Con manta térmica		4.7	6.8	8.3	10.4
Sin manta térmica	19	8.2	11.8	14.5	18.1
Con manta térmica		4.2	6	7.4	9.3
Sin manta térmica	20	7.4	10.7	13.1	16.4
Con manta térmica		3.7	5.3	6.5	8.2
Sin manta térmica	21	6.6	9.5	11.8	14.7
Con manta térmica		3.2	4.6	5.7	7.1
Sin manta térmica	22	5.8	8.4	10.4	13
Con manta térmica		2.7	3.9	4.8	6
Sin manta térmica	23	5.1	7.3	9	11.2
Con manta térmica		2.2	3.2	3.9	4.9
Sin manta térmica	24	4.3	6.2	7.6	9.5
Con manta térmica		1.7	2.4	3	3.7
Sin manta térmica	25	3.5	5.1	6.2	7.8
Con manta térmica		1.2	1.7	2.1	2.6
Sin manta térmica	26	2.7	3.9	4.8	6
Con manta térmica		0.7	1	1.2	1.5
Sin manta térmica	27	1.9	2.8	3.5	4.3
Con manta térmica		0.2	0.3	0.3	0.4
Sin manta térmica	28	1.2	1.7	2.1	2.6
Con manta térmica		-0.3	-0.4	-0.5	-0.7
Sin manta térmica	29	0.4	0.6	0.7	0.9
Con manta térmica		-0.8	-1.2	-1.4	-1.8
Sin manta térmica	30	-0.4	-0.6	-0.7	-0.9
Con manta térmica		-1.3	-1.9	-2.3	-2.9
Sin manta térmica	31	-1.2	-1.7	-2.1	-2.6
Con manta térmica		-1.8	-2.6	-3.2	-4
Sin manta térmica	32	-1.9	-2.8	-3.5	-4.3
Con manta térmica		-2.3	-3.3	-4.1	-5.1

Fuente: (CENSOLAR TOMO IV, 2007)

Tabla 26. Pérdidas por evaporación [MJ/m^2]

Uso de manta térmica	Grado de humedad	Viento predominante			
		Nulo o muy débil	Flojo	Moderado	Moderadamente fuerte
Sin manta térmica	Muy seco	7.3	9.1	15.1	21.2
Con manta térmica		4.4	5.4	9.1	12.7
Sin manta térmica	Seco	6.5	7.8	12.5	17.3
Con manta térmica		3.9	4.7	7.5	10.4
Sin manta térmica	Medio	5.6	6.5	9.9	13.4
Con manta térmica		3.4	3.9	6	8
Sin manta térmica	Húmedo	4.8	5.2	7.3	9.5
Con manta térmica		2.9	3.1	4.4	5.7
Sin manta térmica	Muy húmedo	3.8	3.9	4.8	5.6
Con manta térmica		2.3	2.3	2.9	3.4

Fuente: (CENSOLAR TOMO IV, 2007)

2.3.4. Esquema del proceso de cálculo (climatización de piscinas)

1) Cálculo de las pérdidas de calor (diarias) del vaso de la piscina (ver figura 35).

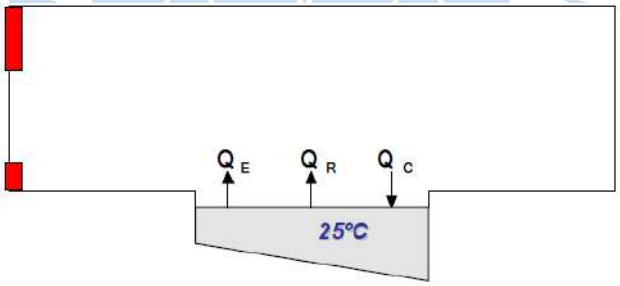


Figura 35. Pérdidas de calor diarias del vaso de la piscina

Fuente: Elaboración propia

$$\sum (Q_E + Q_R + Q_C) = P \qquad \textbf{(11)}$$

2) Considerar las pérdidas por reflexión en la superficie del agua, así como las sombras parciales, equivalentes a 0.85H (figura 36).

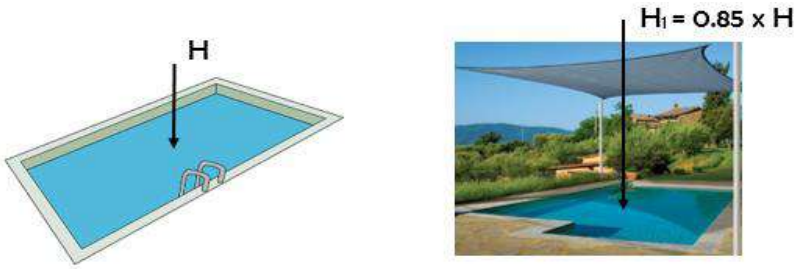


Figura 36. Pérdidas por reflexión o debidas a sombras, en la superficie del agua

Fuente: Elaboración propia

3) Área de la piscina (figura 37).

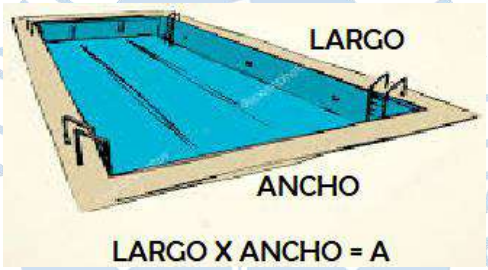


Figura 37. Área de la piscina

Fuente: Elaboración propia

4) Determinación de la demanda solar diaria: $E_C = (P - 0.85H)A$.

5) Demanda solar mensual: E_C *x días del mes*[8].

6) Buscar el valor de H y corregir, si procede, de acuerdo al tipo de zona (figura 38). Así, por ejemplo, en zonas de montaña o campestres, el H será 1.05. Para zonas urbanas con cierta actividad industrial, el H será equivalente a 1. Finalmente, para las grandes urbes industrializadas, con gran presencia de polución, puede considerarse un H=0.95.

[8] La demanda solar mensual equivale al producto entre la demanda solar diaria y el número de días del mes.

Figura 38. Corrección de H de acuerdo al tipo de zona

Fuente: Elaboración propia

7) Factor K que depende de la inclinación y latitud (figura 39), cuyo valor se obtiene de tablas. En el caso de Perú si no hay éstas, se utilizan tablas del hemisferio norte, considerando latitud positiva y el mes correspondiente. Recordar el desfase de seis meses respecto a los valores dados en tablas.

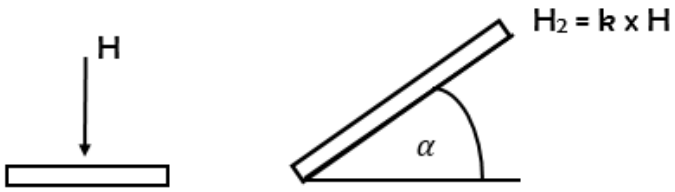


Figura 39. Factor K (inclinación-latitud)

Fuente: Elaboración propia

8) Hallar E = 0.94kH_2.

9) Hallar I (irradiancia), dividiendo E (en julios) por el tiempo útil dado por las tablas 22 y 23.

10) A partir de la ecuación teórica del rendimiento (figura 40) del captador, que adopta la forma (según lo explicado en el apartado 1.6.3.2.): $\eta = b - m\,.\,(t^0 - t_a^0)/R_I$, hallar la ecuación real.

En el caso del captador con cubierta:

$$\eta = 0.94b - m.\,(45 - t_0^a)/R_I$$

(t_0^a es la temperatura ambiente diurna)

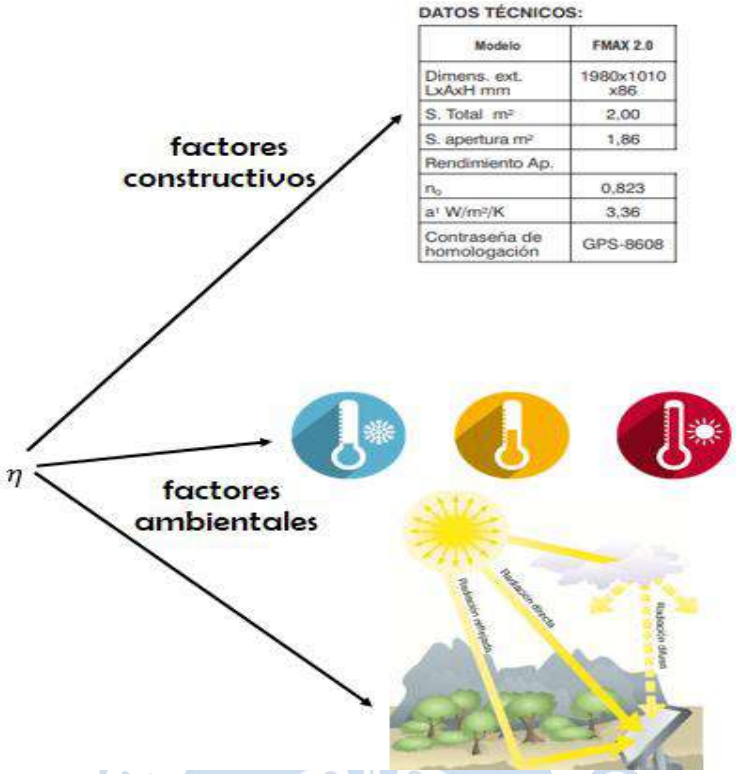


Figura 40. Factores de los que depende el rendimiento de un colector solar

Fuente: Elaboración propia

11) La aportación por m^2 de captador vale ηE.

12) Para el caso de las piscinas, no hay que dimensionar ningún acumulador, pues es el mismo vaso de éstas que actúa de almacenamiento (figura 41). Por lo tanto, no existen pérdidas de calor en el acumulador.

Figura 41. Acumulador para piscinas

Fuente: Elaboración propia

13) Se divide la demanda de energía total anual entre la energía neta anual disponible por m^2 y el resultado será el número de metros cuadrados necesarios.

Una vez halladas las pérdidas totales P por metro cuadrado, resultante de la suma de las pérdidas correspondientes a cada una de las tablas, se procede a calcular la radiación solar directa que la piscina recibe a lo largo del día. (CENSOLAR TOMO IV, 2007)

La piscina representa un gran captador solar horizontal de área A expuesto a una irradiación por metro cuadrado diaria H. Las pérdidas por reflexión (aproximadamente, el 8 %) en la superficie del agua, así como las sombras parciales causadas por el borde de la piscina y otras pérdidas de menor cuantía, hacen que se recomiende suponer que la energía neta directamente aportada al agua sea igual a 0.85H. Si la piscina recibe sombras de edificios o árboles en horas en que la radiación solar es apreciable, o las paredes y el fondo son muy claros, el coeficiente que multiplica a H será menor (podría ser igual a 0.80 o 0.75). (CENSOLAR TOMO IV, 2007)

La energía directa 0.85HA puede ser más o menos igual o incluso superior a la pérdida total PA, por lo que se deduce de inmediato que, en dichos supuestos, no se necesitarían captadores solares, bastando la aportación solar natural para conseguir la temperatura requerida. Normalmente, dicha aportación será inferior a las pérdidas totales PA, así que la diferencia entre ambas cantidades será la energía E_c que deben suministrar los captadores solares, es decir:

$$E_C = PA - 0.85HA = (P - 085H)A \qquad \textbf{(11)}$$

Halladas las necesidades energéticas $E_{C,}$ se procede, de manera similar que en el caso del agua caliente sanitaria, a calcular la superficie de captación y, con ella, el número de colectores solares, teniendo en cuenta una temperatura de trabajo igual a 27 ºC y que la inclinación idónea será unos 10º menor que la latitud, aunque es frecuente que, por motivos de economía, los captadores se dispongan horizontalmente, evitándose el uso de una estructura metálica.

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Capítulo 3

Componentes de la instalación para ACS y climatización de piscinas

3.1. Generalidades de la instalación

3.1.1. Ubicación geográfica del proyecto

El sistema de calentamiento por energía solar (ACS + climatización de piscina) se proyectará para una piscina típica ubicada en un recinto deportivo en la ciudad de Piura, provincia de Piura, departamento de Piura.

Se considera el siguiente horario de funcionamiento:

- **Lunes a domingo:** 7:00 a.m. - 09:00 p.m. (Google, 2018), (Advanced Converter, s/f)

En la tabla 27 se pueden observar las coordenadas geográficas del complejo escogido para una posible instalación del sistema.

Tabla 27. Coordenadas geográficas del recinto deportivo

Latitud	5°10'38.4" S
Longitud	80°37'56.1" W
Altitud	45 m

Fuente: (Google, 2018)

3.1.2. Características de la piscina

3.1.2.1. Dimensiones de la piscina

Las dimensiones de la piscina se citan en la tabla 28.

Tabla 28. Dimensiones de la piscina semiolímpica del recinto deportivo elegido

Dimensiones	Piscina semiolímpica
Largo	25 m
Ancho	12.5 m
Profundidad	1 m

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.2. Espectadores y usuarios de la piscina: promedio diario/turno

- **Número de usuarios:** 22.
- **Número de espectadores:** 16.

3.2. Condiciones ambientales de la provincia de Piura

Para este apartado, se han recolectado datos promedio respecto a las condiciones ambientales de la provincia de Piura en los tres últimos años (tablas 29, 30 y 31):

Tabla 29. Condiciones ambientales de la provincia de Piura

Mes	Temperatura promedio (ºC)	Temperatura máxima (ºC)	Temperatura mínima (ºC)	Humedad relativa (%)
Enero	26.77	35.47	21.33	65.48
Febrero	27.9	36.5	22.57	76.29
Marzo	27.73	36.17	22.47	83.64
Abril	26.67	34.6	21.03	72.89
Mayo	25.03	33.77	19.33	73.41
Junio	23.33	31.8	18.27	74.24
Julio	22.17	30.7	17.37	76.34

Fuente: (Rodríguez, 2018), (WeatherOnline, 2017)

Tabla 30. Condiciones ambientales de la provincia de Piura (continuación 1)

Mes	Temperatura promedio (ºC)	Temperatura máxima (ºC)	Temperatura mínima (ºC)	Humedad relativa (%)
Agosto	21.63	30.1	16.7	75.33
Septiembre	22.1	31.97	16.83	73.86
Octubre	22.27	31.53	16.77	71.72
Noviembre	22.63	32.03	15.87	69.28
Diciembre	24.87	33.77	19.13	65.84

Fuente: (Rodríguez, 2018), (WeatherOnline, 2017)

Tabla 31. Condiciones ambientales de la provincia de Piura (continuación 2)

Mes	Velocidad media del viento (m/s)	Velocidad máxima del viento (m/s)
Enero	0.27	9.83
Febrero	0.1	6.7
Marzo	0	6.1
Abril	0.2	12.63
Mayo	0.53	10.43
Junio	0.53	12.53
Julio	0.63	13.57
Agosto	0.6	11.77
Septiembre	0.57	15.63
Octubre	0.8	14.6
Noviembre	0.67	12.2
Diciembre	0.77	11.77

Fuente: (Rodríguez, 2018), (WeatherOnline, 2017)

3.3. Condiciones de uso y confort

En España, en el agua existe una bacteria llamada Helicobacter pylori, la cual es capaz de sobrevivir en el agua potable y aguas residuales; incluso después de un tratamiento de desinfección. Para evitar su presencia, se recomiendan determinados valores de temperatura del agua, dependiendo de la aplicación de ésta, con la finalidad de que su uso no sea perjudicial para la salud de los usuarios.

Para agua caliente sanitaria, se sugiere tener en cuenta los siguientes valores (tabla 32):

Tabla 32. Condiciones de uso (agua caliente sanitaria)

Temperatura del agua (verano)	42 ºC
Temperatura del agua (invierno)	60 ºC

Fuente: (Agencia Provincial de la Energía de Alicante, s/f)

Para climatización de piscinas, se aconsejan los valores de las tablas 33 y 34, aunque dependiendo del uso de la piscina se puedan adoptar valores diferentes.

Tabla 33. Condiciones de confort (piscina)

Temperatura del agua	25 ºC
Temperatura del aire	27 ºC
Humedad relativa	65 %

Fuente: (Maillo, Climatización de piscinas cubiertas, 2005)

Tabla 34. Temperatura del agua de las piscinas según su uso

Uso principal		**Temperatura del agua (ºC)**
público	Recreo	25
	Chapoteo	24
	Enseñanza	25
	Entrenamiento	26
	Competición	24
privado		25/26

Fuente: (Ministerio de Ciencia y Tecnología - España, 1998)

En el Perú no existe información sobre bacterias o microorganismos con características similares, pero se pueden tomar en cuenta los rangos de temperatura anteriormente mencionados con el objetivo de garantizar el uso del agua sin riesgo alguno.

3.4. Descripción del funcionamiento de la instalación propuesta

En la representación de la figura 42, se observa la instalación típica a implementar:

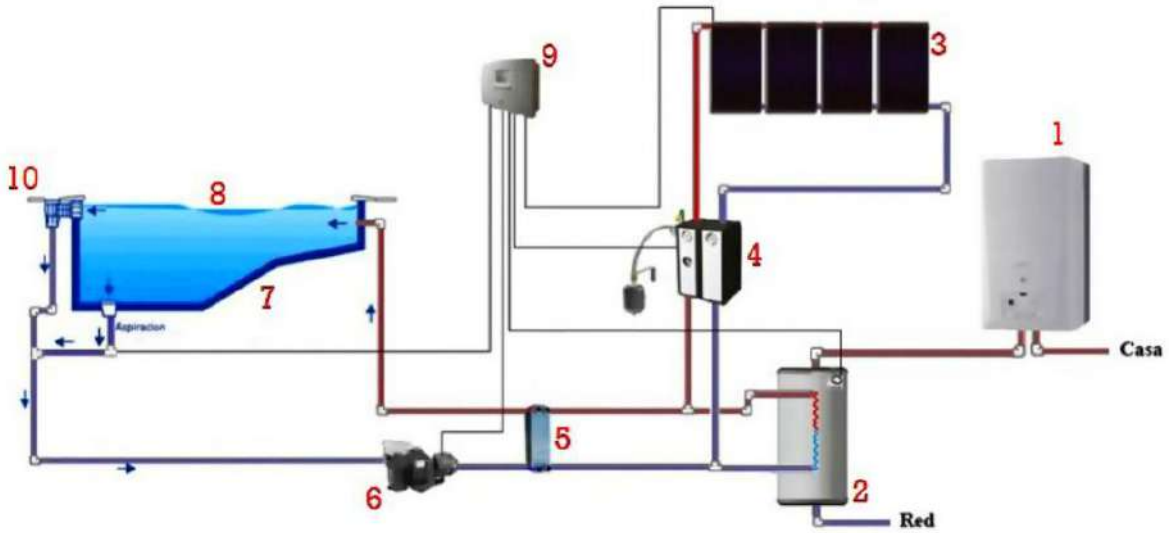


Figura 42. Captadores solares para ACS + climatización de piscina

Fuente: (Solarweb.net, 2009)

Elementos:

1. Caldera (también puede emplearse una bomba de calor)
2. Acumulador solar
3. Paneles solares
4. Dispositivo de apertura y cierre
5. Dispositivo de apertura y cierre
6. Bomba
7. Piscina
8. Manta térmica (uso opcional)
9. Controlador o centralita solar
10. Skimmer

3.4.1. Funcionamiento

El controlador o “centralita” solar interactúa con sensores colocados en la cercanía de la piscina, bomba, acumulador solar, paneles solares, dispositivo de apertura y cierre, respectivamente.

En el instante en que los sensores de la piscina, de los paneles solares y de la bomba detectan la presencia de rayos solares, se pone en funcionamiento la bomba, que empieza a transportar una parte del agua proveniente tanto del skimmer (boca de succión instalada en las paredes de la piscina, en un nivel cercano a la superficie de la misma, y que permite el correcto filtrado del agua) como de la aspiración de la piscina hacia los paneles solares (previo paso por el dispositivo de apertura y cierre, permitido por el sensor del mismo), para su correspondiente calentamiento; otra cantidad se dirige hacia el acumulador para mezclarse con el agua fría proveniente de la red. Una vez efectuado el calentamiento del agua, el dispositivo de apertura y cierre permite, nuevamente, el paso de una parte de esta hacia la piscina para que, la otra, sea transportada hacia el acumulador solar. Por diferencia de densidades el agua caliente se quedará en la parte superior del acumulador, favoreciendo que ésta vaya, de ser necesario, a un sistema auxiliar (en el que se realizará el calentamiento y posterior distribución de agua caliente sanitaria).

Dicho proceso se repite para cubrir la demanda requerida de agua caliente, es decir, mientras que la diferencia de temperaturas del fluido antes y después de pasar por los colectores sea lo suficientemente grande; en ese momento, la bomba deja de operar. El sensor en el acumulador sirve para evitar que la temperatura de agua (indicada en la "centralita" solar) sobrecaliente y dañe el mismo.

El sensor en el circuito auxiliar determina si la temperatura del agua proveniente del almacenamiento solar es suficientemente alta; en este caso, si es inferior a 60ºC, el circuito de agua auxiliar conectado a la caldera intercambiará calor hasta suplir el déficit de temperatura.

3.4.2. Uso de la manta térmica

Con la finalidad de disminuir las pérdidas por evaporación, las de radiación y convección, resulta efectivo cubrir durante la noche la superficie de la piscina con una manta aislante de plástico (figura 43).

Existen varios tipos de mantas para piscinas, normalmente a base de polietileno convenientemente tratado para resistir los rayos ultravioletas, polipropileno o vinilo.

Otra ventaja adicional de la manta es que mientras esté puesta, evita que la suciedad, hojas y objetos se depositen en la piscina y, además, constituye una medida de seguridad para donde haya niños pequeños que por accidente o descuido puedan caer al agua; también, contribuye al ahorro de agua, al evitar su evaporación.

Usando la manta por las noches se logran minimizar las pérdidas de calor, consiguiendo, a veces, un valor aceptable de la temperatura media del agua, sin necesidad de recurrir a la energía solar (calentamiento directo) ni a otra fuente energética.

Uno de los inconvenientes en el uso de la manta térmica es la tendencia a desarrollar microorganismos; también la forma de enrollar y guardar.

Figura 43. Manta térmica

Fuente: (Piscinas Desmontables.es, 2015)

3.5. Cálculo de la superficie captadora

3.5.1. Agua caliente sanitaria

Este apartado ha sido elaborado respetando cada una de las normas del Código Técnico de Edificación de España (anexo A), ya que, tal como se indicó en el apartado 2.1.3., la normativa peruana con la que se cuenta, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), no hace referencia a una contribución solar de agua caliente sanitaria para el tipo de instalación con la que se está trabajando. Los datos considerados se muestran en la tabla 35:

Tabla 35. Datos considerados para el cálculo de la superficie captadora (ACS)

Magnitud	Unidad	Valor
Tipo de local	Adimensional	Vestuarios/duchas colectivas (revisar apartado 2.1.3.2.)
Demanda	L-servicio	15 (revisar apartado 2.1.3.2.)
N° servicios	Adimensional	460 (revisar apartado 2.1.3.2.)
Calor específico	Termia/(m3.ºC)	1
Termia	th	4.184 MJ
Temperatura final	°C	45
Factor de corrección atmosférico	Adimensional	1 (revisar apartado 2.2.2.)
Factor de aprovechamiento	Adimensional	0.94 (revisar apartado 2.2.2.)
Aprovechamiento en el acumulador	Adimensional	0.85 (revisar apartado 2.2.3.3.)
Ecuación	Adimensional	0.823 – 3.36x (donde b = 0.823 y m = 3.36)
Área de cada colector	m^2	2

Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2011)

Las duchas de la edificación son utilizadas diariamente por: alumnos pertenecientes a la selección de natación, estudiantes universitarios y escolares, personas en general (niños, jóvenes y adultos); en su mayoría, que tienen clases de natación.

En la tabla 36 se han considerado, en función del horario, el número de veces que se utilizan las duchas:

Tabla 36. N° de servicios (vestuarios/duchas colectivas)

N° de servicios (veces que son utilizadas las duchas)	Horario
60	7:00 a.m. – 9:00 a.m.
160	9:00 a.m. – 1:00 p.m.
60	1:00 p.m. – 3:00 p.m.
105	3:00 p.m. – 6:00 p.m.
75	6:00 p.m. – 9:00 p.m.
Total = 460	

Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2011)

Al no encontrarse datos exactos respecto a la temperatura del agua de la red, se consideró un aproximado de 2 ºC menor que la del ambiente (es la temperatura ambiente durante las horas de sol, que de los datos recopilados vendría a ser la temperatura promedio). (Maillo, Climatización de piscinas cubiertas, 2005)

3.5.1.1. Cálculo de la demanda energética

Las tablas 37 y 39 explican el procedimiento utilizado para hallar los datos presentes en las tablas 38 y 40, correspondientes al cálculo de la demanda energética para agua caliente sanitaria:

Tabla 37. Demanda energética para agua caliente sanitaria - método de cálculo

Número de días	**Porcentaje de ocupación [%]**	**Demanda mensual [m^3]**	**Temperatura del agua de la red [ºC]**	**Salto térmico [ºC]**
N° de días que posee cada mes del año.	Hace referencia a un estimado, en base a la experiencia y a la información del requerimiento (cliente), de cuántas personas harán uso de las instalaciones.	Es el resultado del producto de la demanda de cada servicio por el número de servicios, por el n° de días del mes y el % de ocupación, dividido por 1000 (litros a m^3).	Al no encontrarse datos exactos respecto a la temperatura del agua de la red, se consideró un aproximado de 2 ºC menor que la del ambiente (proporcionada en el apartado 3.2.).	Es el resultado de la diferencia entre la temperatura final y la temperatura de la red.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Demanda energética para agua caliente sanitaria

Mes	**Número de días**	**Porcentaje de ocupación [%]**	**Demanda mensual (m^3)**	**Temperatura del agua de la red [ºC]**	**Salto térmico [ºC]**
Enero	31	90	192.51	24.77	20.23
Febrero	28	90	173.88	25.90	19.10
Marzo	31	70	149.73	25.73	19.27
Abril	30	70	144.90	24.67	20.33
Mayo	31	65	139.04	23.03	21.97
Junio	30	60	124.20	21.33	23.67
Julio	31	55	117.65	20.17	24.83
Agosto	31	60	128.34	19.63	25.37
Septiembre	30	75	155.25	20.10	24.90
Octubre	31	75	160.43	20.27	24.73
Noviembre	30	85	175.95	20.63	24.37
Diciembre	31	90	192.51	22.87	22.13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Demanda energética para agua caliente sanitaria – método de cálculo (continuación)

Demanda [Termias]	Demanda mes [MJ]	Demanda [kW.h]
La demanda [termias] es el resultado del producto de la demanda mensual por el calor específico, por el salto térmico.	Conversión de la demanda [termias] a [MJ], teniendo en cuenta que 1 termia = 4.184 MJ.	Conversión de la demanda [MJ] a [kW.h], teniendo en cuenta que 1 MJ = 0.278 kW.h.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Demanda energética para agua caliente sanitaria (continuación)

Mes	Demanda [Termias]	Demanda mes [MJ]	Demanda mes [kW.h]
Enero	3894.48	16294.49	4526.25
Febrero	3321.11	13895.52	3859.87
Marzo	2885.30	12072.08	3353.36
Abril	2945.82	12325.30	3423.70
Mayo	3054.60	12780.44	3550.13
Junio	2939.81	12300.18	3416.72
Julio	2921.125	12221.99	3394.99
Agosto	3255.99	13623.04	3784.18
Septiembre	3865.73	16174.19	4492.84
Octubre	3967.310	16599.23	4610.90
Noviembre	4287.90	17940.58	4983.50
Diciembre	4260.25	17824.87	4951.36

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las tablas 38 y 40, respectivamente, de septiembre a febrero hay mayor demanda, ya que, al ser meses que coinciden con el final de primavera e inicio del verano en Perú, va a existir un mayor porcentaje de ocupación de centros recreativos como piscinas, mayor volumen de agua utilizados mensualmente y elevados valores de temperaturas; parámetros de los que depende la demanda energética.

3.5.1.2. Cálculo de la energía aprovechable

Consideraciones:

- La localidad (Piura) se ubica en el hemisferio sur.
- Se disponen de datos exactos respecto al factor de inclinación “k” de esta localidad (en el hemisferio sur). (Petersen, 2007)

Los valores de radiación solar sobre suelo horizontal de Piura se citan en la tabla 41 y se han graficado en la figura 44. Tal como se observa, a lo largo del año, la variación de dichos valores es poco significativa.

Tabla 41. Radiación solar (sobre suelo horizontal) del departamento de Piura

Mes	**Radiación Piura [MJ/m^2]**
Enero	23.4
Febrero	25.20
Marzo	19.44
Abril	18.36
Mayo	17.42
Junio	15.44
Julio	15.91
Agosto	17.82
Septiembre	19.44
Octubre	21.6
Noviembre	21.96
Diciembre	22.68

Fuente: (Chirinos, 2002)

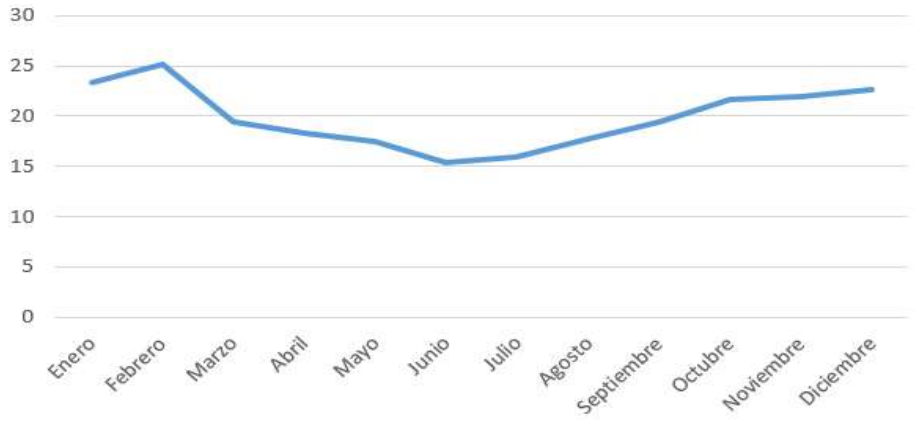


Figura 44. Variación de la radiación solar (sobre suelo horizontal) en el departamento de Piura

Fuente: (Chirinos, 2002)

Las tablas 43 y 45 muestran los resultados del cálculo de la energía aprovechable para agua caliente sanitaria, cuyo procedimiento ha sido explicado en las tablas 42 y 44, respectivamente. De estos datos, son los valores de irradiancia y de temperatura ambiente que influirán directamente en el rendimiento del captador solar elegido (factores ambientales que junto a factores constructivos condicionan el comportamiento del colector).

Tabla 42. Energía aprovechable de agua caliente sanitaria – método de cálculo

Radiación captada [(kW.h)/(m^2.día)]	**Corrección de la atmósfera [(kW.h/m^2.día)]**	**Corrección por inclinación (factor "k")**	**Horas de sol útiles [h]**
Radiación solar (sobre suelo horizontal) del departamento de Piura.	Es el resultado del producto de la radiación captada por un factor que dependerá de la zona: 1.05 (zonas de montaña o campestres), 1 (zonas urbanas con cierta actividad industrial) y 0.95 (zonas polucionadas o grandes urbes). En este caso, se considerará 1.	Representa el cociente entre la energía incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el Ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal.	Número de horas de sol (según hemisferio o zona ecuatorial).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Energía aprovechable de agua caliente sanitaria

Mes	Radiación captada [(kW.h)/(m^2.día)]	Corrección de la atmósfera [(kW.h/m^2.día)]	Corrección por inclinación (factor "k")	Horas de sol útiles [h]
Enero	6.5	6.5	1.06	8.75
Febrero	7	7	1.03	9.25
Marzo	5.4	5.4	0.99	9.5
Abril	5.1	5.1	0.94	9.25
Mayo	4.84	4.84	0.9	8.75
Junio	4.29	4.29	0.89	8.5
Julio	4.42	4.42	0.9	8.75
Agosto	4.95	4.95	0.94	9.25
Septiembre	5.4	5.4	0.99	9.5
Octubre	6	6	1.04	9.25
Noviembre	6.1	6.1	1.07	8.75
Diciembre	6.3	6.3	1.07	8.5

Fuente: Elaboración propia

Para la corrección por inclinación (factor "k") revisar anexo B.

Como la latitud de Piura es de 5°, se considerará el número de horas de sol útiles correspondientes a la zona ecuatorial (ver tablas 22 y 23).

Tabla 44. Energía aprovechable de agua caliente sanitaria – método de cálculo (continuación)

Corrección debida al factor de aprovechamiento [(kW.h)/(m^2.día)]	Irradiancia [W/m^2]
Es el resultado del producto de la corrección por inclinación, la corrección de la atmósfera y el factor de aprovechamiento 0.94 (el 6 % de la energía no se aprovecha).	Resultado del cociente de la corrección debida al factor de aprovechamiento y las horas útiles de sol, multiplicado por 1000 (de kW a W).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Energía aprovechable de agua caliente sanitaria (continuación)

Mes	Corrección debida al factor de aprovechamiento [(kW.h)/(m^2.día)]	Irradiancia [W/m^2]
Enero	6.48	740.18
Febrero	6.78	732.69
Marzo	5.03	528.97
Abril	4.51	487.17
Mayo	4.09	467.96
Junio	3.59	422.24
Julio	3.74	427.35
Agosto	4.37	472.85
Septiembre	5.03	528.97
Octubre	5.87	634.12
Noviembre	6.14	701.19
Diciembre	6.34	745.48

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3. Cálculo del rendimiento del colector

La metodología empleada para determinar el rendimiento de los captadores para agua caliente sanitaria (cuyos resultados se observan en la tabla 48), se encuentra en las tablas 46 y 47.

Tabla 46. Rendimiento del colector para agua caliente sanitaria – método de cálculo

Temperatura Ambiente [ºC]	Rendimiento del colector [%]	Aportación solar diaria por m^2 de colector [(kW.h/m^2.día)]
Valores proporcionados en el apartado 3.2.	Resulta de la diferencia entre: -Producto de 100 (rendimiento dado en porcentaje), factor 0.94 y la coordenada “b” (ecuación del captador).	Es el resultado de multiplicar el rendimiento del colector (en forma numérica, no en porcentaje) y la corrección debido al factor de aprovechamiento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47. Rendimiento del colector para agua caliente sanitaria – método de cálculo (continuación)

Temperatura Ambiente [ºC]	**Rendimiento del colector [%]**	**Aportación solar diaria por m^2 de colector [(kW.h/m^2.día)]**
Valores proporcionados en el apartado 3.2.	-Producto de 100 (rendimiento dado en porcentaje), la pendiente "m" (ecuación del captador),el cociente de la diferencia de temperaturas (temperatura final y ambiente) y la irradiancia.	Es el resultado de multiplicar el rendimiento del colector (en forma numérica, no en porcentaje) y la corrección debido al factor de aprovechamiento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. Rendimiento del colector para agua caliente sanitaria

Mes	**Temperatura ambiente [ºC]**	**Rendimiento del colector [%]**	**Aportación solar diaria por m^2 de colector [(kW.h/m^2.día)]**
Enero	26.77	69.09	4.47
Febrero	27.9	69.52	4.71
Marzo	27.73	66.39	3.34
Abril	26.67	64.72	2.92
Mayo	25.03	63.02	2.58
Junio	23.33	60.12	2.16
Julio	22.17	59.41	2.22
Agosto	21.63	60.76	2.66
Septiembre	22.1	62.82	3.16
Octubre	22.27	65.32	3.83
Noviembre	22.63	66.64	4.09
Diciembre	24.87	68.29	4.33

Fuente: Elaboración propia

Para estimar el rendimiento del colector y la aportación diaria por m^2 de colector, revisar el punto 2.2.4.

En la tabla 48 se aprecia que el rendimiento del colector varía mes a mes. Esto se debe a que, como se mencionó en el apartado 1.6.3.2., el rendimiento de los captadores depende de factores constructivos y datos climatológicos; por lo que, este colector no funcionará de la misma manera en otras localidades, ni en la misma época del año.

3.5.2. Climatización de piscinas

Este apartado se elaboró, respetando lo expuesto en el RITE ITE 10.2, respecto a las pérdidas de calor que presenta el vaso de la piscina, así como, también, considerando su determinación, el criterio de las tablas CENSOLAR (pérdidas de calor que se hallaron de manera experimental o tomando como referencia las poblaciones de diferentes localidades de España, para luego, sintetizarlas en las mencionadas tablas). Los datos considerados se muestran en la tabla 49:

Tabla 49. Datos considerados para el cálculo de la superficie captadora (piscina)

Magnitud	Unidad	Valor
Largo de la piscina	m	25
Ancho de la piscina	m	12.5
Profundidad de la piscina	m	1
Temperatura final	°C	27
Factor de corrección atmosférico	Adimensional	1 (revisar apartado 2.2.2.)
Factor de aprovechamiento	Adimensional	0.94 (revisar apartado 2.2.2.)
Ecuación	Adimensional	0.823 – 3.36x (donde b = 0.823 y m = 3.36)
Área de cada colector	m^2	2
Sin manta térmica		

Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2011)

Al no encontrarse datos exactos respecto a la temperatura del agua de la red, se consideró, un aproximado, de 2 ºC menor que la del aire (es la temperatura ambiente durante las horas de sol, que de los datos recopilados vendría a ser la temperatura promedio). (Maillo, Climatización de piscinas cubiertas, 2006)

3.5.2.1. Cálculo de las pérdidas por radiación, convección y evaporación

Consideraciones:

- **Para las pérdidas diarias por radiación:** Se calculan empleando las tablas CENSOLAR, teniendo presente los valores de temperatura de la red descritos en las tablas 50 y 51.

- **Para las pérdidas diarias por convección:** Considerando los valores de velocidad del viento que se tienen en la tabla 52, se asume un viento flojo. Con este dato y teniendo presente los valores de temperatura de la red, se calcularán las pérdidas respectivas.

- **Para las pérdidas diarias por evaporación:** Se consideran los valores de humedad relativa que se tienen a continuación; se asume un viento húmedo (para los meses de enero, abril, mayo, junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre) y muy húmedo (para los meses de febrero, marzo, julio y agosto). Con estos datos y considerando los valores de velocidad del viento, se calcularán las pérdidas respectivas. (ver tabla y 52)

Tabla 50. Pérdidas diarias por radiación, convección y evaporación

Mes	Velocidad del viento [m/s]	Tº red [ºC]	Humedad relativa [%]	Pérdidas diarias por radiación [MJ/m^2]
Enero	9.83	24.77	0.65	8.04
Febrero	6.70	25.90	0.76	7.36
Marzo	6.10	25.73	0.84	7.46
Abril	12.63	24.67	0.73	8.10
Mayo	10.43	23.03	0.73	9.08
Junio	12.53	21.33	0.74	10.10
Julio	12.57	20.17	0.76	10.72
Agosto	11.77	19.63	0.75	11.02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51. Pérdidas diarias por radiación, convección y evaporación (continuación 1)

Mes	Velocidad del viento [m/s]	Tº red [ºC]	Humedad relativa [%]	Pérdidas diarias por radiación [MJ/m^2]
Septiembre	15.63	20.10	0.74	10.75
Octubre	14.60	20.27	0.72	10.67
Noviembre	12.20	20.63	0.69	10.49
Diciembre	11.77	22.87	0.66	9.18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Pérdidas diarias por radiación, convección y evaporación (continuación 2)

Mes	Pérdidas diarias por convección [MJ/m^2]	Pérdidas diarias por evaporación [MJ/m^2]
Enero	3.80	7.3
Febrero	2.24	4.8
Marzo	2.48	4.8
Abril	3.93	7.3
Mayo	6.16	7.3
Junio	8.54	7.3
Julio	10.16	4.8
Agosto	10.92	4.8
Septiembre	10.26	7.3
Octubre	10.02	7.3
Noviembre	9.52	7.3
Diciembre	6.38	7.3

Fuente: Elaboración propia

De las tablas 50, 51 y 52, respectivamente, los valores de velocidad del viento, temperatura ambiente y humedad relativa son tomados en cuenta para calcular cada una de las pérdidas. Una vez determinadas, éstas se emplean para estimar la demanda energética mensual.

3.5.2.2. Cálculo de la demanda energética

Las tablas 53 y 55 explican el procedimiento utilizado para hallar los datos presentes en las tablas 54 y 56, correspondientes al cálculo de la demanda energética para climatización de piscinas:

Tabla 53. Demanda energética para climatización de piscinas – método de cálculo

Nº días	**Pérdidas totales diarias [MJ/m^2]**	**Pérdidas totales mensuales [MJ/m^2]**	**H [MJ/m^2]**
Número de días que tiene cada mes.	Es el resultado de sumar las pérdidas diarias por convección, radiación y evaporación de cada mes.	Resultado del producto de las pérdidas totales diarias por los días que tiene cada mes.	Dato proporcionado en el apartado 3.5.1.2.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54. Demanda energética para climatización de piscinas

Mes	**Nº días**	**Pérdidas totales diarias [MJ/m^2]**	**Pérdidas totales mensuales [MJ/m^2]**	**H [MJ/m^2]**
Enero	31	19.14	593.25	23.40
Febrero	28	14.40	403.20	25.20
Marzo	31	14.74	456.94	19.44
Abril	30	19.33	579.81	18.36
Mayo	31	22.54	698.74	17.42
Junio	30	25.94	778.20	15.44
Julio	31	25.68	795.999	15.91
Agosto	31	26.74	828.94	17.82
Septiembre	30	28.31	849.30	19.44
Octubre	31	27.99	867.60	21.60
Noviembre	30	27.30	819.09	21.96
Diciembre	31	22.86	708.66	22.68

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55. Demanda energética para climatización de piscinas – método de cálculo (continuación)

0,85H mensual [MJ/m^2]	**Déficit mensual [MJ/m^2]**	**Demanda mensual [MJ]**	**Demanda mensual [kW.h]**
Es el resultado del producto del coeficiente 0.85 por la radiación horizontal, por el número de días que tiene cada mes.	Es la diferencia entre las pérdidas totales mensuales y el 0.85H mensual.	Es el producto del déficit mensual por el área de la piscina (25 m x 12.5 m = 312.5 m^2).	Conversión de la demanda mensual en [MJ] a [kW.h], teniendo en cuenta que 1 MJ = 0.278 kW.h.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. Demanda energética para climatización de piscinas (continuación)

Mes	**0,85H mensual [MJ/m^2]**	**Déficit mensual [MJ/m^2]**	**Demanda mensual [MJ]**	**Demanda mensual [kW.h]**
Enero	616.59	-23.34	-7294.69	-2026.30
Febrero	599.76	-196.56	-61425.00	-17062.51
Marzo	512.24	-55.30	-17282.50	-4800.70
Abril	468.18	111.63	34884.38	9690.11
Mayo	459.12	239.62	74880.50	20800.16
Junio	393.82	384.38	120118.13	33366.17
Julio	419.28	376.71	117720.56	32700.18
Agosto	469.56	359.38	112307.19	31196.47
Septiembre	495.72	353.58	110493.75	30692.73
Octubre	569.16	298.44	93261.56	25906.01
Noviembre	559.98	259.11	80971.88	22492.21
Diciembre	597.62	111.04	34700.63	9639.07

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 56 se aprecia que, de enero a marzo, la energía directa (0.85HA) es mayor que las pérdidas de calor (demanda energética mensual negativa), por lo que no será necesario el uso de captadores solares para temperar el agua de la piscina (sólo se emplearán para agua caliente sanitaria).

La demanda energética calculada junto con la disponibilidad solar que, posteriormente se hallará, son útiles para determinar el número de captadores solares que requiere la instalación.

3.5.2.3. Cálculo de la energía aprovechable

Se realizaron los cálculos teniendo en cuenta el factor de inclinación "k" para una latitud de 5° y una inclinación óptima de los captadores, que será 10º mayor que la latitud. (CENSOLAR TOMO IV, 2007).

Las tablas 57 y 58 muestran, respectivamente, los resultados del cálculo de la energía aprovechable para climatización de piscinas. De estos datos, los valores de irradiancia y temperatura ambiente influirán directamente en el rendimiento del captador solar elegido (factores ambientales que, junto a factores constructivos condicionan el comportamiento del colector). La metodología de cálculo de la energía aprovechable y del rendimiento del colector es similar a la considerada para agua caliente sanitaria.

Tabla 57. Energía aprovechable de climatización de piscinas

Mes	Radiación captada [(kW.h)/(m^2.día)]	Corrección de la atmósfera [(kW.h/m^2.día)]	Corrección por inclinación (factor "k")	Horas de sol útiles [h]
Enero	6.5	6.5	1.06	8.75
Febrero	7	7	1.03	9.25
Marzo	5.4	5.4	0.99	9.50
Abril	5.1	5.1	0.94	9.25
Mayo	4.84	4.84	0.9	8.75
Junio	4.29	4.29	0.89	8.50
Julio	4.42	4.42	0.9	8.75
Agosto	4.95	4.95	0.94	9.25
Septiembre	5.4	5.4	0.99	9.50
Octubre	6	6	1.04	9.25
Noviembre	6.1	6.1	1.07	8.75
Diciembre	6.3	6.3	1.07	8.50

Fuente: Elaboración propia

Para la corrección por inclinación (factor “k”) revisar anexo B.

Como la latitud de Piura es de 5°, se considerará el número de horas de sol útiles correspondientes a la zona ecuatorial (ver tablas 22 y 23).

Tabla 58. Energía aprovechable de climatización de piscinas (continuación)

Mes	**Corrección debida al factor de aprovechamiento en el acumulador [(kW.h)/(m^2.día)]**	**Irradiancia [W/m^2]**
Enero	6.48	740.18
Febrero	6.78	732.69
Marzo	5.03	528.97
Abril	4.51	487.17
Mayo	4.09	467.96
Junio	3.59	422.24
Julio	3.74	427.35
Agosto	4.37	472.85
Septiembre	5.03	528.97
Octubre	5.87	634.12
Noviembre	6.14	701.19
Diciembre	6.34	745.48

Fuente: Elaboración propia

Para la corrección debida al factor de aprovechamiento véase apartado 2.3.4.

La irradiancia se encuentra explicada en el apartado 2.3.4.

3.5.2.4. Cálculo del rendimiento del colector

Tabla 59. Rendimiento del colector para climatización de piscinas

Mes	Temperatura ambiente [ºC]	Rendimiento del colector [%]	Aportación solar diaria por m^2 de colector [(kW.h/m^2.día)]
Enero	26.77	77.26	5.00
Febrero	27.90	77.77	5.27
Marzo	27.73	77.83	3.91
Abril	26.67	77.13	3.48
Mayo	25.03	75.95	3.11
Junio	23.33	74.44	2.67
Julio	22.17	73.56	2.75
Agosto	21.63	73.55	3.22
Septiembre	22.10	74.25	3.73
Octubre	22.27	74.86	4.39
Noviembre	22.63	75.27	4.62
Diciembre	24.87	76.40	4.84

Fuente: Elaboración propia

Para la estimación del rendimiento del colector y la aportación diaria por m^2 de colector, revisar el punto 2.3.4.

Tal como se indicó en el apartado 1.6.3.2., el rendimiento del colector depende de factores constructivos (por ejemplo, material del captador) y climatológicos (temperatura, radiación, viento); se puede calcular con $\eta = 0.94b - m\,.\,(45 - t_a^0)/R_I$. Los cálculos realizados se detallan en la tabla 59.

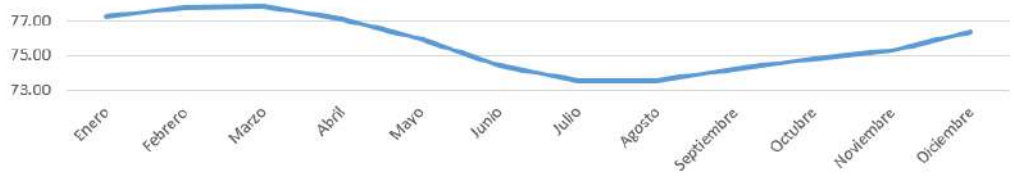


Figura 45. Variación del rendimiento del colector
(climatización de piscinas)
Fuente: Elaboración propia

La figura 45, muestra la gráfica de rendimiento en un periodo anual. Según se aprecia, ésta se caracteriza por tener una variación poco significativa en los meses de enero-abril y de septiembre-diciembre; esto se debe al hecho que Piura presenta valores de radiación y temperaturas, aproximadamente, constantes a lo largo del año, los cuales, influyen directamente en el rendimiento del colector.

3.5.3. Determinación de la superficie de captación

Consideraciones:

- Debido a que no se cuenta con alguna normativa peruana que limite la contribución solar dependiendo de la zona climática en la que se encuentre la instalación; en este caso, la ciudad de Piura, se estableció una superficie de captación para abastecer el 100 % de la demanda energética tanto para agua caliente sanitaria como para climatización de piscinas.

En las tablas 60 y 61 se observa la "disponibilidad solar", tanto para agua caliente sanitaria como para climatización de piscinas.

Tabla 60. Calor aportado por los colectores (ACS)

Mes	Agua caliente sanitaria	
	Calor útil mensual en el punto de consumo [(kW.h)/(m^2.mes)]	**Total del calor aportado [(kW.h)/(m^2.mes)]**
Enero	3.80	117.90
Febrero	4.00	112.14
Marzo	2.84	87.91
Abril	2.48	74.37
Mayo	2.19	68.00
Junio	1.83	55.02
Julio	1.89	58.54
Agosto	2.26	70.02
Septiembre	2.68	80.49
Octubre	3.26	100.95
Noviembre	3.48	104.26
Diciembre	3.68	114.02

Fuente: Elaboración propia

El calor útil mensual es el producto de la aportación solar diaria y el factor 0.85 (1 para climatización de piscinas). Por otro lado, el total del calor aportado es el producto del calor útil mensual en el punto de consumo por el número de días que tiene cada mes.

En las tablas 60 y 61 se calculó la “disponibilidad solar”, que, junto con la demanda energética, permitirá determinar, en primer lugar, el área de captación y, luego, el número de colectores requeridos. Se puede apreciar que, al ser dependiente de las características ambientales (radiación, temperaturas) del lugar, prácticamente no hay variación alguna en la disponibilidad solar existente entre mes y mes, siendo de abril a junio en los que se cuenta con mayor cantidad de este recurso (se debe a otros factores como las impurezas presentes en el ambiente).

Tabla 61. Calor aportado por los colectores (climatización de piscinas)

Mes	Climatización de piscinas	
	Calor útil mensual en el punto de consumo [(kW.h)/(m^2.mes)]	**Total del calor aportado [(kW.h)/(m^2.mes)]**
Enero	5.00	155.11
Febrero	5.27	147.59
Marzo	3.91	121.24
Abril	3.48	104.28
Mayo	3.11	96.40
Junio	2.67	80.15
Julio	2.75	85.28
Agosto	3.22	99.72
Septiembre	3.73	111.94
Octubre	4.39	136.11
Noviembre	4.62	138.54
Diciembre	4.84	150.08

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del calor útil mensual en el punto de consumo y el total del calor aportado, revisar punto 2.3.4.

3.5.3.1. Cálculo de la superficie de captación

Los valores anuales de demanda energética y de disponibilidad solar se encuentran en las tablas 62 y 63.

Tabla 62. Cálculo de la superficie total de captación para ACS y climatización de piscinas

Mes	Demanda ACS [kW.h]	Demanda climatización de piscinas [kW.h]	Total del calor aportado ACS [(kW.h)/(m^2.mes)]	Total del calor aportado piscinas [(kW.h)/(m^2.mes)]
Enero	4526.25	0	117.90	155.11
Febrero	3859.87	0	112.14	147.59
Marzo	3353.36	0	110.68	121.24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63. Cálculo de la superficie total de captación para ACS y climatización de piscinas (continuación)

Mes	Demanda ACS [kW.h]	Demanda climatización de piscinas [kW.h]	Total del calor aportado ACS [(kW.h)/(m^2.mes)]	Total del calor aportado piscinas [(kW.h)/(m^2.mes)]
Abril	3423.70	9690.11	74.37	104.28
Mayo	3550.13	20800.16	68.00	96.40
Junio	3416.72	33366.17	55.02	80.15
Julio	3394.99	32700.18	58.54	85.28
Agosto	3784.18	31196.47	70.02	99.72
Septiembre	4492.84	30692.73	80.49	111.94
Octubre	4610.90	25906.01	100.95	136.11
Noviembre	4983.50	22492.21	104.26	138.54
Diciembre	4951.36	9639.07	114.02	150.08
Total	**48347.79**	**216483.11**	**1066.40**	**1426.44**

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 62 y 63, la demanda energética en los meses de enero a marzo se ha considerado como "0" (climatización de piscinas), debido a que, como se comentó en el apartado 3.5.2.2., la energía directa 0.85HA es mayor que las pérdidas de calor presentes; por tanto, no hay necesidad de emplear captadores solares durante esos meses, para dicha aplicación, al no existir demanda alguna de energía (se puede calentar el agua de la piscina empleando, únicamente, la energía aportada por el sol).

$$\text{Superficie de captación} = \frac{\sum \text{demandas con fracción solar}}{\sum \text{calores aportados}}$$

$$\text{Superficie de captación} = \frac{48347.79 + 216483.11\ [\text{kW.h}]}{1066.40 + 1426.44\ [(\text{kW.h})/\text{m}^2]}$$

$$\text{Superficie de captación} = 106.24\ \text{m}^2$$

En la tabla 64 se puede apreciar el porcentaje de aporte solar de la instalación.

Tabla 64. Cobertura solar de la instalación a implementar

Mes	Energía solar neta – total al mes [kW.h]	Aporte solar [%]	Aporte solar[9] [%]
Enero	29004.28	640.80	100.00
Febrero	27592.69	714.86	100.00
Marzo	24638.01	734.73	100.00
Abril	18979.15	144.73	100.00
Mayo	17465.45	71.73	71.73
Junio	14360.15	39.04	39.04
Julio	15278.38	42.33	42.33
Agosto	18032.69	51.55	51.55
Septiembre	20443.26	58.10	58.10
Octubre	25185.26	82.53	82.53
Noviembre	25794.58	93.88	93.88
Diciembre	28057.01	192.30	100.00
Total			

Fuente: Elaboración propia

La tabla 64 muestra que, de diciembre a abril se logra calentar toda el agua sanitaria y climatizar la piscina empleando, únicamente, los colectores determinados. Para compensar el déficit de aporte solar en los demás meses será necesario incluir en la instalación un sistema auxiliar (calderas).

La importancia de implementar estos colectores es tanto económica como ambiental, ya que, al ser el reemplazo de formas convencionales de energía se reduce el impacto negativo de contaminación (por el uso de los combustibles que emplean dichas fuentes) y de una pérdida económica al no ser una inversión rentable; es necesario incluir un sistema auxiliar.

[9] Se diferencia de la columna de su izquierda indicando en qué meses se cumple con el 100% del requerimiento de la demanda energética (todo aquel que cuente con un aporte solar igual o mayor al 100%) y en cuáles no.

3.5.3.2. Cálculo del número de colectores

$$\text{Número de colectores} = \frac{\text{Superficie de captación}}{\text{Superficie de cada captador}}$$

$$\text{Número de colectores} = \frac{106.24\ \text{m}^2}{2\ \text{m}^2}$$

$$\text{Número de colectores} = 53.12 \approx 54 \text{ colectores}$$

La configuración del número de colectores solares a instalar se puede apreciar en la tabla 65.

Tabla 65. Configuración de los captadores solares

Orientación	Norte	**Conexión**	En paralelo
Inclinación	15º	**Nº de filas**	1

Fuente: (CENSOLAR TOMO III, 2007)

En este caso, los captadores serán instalados en una sola fila, unidos por una serie de acoples y conectados en paralelo, ya que, no se desean obtener temperaturas tan elevadas (como en el caso de la conexión en serie), pero sí pérdidas mínimas de carga (conexión en paralelo).

Asimismo, orientarán hacia el norte porque la ciudad de Piura se encuentra ubicada en el hemisferio Sur e inclinados formando un ángulo de 15º respecto al plano horizontal (se consideran valores de 10º para un uso no continuo; para aplicaciones continuas a lo largo del año pueden admitirse desviaciones de $\pm$ 15º). (Certificado de Eficiencia Energética, 2013)

3.6. Cálculo del sistema de acumulación

Según el CTE (anexo A) para dimensionar el sistema de almacenamiento en una instalación ACS hay que cumplir la siguiente expresión: (Calero, 2012)

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad \textbf{(13)}$$

Donde:

- V es el volumen del acumulador expresado en litros.
- A es el área de captación expresada en metros cuadrados.

Para la instalación considerada:

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

$$50x106.24 < V < 180x106.24$$

$$5312\ litros < V < 19123.2\ litros$$

Se opta por instalar un acumulador cuyo volumen sea el más próximo al límite inferior, debido a aspectos económicos (menor volumen garantiza un menor costo). Como se puede apreciar en la tabla 66, dicho valor se aproxima al del volumen del límite inferior (se quiere evitar el sobredimensionamiento).

Tabla 66. Demanda diaria ACS (aproximación)

Mes	m^3 mensuales	Litros diarios (aproximación)
Enero	192.51	6210
Febrero	173.88	6210
Marzo	149.73	4830
Abril	144.90	4830
Mayo	139.04	4485
Junio	124.20	4140
Julio	117.65	3795
Agosto	128.34	4140
Septiembre	155.25	5175
Octubre	160.43	5175
Noviembre	175.95	5865
Diciembre	192.51	6210

Fuente: Elaboración propia

En esta intervención, se va a escoger un acumulador con intercambiador de serpentín interior, para lo cual, se considerarán los criterios del siguiente apartado (asumiendo, también, la mínima cantidad de litros de almacenamiento, con los que debe contar el acumulador, ya definidos anteriormente).

3.7. Cálculo del sistema de intercambio de calor

El intercambiador interior del acumulador se dimensionará considerando que su superficie deberá ser entre 1/4 y 1/3 de la superficie total captadora (CENSOLAR TOMO IV, 2007).

$$\frac{1}{4} x S_C < S_I < \frac{1}{3} x S_C \quad \textbf{(14)}$$

$$\frac{1}{4} x 106.24 < S_I < \frac{1}{3} x 106.24$$

$$26.56\ m^2 < S_I < 35.41\ m^2$$

Así pues, definidos tanto la superficie de intercambio como el volumen de almacenamiento mínimo del acumulador requerido para esta instalación, se decidió por el indicado en la tabla 67 (sus especificaciones se encuentran en el anexo E):

Tabla 67. Acumulador con intercambiador interior

Fabricante	**Modelo**	**Número de unidades**	**Superficie [m²]**	**Capacidad del acumulador [litros]**
lapesa	MVV6000RB	1	28	6000

Fuente: Elaboración propia a partir del anexo E

3.8. Cálculo del sistema hidráulico

3.8.1. Descripción del sistema de tuberías

Se tomará como referencia la instalación de la figura 46. Las tuberías tienen la siguiente longitud (tabla 68):

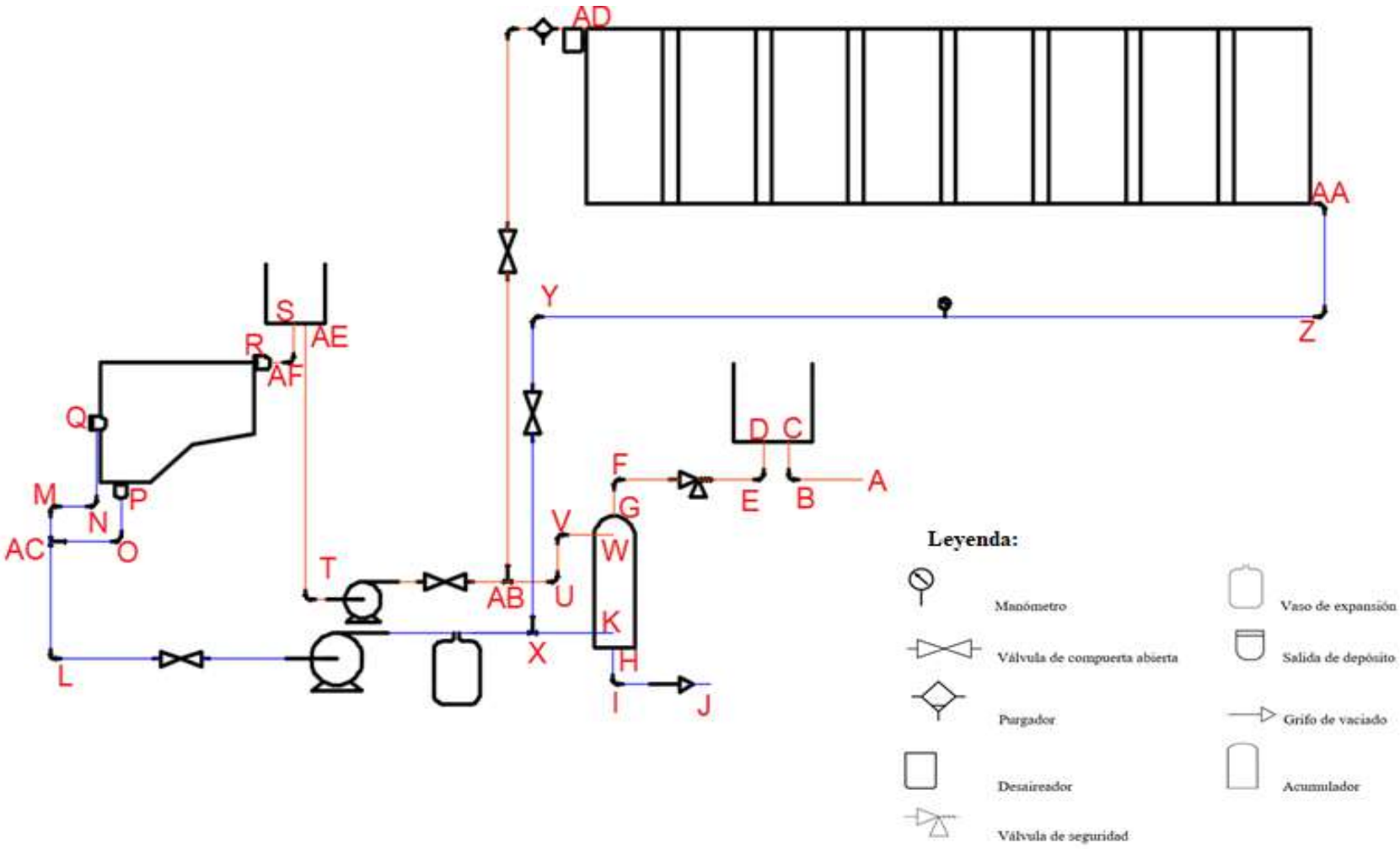


Figura 46. Instalación de referencia para el cálculo del sistema hidráulico
Fuente: (Solarweb.net, 2009)

Tabla 68. Tramos de tubería de la instalación ACS + climatización de piscina

Tramo de tubería	Circuito	Longitud [m]		Tramo de tubería	Circuito	Longitud [m]
A-B	Secundario	0.5		O-AC	Primario	0.35
B-C	Secundario	0.2		O-P	Primario	0.25
D-E	Secundario	0.2		R-AF	Secundario	0.20
E-F	Secundario	1.0		AF-S	Secundario	0.30
F-G	Secundario	0.2		AE-T	Secundario	1.20
H-I	Primario	0.2		T-U	Secundario	1.80
I-J	Primario	0.3		U-V	Secundario	0.20
K-L	Primario	3.5		V-W	Secundario	0.35
L-M	Primario	1.0		X-Y	Primario	2.20
M-N	Primario	0.2		Y-Z	Primario	10.00
N-Q	Primario	0.5		Z-AA	Primario	0.70
				AD-AB	Secundario	5.00

Fuente: Elaboración propia

a) **Circuito primario:** Es el circuito en el que se realiza el transporte del fluido caloportador desde el captador hasta el acumulador (elemento que almacena calor), a través del empleo de un determinado fluido; en este caso, agua. Una vez enfriado dicho fluido, retorna al colector para volverse a calentar y se repite el proceso.

b) **Circuito secundario:** También llamado circuito de consumo. En él ingresa el agua fría de suministro y el agua calentada, la cual se consume (ya sea, en duchas, lavabos, etc.).

Donde:

- **Longitud total del circuito primario**: 19.20 m.
- **Longitud total del circuito secundario**: 11.15 m.

Los principios de cálculo para estas instalaciones son los mismos que para las instalaciones convencionales. El caudal del fluido estará comprendido entre 1.2 l/s y 2 l/s por cada 100 m^2 de captadores, es decir, entre 43 l/(h.m^2) y 72 l/(h.m^2). (Méndez, 2011)

Las tuberías usadas serán de cobre por ser el material más recomendado para instalaciones de energía solar; es técnicamente idóneo y económicamente muy competitivo. Entre sus bondades se tiene: resistencia a la corrosión, maleabilidad y ductilidad, a igualdad de diámetro cuenta con una pérdida de carga más baja que la de otros materiales, resistencia a grandes presiones. (CENSOLAR TOMO III, 2007)

El diámetro mínimo, estimado, para la tubería, se puede admitir con la siguiente expresión:

$$D = j.C^{0.35} \quad \textbf{(15)}$$

Donde:

- D = Diámetro en cm.
- C = Caudal en m^3/h.
- j = 2.2 para tuberías metálicas y 2.4 para tuberías plásticas. (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Los diámetros y espesores de las tuberías de cobre, a considerar, según la norma UNE EN 1057 se encuentran en la tabla 69.

Tabla 69. Diámetro y espesores de tuberías de cobre, según norma UNE EN 1057

DN, mm	Espesores, mm											
	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.5	2.0	2.5	
	Diámetro interior, mm											
10	9.0			8.4		8.0						
12		10.8		10.4		10						
14	X		X	X		X						
15			X	13.4		13		X	X			
16	X		13.6	X		X		X				
18		X		16.4		16		X	X			
22		X		X	19.8	20	X	19.6	19			
25						X		X	X			
28		X		X	25.8	26		25.6	25	X		
35				X		X	X	32.6	32			
40			X			X	X					
42				X		X		39.6	39	X		
54				X	X	X		51.6	51	50		
64									X	60	X	
66.7						X		64.3	X	X	X	
70										X	X	
76.1								X	73.1	72.1	X	
80						X				X		
88.9										86.9	X	X
108								X	105	X	103	X
133									130	X		127
159									X	155		153

Fuente: (Méndez, 2011)

Para el cálculo de la pérdida de carga en las tuberías se consideran los factores de las tablas 70 y 71:

Tabla 70. Coeficientes K de pérdidas localizadas para algunas piezas o accesorios

Denominación del accesorio o singularidad	K
Cambios de dirección a 45º	0.3
Cambios de dirección a 90º de radio medio	0.4
Codos	1.2
Contracciones bruscas	0.6
Derivación en T	1.4
Ensanchamiento bruscos	1.0
Entradas de depósitos	1.6
Salidas de depósitos	1.20
Uniones lisas	0.05
Uniones diversas	0.70

Fuente: (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Tabla 71. Coeficientes K de pérdidas localizadas para algunas piezas o accesorios

Denominación del accesorio o singularidad	K
Válvulas de compuerta:	
Abiertas	0.50
Medio abiertas	5.00
Tres cuartos cerradas	25.0.
Válvulas de asiento:	
Abiertas	6.00
Medio abiertas	36.00
Tres cuartos cerradas	112.00
Válvulas de mariposa:	
Abiertas	0.50
Medio abiertas	25.00
Tres cuartos cerradas	250.00
Válvulas de retención de clapeta	12.00
Válvulas de bola (abiertas)	0.50
Válvulas de seguridad	2.50

Fuente: (CENSOLAR TOMO III, 2007)

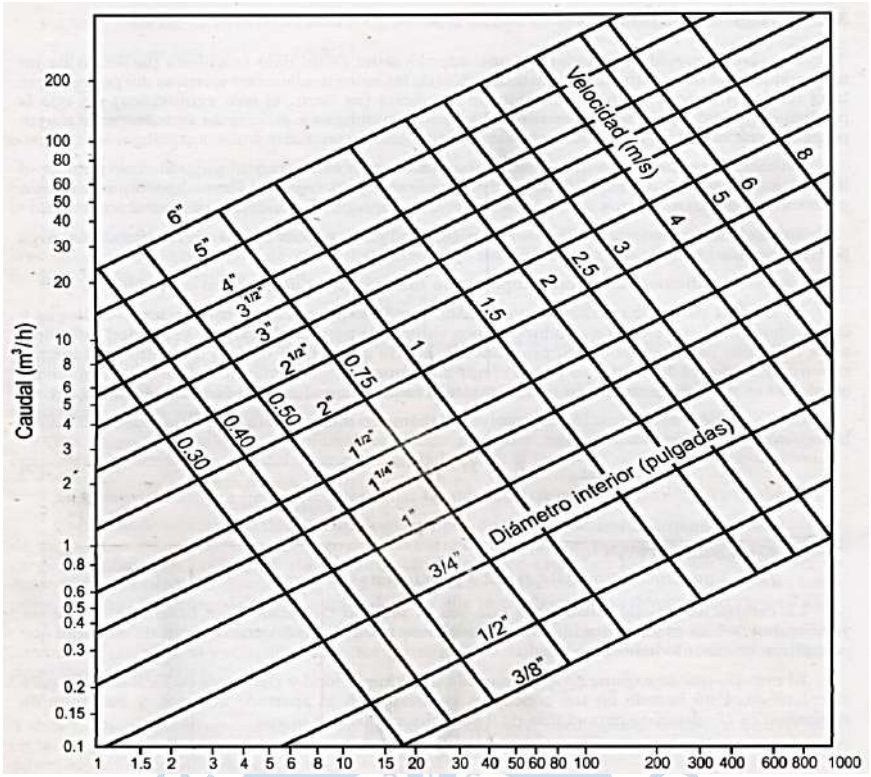


Figura 47. Pérdida por rozamiento (mm c.a. por m) para tubería de cobre

Fuente: (CENSOLAR TOMO III, 2007)

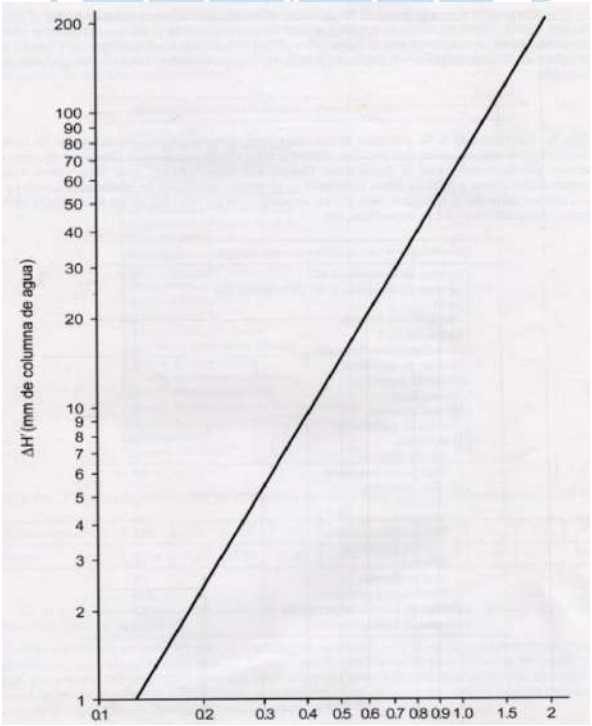


Figura 48. Velocidad del fluido (m/s)

Fuente: (CENSOLAR TOMO III, 2007)

3.8.1.1. Circuito primario

Asumiendo un caudal en las conducciones de 47 l/(h.m^2)[10], el caudal total del circuito primario en m^3 será (tabla 72):

Tabla 72. Caudal del circuito primario

Caudal del circuito primario [l/h]	**Caudal del circuito primario [m^3/h]**	**Caudal del circuito primario [m^3/s]**
C = $C_{elegido}$ [l/(h*m^2)] * Superficie colectora [m^2]	C = 4993.28/ 1000	C = 4.99 / 3600
C = 47 * Superficie colectora C = 47 * 106.24 C = 4993.28	C = 4.99	C = 13.87 * 10^{-4}

Fuente: Elaboración propia

Sustituyendo el valor del caudal en la ecuación (16), resulta:

- D = 2.2 * $4.99^{0.35}$ = 3.87 cm.

Según la tabla 69, el diámetro comercial interior más cercano, en exceso, es de **39 mm.**, con un diámetro nominal de **42 mm.** y un espesor de **1.5 mm.** (García, Instalación solar térmica en vivienda unifamiliar para producción de ACS, calefacción por suelo radiante y climatización de piscina, 2013)

A partir de la figura 47, se puede determinar que la pérdida de carga es de 44 mm c.a. por metro lineal y dado que la longitud de tubería de este circuito es de 19.2 metros, la pérdida de carga lineal total será de 44 x 19.2 = **844.8 mm c.a.**

Del mismo gráfico, se estima la velocidad del agua en **1.23 m/s**. Se puede comprobar efectuando el cálculo exacto, conociendo el caudal y el radio de la tubería.

[10]Apartado 3.8.1.: El caudal del fluido estará comprendido entre 1.2 l/s y 2 l/s por cada 100 m^2 de captadores, es decir, entre 43 l/(h.m^2) y 72 l/(h.m^2). (Méndez, 2011)

$$v = C/\pi.r^2 \quad \textbf{(16)}$$

$$v = (13.87 * 10^{-4})/(\pi x 0.02^2)$$

$$\boldsymbol{v = 1.11\ m/s}$$

Para determinar las pérdidas de carga localizadas en los accesorios del circuito primario, se consideran los factores de las tablas 73 y 74, respectivamente.

Tabla 73. Coeficientes K de accesorios de la instalación

Tramo	Accesorio	K
N-Q / M-N	Codo	1.2
M-N / M-L	Codo	1.2
M-L / AC-O	Derivación en T	1.4
M-L / L-K	Codo	1.2
AF-O / O-P	Codo	1.2
L-K	Válvula de compuerta abierta	0.5
L-K / X-Y	Derivación en T	1.4

Fuente: (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Tabla 74. Coeficientes K de accesorios de la instalación

Tramo	Accesorio	K
H-I / I-J	Codo	1.2
X-Y	Válvula de compuerta abierta	0.5
X-Y / Y-Z	Codo	1.2
Y-Z / Z-AA	Codo	1.2
AA	Codo	1.2
Q-M	Salida de depósito	1.2
P-O	Salida de depósito	1.2
I-J	Grifo de vaciado (Salida de depósito)	1.2
I-J	Reducción para grifo de vaciado (contracción brusca)	0.6
Y-Z	Reducción para manómetro (contracción brusca)	0.6

Fuente: (CENSOLAR TOMO III, 2007)

El factor total:

$$\sum \mathrm{K} = \mathrm{K_T} = 18.2$$

En el gráfico de la figura 48 y para la velocidad de 1.23 m/s, se lee en el eje de coordenadas un valor de $v^2/2g$, aproximadamente, de 86 mm c.a. (el valor más preciso calculado es $1.23^2/(2x9.8) = 0.077\ m\ c.a.$).

$$\Delta H' = 86K_T = 86x18.2 = \mathbf{1565.2\ mm\ c.a.}$$

La pérdida de carga total es:

$$\Delta H = 844.8 + 1565.2 = \mathbf{2410\ mm\ c.a.}$$

Este dato será utilizado para el cálculo de la bomba de circulación en el primario.

3.8.1.2. Circuito secundario

Asumiendo un caudal en las conducciones de 50 l/(h.m^2)[11], el caudal total del circuito secundario en m^3 será (tabla 75):

Tabla 75. Caudal del circuito secundario

Caudal del circuito secundario **[l/h]**	**Caudal del circuito secundario** **[m³/h]**	**Caudal del circuito secundario** **[m³/s]**
C = $C_{elegido}$ [l/(h*m^2)] * Superficie colectora [m^2]	C = 5312 / 1000	C = 5.31 / 3600
C = 50 * Superficie colectora C = 50 * 106.24 C = 5312	C = 5.31	C = 1.48 * 10^{-3}

Fuente: Elaboración propia

[11]Apartado 3.8.1.: El caudal del fluido estará comprendido entre 1.2 l/s y 2 l/s por cada 100 m^2 de captadores, es decir, entre 43 l/(h.m^2) y 72 l/(h.m^2). (Méndez, 2011)

Sustituyendo el valor del caudal en la ecuación (16), resulta:

- $D = 2.2 * 5.31^{0.35} = 3.94$ cm.

Según la tabla 69, el diámetro comercial interior más cercano, por exceso, es **39.6 mm.** y diámetro nominal de **42 mm.** y un espesor de **1.2 mm.** (García, Instalación solar térmica en vivienda unifamiliar para producción de ACS, calefacción por suelo radiante y climatización de piscina, 2013)

A partir del gráfico 47, se determina que la pérdida de carga es de 48 mm c.a. por metro lineal de tubería. La pérdida de carga lineal total es 48 x 11.15 = **535.2 mm c.a.**

Del mismo gráfico, se estima que la velocidad del agua correspondiente es **1.3 m/s**; la cual se puede comprobar efectuando el cálculo exacto, conociendo el caudal y el radio de la tubería.

$$v = (1.48x10^{-3})/(\pi x 0.02^2)$$

$$\boldsymbol{v = 1.18\, m/s}$$

Para determinar las pérdidas de carga localizadas en los accesorios del circuito secundario, se toman los factores de las tablas 76 y 77.

Tabla 76. Coeficientes K de accesorios de la instalación (continuación 1)

Tramo	Accesorio	K
R-AF / AF-S	Codo	1.2
AE-T / T-U	Codo	1.2
T-U / AB-AD	Derivación en T	1.4
T-U / U-V	Codo	1.2
U-V / V-W	Codo	1.2
T-U	Válvula de compuerta abierta	0.5

Fuente: (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Tabla 77. Coeficientes K de accesorios de la instalación (continuación 2)

Tramo	Accesorio	K
F-G / F-E	Codo	1.2
F-E / E-D	Codo	1.2
AE-AD	Válvula de compuerta abierta	0.5
C-B / B-A	Codo	1.2
AD	Codo	1.2
R-S	Entradas de depósitos	1.6
F-E	Válvulas de seguridad	2.5
F-E	Reducción para válvula de seguridad (contracción brusca)	0.6
F-E	Reducción para válvula de seguridad (contracción brusca)	0.6
AD-AB	Reducción para desaireador (contracción brusca)	0.6
AD-AB	Reducción para purgador (contracción brusca)	0.6
AD-AB	Reducción para purgador (contracción brusca)	0.6

Fuente: (CENSOLAR TOMO III, 2007)

El factor total:

$$\sum K = K_T = 19.1$$

En el gráfico de la figura 48 y para la velocidad de 1.3 m/s, se tiene un valor de $v^2/2g$ aproximado de 96 mm c.a. (el valor más preciso calculado es $1.3^2/(2x9.8) = 0.086\ m\ c.a.$). (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Por lo tanto,

$$\Delta H' = 96K_T = 96x19.1 = \mathbf{1833.6\ mm\ c.a.}$$

La pérdida total de carga total es:

$$\Delta H = 535.2 + 1833.6 = \mathbf{2368.8\ mm\ c.a.}$$

Este dato será empleado para determinar la bomba de circulación en el secundario.

3.8.1.3. Aislamiento

En las instalaciones que contengan fluidos a temperatura superior a 40 ºC, las tuberías que discurran tanto por dentro como por fuera de la edificación, deberán ser correctamente aisladas. (CENSOLAR TOMO IV, 2007) Según la tabla 78, se puede ver el espesor mínimo de aislante con las condiciones de conductividad térmica de $\lambda = 0.04\ W/(m.ºC)$ necesarios en función del diámetro de la tubería.

Tabla 78. Espesor mínimo del aislamiento térmico (mm)

Diámetro D de la tubería [mm]	**Temperatura del fluido**			
	40 ºC a 65 ºC	**66 ºC a 100 ºC**	**101 ºC a 150 ºC**	**> 150 ºC**
$D \leq 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

Fuente: (CENSOLAR TOMO III, 2007)

Si la tubería discurre por el exterior, los valores se aumentan en al menos 10 mm.

Para la presente instalación, los metros totales de aislante (lana de vidrio con conductividad térmica de 0.032-0.044 [W/(m.K)]) para interior y exterior, tanto en circuito primario como secundario, con sus respectivos espesores de aislante se clasifican en la tabla 79: (Calero, 2012)

Tabla 79. Espesor mínimo del aislamiento térmico utilizado en la presente instalación

Circuito	Disposición	Diámetro [mm]	Longitud [m]	Espesor [mm]
Primario	Interior	39.0	6.30	30
Primario	Exterior	39.0	12.90	40
Secundario	Interior	39.6	4.05	30
Secundario	Exterior	39.6	7.10	40

Fuente: (Calero, 2012)

3.8.2. Cálculo de bombas de circulación

3.8.2.1. Cálculo de la bomba del circuito primario

El caudal de circulación y la pérdida de carga del circuito primario son las condicionales nominales de trabajo que se deben tomar en cuenta para poder elegir una bomba de circulación adecuada. Dicha pérdida de carga se encuentra formada por:

- La pérdida de carga en los captadores solares.
- La pérdida de carga en las tuberías.
- La pérdida de carga en el intercambiador de calor.

En consecuencia, la altura manométrica de la bomba (H) será:

$$H = PC_{CAPTADORES} + PC_{TUBERÍAS} + PC_{INTERCAMBIADOR} \quad \textbf{(17)}$$

- Pérdidas de carga en las tuberías del circuito primario = 2.41 m.c.a.
- Pérdida de carga en el intercambiador = 100 mbar = 1 m.c.a. (proporcionada por el fabricante, Anexo E).
- Pérdida de carga en los captadores: la pérdida de carga total de los colectores conectador en paralelo equivale a la pérdida de carga individual = 0.86 bar = 8.77 m.c.a. (proporcionada por el fabricante, Anexo D).

$$H = PC_{CAPTADORES} + PC_{TUBERÍAS} + PC_{INTERCAMBIADOR}$$

$$H = 1.95 + 1 + 8.77 = 12.18\, m.c.a.$$

Por lo tanto, la selección de la bomba del circuito primario (cuyas características se encuentran explicadas en el anexo G); se realizó de modo que su curva característica contenga, aproximadamente, el punto de trabajo definido por una altura manométrica igual a la pérdida de carga del circuito H = 12.18 m.c.a y un caudal mínimo de 4993.28 l/h. (tabla 80)

Tabla 80. Características de la bomba de circulación

Fabricante	**Modelo**	**Número de unidades**	**H [m.c.a.]**	**Q [l/h]**
Bombas Total	TWP27501-5	1	33	5700

Fuente: Anexo G

3.8.2.2. Cálculo de la bomba del circuito secundario

La altura manométrica de la bomba de circulación en su punto de trabajo debe compensar la pérdida de carga del circuito secundario, que estará formada por:

- La pérdida de carga en las tuberías.
- La pérdida de carga en el intercambiador de calor.

La altura manométrica de la bomba (H) será:

$$H = PC_{TUBERÍAS} + PC_{INTERCAMBIADOR} \quad \textbf{(18)}$$

- Pérdidas de carga en las tuberías del circuito secundario = 2.37 m.c.a.

- Pérdida de carga en el intercambiador = 125 mbar = 1.25 m.c.a. (proporcionada por el fabricante, Anexo E).

$$H = PC_{TUBERÍAS} + PC_{INTERCAMBIADOR}$$
$$H = 2.37 + 1.25 = 3.62\, m.c.a.$$

Por lo tanto, la selección de la bomba del circuito secundario (cuyas características se encuentran explicadas en el anexo G) se ha realizado de modo que su curva característica contenga aproximadamente el punto de trabajo definido por una altura manométrica igual a la pérdida de carga del circuito H = 3.62 m.c.a y un caudal mínimo de 5312 l/h. (tabla 81)

Tabla 81. Características de la bomba de circulación elegida

Fabricante	**Modelo**	**Número de unidades**	**H [m.c.a.]**	**Q [l/h]**
Bombas Total	TWP27501-5	1	33	5700

Fuente: Anexo G

3.8.3. Dimensionamiento del vaso de expansión

El vaso de expansión se encarga de absorber el aumento de presión de un fluido, contenido en un circuito cerrado, al variar su temperatura. Para la determinación de su tamaño, se requiere calcular previamente el volumen de fluido caloportador contenido en el circuito primario de captación.

3.8.3.1. Fluido caloportador elegido

Como fluido caloportador se escoge, generalmente, una mezcla de agua más anticongelante (también puede ser sólo agua), ya que, es imprescindible para evitar congelaciones. Sin embargo, dado que nos encontramos trabajando en una localidad en la que no se alcanzan bajas temperaturas, sólo se requiere agua como fluido caloportador.

3.8.3.2. Cálculo del volumen del fluido caloportador

- **Volumen de fluido en los captadores:** Como se puede apreciar en el anexo D, la capacidad volumétrica del captador ESCOSOL FMAX 2.0 selectivo es de 1.4 litros. De esta manera, el volumen total en los captadores de la instalación estudiada es:

$$V_{captadores} = 1.4\,{}^{l}/_{captadores} \cdot 54\ captadores = 75.6\ litros$$

- **Volumen de fluido en el intercambiador:** La capacidad volumétrica de éste es de 144 litros (véase anexo E). (Quero, 2011)

$$V_{intercambiador} = 144\ litros$$

- **Volumen de fluido en las tuberías:** A partir de la ecuación que se muestra a continuación, es posible calcular el volumen de cada tramo de tuberías: (Quero, 2011)

$$V_{tubería} = Longitud.Sección = L.\frac{\pi.D_i^2}{4} \quad \textbf{(19)}$$

En las tablas 82 y 83 se presentan los litros de fluido que pueden circular por tramo del circuito primario.

Tabla 82. Volumen de fluido en las tuberías del circuito primario

Tramo	L [m]	Diámetro interior [m]	Área [m²]	Capacidad [litros]
H-I	0.20	0.04	0.0012	0.24
I-J	0.30	0.04	0.0012	0.36
K-L	3.50	0.04	0.0012	4.18
L-M	1.00	0.04	0.0012	1.19
M-N	0.20	0.04	0.0012	0.24
N-Q	0.50	0.04	0.0012	0.60
O-AF	0.35	0.04	0.0012	0.42
O-P	0.25	0.04	0.0012	0.30

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83. Volumen de fluido en las tuberías del circuito primario (continuación)

Tramo	L [m]	Diámetro interior [m]	Área [m^2]	Capacidad [litros]
X-Y	2.20	0.04	0.0012	2.63
Y-Z	10.00	0.04	0.0012	11.95
Z-AA	0.70	0.04	0.0012	0.84
				$\sum Capacidad =$ 22.94 litros

Fuente: Elaboración propia

- **Volumen total en el circuito primario:**

$$V_{total\ del\ fluido} = V_{captadores} + V_{intercambiador} + V_{tuberías} = 242.54\ litros$$

El tamaño del vaso de expansión cerrado se calcula a partir de la siguiente fórmula: (CENSOLAR TOMO III, 2007)

$$V_{Vaso} = V.\varepsilon.\frac{P_f}{P_f - P_i} \quad \textbf{(20)}$$

Donde:

- V_{Vaso}: Volumen del vaso de expansión [litros].
- V: Cantidad de fluido caloportador en el circuito primario [litros].

- ε: Incremento del volumen del fluido caloportador desde 4 ºC hasta la temperatura máxima alcanzable por los captadores [adimensional].
- P_f: Presión absoluta final del vaso de expansión [kg/cm^2].
- P_i: Presión absoluta inicial del vaso de expansión [kg/cm^2].

Puesto que la instalación utiliza sólo agua, pero no se dispone de información detallada sobre la dilatación del mencionado fluido, el valor ε admitido es de 0.08. (Quero, 2011)

Como valor de P_f se toma la presión correspondiente al tarado de la válvula de seguridad (es decir, 8.79 kg/cm^2), que es la máxima a la que la instalación puede funcionar. Para obtener la presión absoluta, el valor de tarado de la válvula de seguridad debe incrementarse en 1 kg/cm^2.

$$P_f = 9.79\ kg/cm^2$$

Normalmente, la presión inicial de llenado del circuito será, como mínimo, de 0.5 kg/cm^2 al nivel de los colectores solares (P_i = 1.5 kg/cm^2 de presión absoluta). A este valor, deberá añadirse la presión correspondiente a la altura de la columna de agua situada sobre el vaso. En este caso:

$$P_i = 2\ kg/cm^2$$

Finalmente, el tamaño mínimo del vaso de expansión será:

$$V_{Vaso} = V.\varepsilon.\frac{P_f}{P_f - P_i} = 242.54x0.08x\frac{9.79}{9.79 - 2}$$

$$V_{Vaso} = 24.38 \text{ litros}$$

En la tabla 84 se pueden observar las especificaciones técnicas del vaso de expansión elegido.

Tabla 84. Características del vaso de expansión

Fabricante	Código	Modelo	Número de unidades	Capacidad [litros]
JUNKERS	mt38csj110b	SAG 25	1	25

Fuente: (CYPE Ingenieros S.A., s/f)

3.8.4. Sistema de control

Existen dos tipos básicos de control:

- Control de la temperatura a la entrada y salida de captadores.
- Control del caudal que la bomba envía al intercambiador del circuito primario con el secundario.

El primero es el más simple de los dos. Se trata de medir la temperatura del fluido caloportador antes y después de pasar por los colectores. Si la diferencia es suficientemente grande, se envía una señal y la bomba hace circular el fluido por los paneles.

Cuando la diferencia de temperatura entre la entrada y la salida alcance un valor muy pequeño, previamente programado, la bomba deja de impulsar fluido hacia los colectores.

La otra forma de hacer el control es en el intercambiador. Mediante un sensor, se regula el caudal que se hace pasar por el intercambiador primario, de manera que siempre se esté optimizando el máximo de transferencia de calor entre los dos fluidos.

Por simplicidad, se trabajará únicamente con el primer tipo de control. (Calero, 2012)

3.8.4.1. Cálculo

El sistema que se va a emplear para regular la instalación consiste en un control de temperaturas a la entrada y salida de los captadores, de manera que:

- Si la diferencia entre temperatura de entrada y salida es mayor o igual a 6ºC, el sistema se pone en marcha (con el fin de mantener el suministro necesario de agua temperada en la instalación). (Calero, 2012)

- Cuando se detecte que el valor de esa diferencia de temperaturas es menor o igual a 2ºC, entonces se detienen las bombas (con el objetivo de no calentar demasiado el agua y, de esta manera, mantener el buen estado de los elementos y las condiciones de uso y confort en la instalación). (Calero, 2012)

Es indispensable también un sensor en el circuito auxiliar, que determine si la temperatura del agua proveniente del almacenamiento solar es suficientemente alta. En este caso, si es inferior a 60ºC, el circuito de agua auxiliar conectado a la caldera, intercambiará calor hasta suplir el déficit de temperatura. (Calero, 2012)

No se llevará a cabo ninguna selección ni diseño de grupo de control. De todas formas, se va a cotizar la adquisición de una centralita de control que se adecúe a los requerimientos básicos. (Calero, 2012)

En la tabla 85 se pueden apreciar las especificaciones técnicas del sistema de control escogido.

Tabla 85. Características del sistema de control elegido

Fabricante	Código	Descripción	Número de unidades
JUNKERS	mt38csg080a	Protección contra sobretemperaturas del captador solar, indicación de temperaturas y fallo técnico, pantalla LCD retroiluminada.	1

Fuente: (CYPE Ingenieros S.A., s/f)

El sistema de control a adquirir se puede observar en la figura 49.

Figura 49. Sistema de control elegido

Fuente: (CYPE Ingenieros S.A., s/f)

3.8.5. Otros elementos

3.8.5.1. Manómetro

El manómetro y el hidrómetro se utilizan para conocer el valor de la presión en el interior de una tubería o depósito. La única diferencia entre ambos es la escala en la que trabajan: el manómetro mide la presión, generalmente, en kg/cm^2; mientras que el hidrómetro la mide en m c.a., (normalmente mediante una escala de 0 a 100).

Los hidrómetros se usan hasta alturas de 40 m, cuando la instalación dispone de depósito de expansión abierto. Para presiones mayores, o para circuitos sometidos a una cierta presurización, o sea, provistos de depósito de expansión cerrado, se acostumbra usar los manómetros.

Para esta instalación, se requiere un manómetro con las siguientes especificaciones (tabla 86):

Tabla 86. Especificaciones del manómetro

Marca	Modelo	Conexión	Rango de presiones [kg/cm^2]
WAAREE	ATF2.2NM.FG	1/4-1/2'' NPT	0-14.06 kg/cm^2

Fuente: Anexo H

3.8.5.2. Válvula de seguridad

Funciona como elemento limitador de la presión de los circuitos y es imprescindible para proteger los componentes de una instalación.

Para circuitos primarios, los tamaños habituales son de 1/2'', 3/4" y 1''.

Para circuitos secundarios, con una capacidad superior a los primarios, la evacuación en caso de sobrepresión ha de ser más rápida y, por tanto, las válvulas suelen ser de mayor tamaño.

Se utilizará una válvula de seguridad, cuya presión de tarado es de 8.79 kg/cm^2, para el circuito secundario (tabla 87).

Tabla 87. Válvula de seguridad seleccionada

Marca	**Conexión**	**Presión de tarado [kg/cm^2]**
Tecval	1 ¼'' x 1 ¼'' NPT	8.79

Fuente: Anexo I

3.8.5.3. Purgador y desaireador

El purgador es un elemento importante ya que evacúa los gases (aire) presentes en el fluido caloportador. Es necesaria su implementación ya que la presencia de gases puede dar lugar a la formación de bolsas que impidan la correcta circulación del fluido caloportador, y provocar corrosiones en la tubería o los captadores.

El purgador debe colocarse en el punto más alto de la instalación, que es donde se acumulan los gases al separarse del fluido.

Para asegurarnos de que los gases disueltos en el líquido son evacuados hacia el exterior por el purgador, es conveniente colocar un elemento llamado desaireador. Se ubica en el punto más alto de la instalación, a la salida de los captadores.

En las tablas 88 y 89, respectivamente, se dan las características del purgador y desaireador seleccionados:

Tabla 88. Especificaciones técnicas del purgador elegido

Marca	Conexión	Presión nominal (kg/cm^2)	Temperatura máxima (ºC)
ALB Sistemas	1 ¼''	10.20	110

Fuente: (CYPE Ingenieros S.A., s/f)

Tabla 89. Breve descripción del desaireador elegido

Marca	Código	Medida	Presión nominal (kg/cm^2)
SOLARFAR	2252 34	3/4''	10.20

Fuente: Anexo J

3.8.5.4. Grifo de vaciado

En algunas ocasiones, para operaciones de mantenimiento o reposición de algún elemento averiado de la instalación, es necesario vaciar el circuito, ya sea, el primario o secundario. Una forma de conseguirlo con rapidez y comodidad, es colocando en la parte inferior de los circuitos una llave de paso conocida como grifo o válvula de vaciado.

Las características de ésta se citan en la tabla 90 (revisar anexo K):

Tabla 90. Breve descripción del grifo de vaciado escogido

Marca	Código	Característica	Conexión
FAJOTA ibérica	GR.106	Pulsador con posición de vaciado total	3/4'' hembra

Fuente: (FAJOTA ibérica, 2016)

3.8.6. Cálculo del sistema auxiliar

3.8.6.1. Sistema de apoyo convencional

Uno de los principios de funcionamiento de instalaciones con energía solar térmica es la continuidad y la garantía de suministro; esto significa, tener la disponibilidad de agua caliente de manera ininterrumpida. Una opción es almacenar la energía captada, en forma de agua caliente, en depósitos hasta su posterior consumo.

Sin embargo, no siempre es posible almacenar agua en cantidad suficiente o a la temperatura necesaria para su consumo, por lo que se requiere incluir un sistema de apoyo convencional (cuyo funcionamiento y operación dependerá del uso de un combustible), el cual, aportará la energía restante cuando el recurso solar no sea el suficiente para otorgar el 100% de la energía.

Dado que no se tiene una normativa peruana que regule este tipo de sistemas, se va a considerar lo que indica el CTE, el cual, marca unas pautas en lo que al sistema de apoyo convencional se refiere: (Méndez, 2011)

- Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía convencional auxiliar.
- Queda prohibido el uso de sistemas de energía convencional auxiliar en el circuito primario de captadores.
- El sistema convencional auxiliar se diseñará para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar. Sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación.

3.8.6.2. Tipos de equipos convencionales

Para decidir qué tipo de sistema de apoyo convencional se puede incorporar a una instalación, hay diversos factores a considerar:

- **Tipo de instalación:** Se puede encontrar a la individual (instalaciones de pequeñas potencias, hasta 50 kW aproximadamente y se emplean en edificios aislados donde existe un único usuario) y colectiva o centralizada (son instalaciones de un rango de potencias medio alto y se emplean en edificios donde existen varios usuarios).

- **Tipo de consumo que atiende:** En función del tipo de consumo que está previsto atender, se requerirá mayor o menor potencia, la cual, deberá fraccionarse en varios equipos que entren en funcionamiento según la demanda de energía: ACS, calefacción, piscina cubierta, climatización.

- **Tipo de tecnología empleada:** Se distinguen tres tipos de calderas: convencional, baja temperatura y condensación. Las diferencias entre una caldera de tecnología convencional y las de baja temperatura y condensación residen en que las calderas de baja temperatura tienen la posibilidad de reducir la temperatura de impulsión a los emisores del sistema de calefacción, hasta llegar al punto de rocío en el cuerpo de la caldera, mientras que las calderas de condensación además de poder rebajar este punto de funcionamiento, aprovechan el calor latente de los condensados que se producen en el interior de la caldera. (Méndez, 2011)

- **Tipo de combustible utilizado:** En la actualidad, se emplean varios combustibles en los sistemas de apoyo, entre los que destacan: electricidad, gasóleo, GLP, gas natural y biomasa.

3.8.6.3. Determinación del sistema auxiliar

Se van a determinar dos calderas a usarse tanto para agua caliente sanitaria (ACS) como para climatización de piscinas, ya que, en Perú, a diferencia de España, no está prohibida la utilización de energías convencionales para calentar piscinas descubiertas (por lo que, en ese país, la única forma de realizarlo sería con energía solar). (solza, 2008)

Como se explicó en el apartado 3.5.3.1., son los meses de mayo a noviembre en los que no se logra satisfacer la demanda energética requerida empleando, únicamente, captadores solares; por lo que el sistema auxiliar se diseñará para funcionar en los meses anteriormente mencionados (7 meses).

Tomando como referencia la tabla 64 del apartado 3.5.3.1. del presente trabajo, el mes más desfavorable corresponde al de junio, en el que el porcentaje de aporte solar es 39.04 %. Luego, la potencia que debe tener cada caldera para compensar dicha deficiencia, será la siguiente (tabla 91):

Tabla 91. Potencia de las calderas (sistema auxiliar)

Demanda energética		**Energía solar neta - total al mes**	**Potencia de las calderas**
[kW.h]		**[kW.h]**	**[kW]**
ACS	**Climatización de piscinas**		3416.72 + 33366.17 – 14360.15 22422.74 kW.h
3416.72	33366.17	14360.15	**53.39 kW**

Fuente: Elaboración propia

Para esta oportunidad se ha creído conveniente seleccionar una caldera de biomasa porque es el combustible menos costoso en el país, como se puede apreciar en el siguiente cuadro comparativo (tabla 92):

Tabla 92. Comparativa de costo para cada tipo de combustible en Perú

Tecnología	**Precio promedio [$/(MW.h)]**
Eólica	8.04
Biomasa	5.20
Biogás	11.00
Hidroeléctrica	6.00

Fuente: (Mitma, 2015)

La caldera escogida (emplea como combustible pellets de madera) posee las siguientes características (tabla 93 – revisar anexo L):

Tabla 93. Descripción de las calderas (sistema auxiliar) elegidas

Marca	Código	Potencia (kW)	Dimensiones (mm)
HERZ firematic 249	P030600-051	60	1621x750x1485

Fuente: (TERMOSUN, 2017)

3.8.6.4. Cálculo del ahorro de combustible

Datos:

- **Energía total (Demanda total de energía):** Se van a tomar los datos hallados en el apartado 3.5.3.1. del presente trabajo.
- **Aporte energía (sistema auxiliar): (**Energía total) * (% aporte solar).
- **Costo de la energía (pellets de madera):** 0.105 $/(kW.h). (Barbieri, 2009)

En las tablas 94 y 95 se muestra el combustible ahorrado en cada mes.

Tabla 94. Ahorro de combustible con proyecto solar

Mes	Energía total ($D_{ACS} + D_{piscina}$) [kW.h]	Aporte energía (sistema auxiliar) [kW.h]	Costo pellets sin proyecto solar [$]	Costo pellets (sistema auxiliar) [$]	Ahorro por mes [$]	Ahorro por mes [%]
Mayo	24350.28115	17465.44504	2556.779521	1833.871729	722.907791	28.2741545
Junio	36782.89242	14360.14611	3862.203704	1507.815341	2354.38836	60.9597148
Julio	36095.18192	15278.37895	3789.994102	1604.22979	2185.76431	57.6719713
Agosto	34980.64801	18032.6946	3672.968041	1893.432933	1779.53511	48.4495124

Fuente: Elaboración propia

Tabla 95. Ahorro de combustible con proyecto solar (continuación)

Mes	**Energía total ($D_{ACS} + D_{piscina}$) [kW.h]**	**Aporte energía (sistema auxiliar) [kW.h]**	**Costo pellets sin proyecto solar [$]**	**Costo pellets (sistema auxiliar) [$]**	**Ahorro por mes [$]**	**Ahorro por mes [%]**
Septiembre	35185.56798	20443.25994	3694.484638	2146.542293	1547.94234	41.8987354
Octubre	30516.91013	25185.26022	3204.275564	2644.452323	559.823241	17.4711329
Noviembre	27475.70389	25794.57707	2884.948909	2708.430592	176.518316	6.11859419
Total anual	-	-	**23665.65**	**14338.78**	**9326.88**	

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las tablas 94 y 95, en el diseño de esta instalación se obtiene un total de **$ 9326.88** ahorrados en un año (en combustible) gracias al aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento del agua caliente sanitaria.

Capítulo 4

Análisis económico

Los precios presentados a continuación, se encuentran con la moneda del país en el que se desea implementar la instalación (en este caso, el Nuevo Sol y con el tipo de cambio del día respectivo), debido a que, determinados componentes se tienen que importar desde España para poder adquirirlos (su precio original se encuentra en euros).

4.1. Costos directos

El desglose de todos los costes directos de los elementos de la instalación viene en la tabla 96:

Tabla 96. Materiales a emplear en el proyecto

Nº	Descripción	Cantidad	Precio unitario [S/]	Precio Total [S/]
01	**Sistema de captación y accesorios**			
	Captador solar ESCOSOL FMAX 2.0 selectivo	54	1333.50	72009
	Soporte universal Escosol 2100 2 colectores 45° c. p.	27	704.85	19030.95
	Racor doble recto unión colectores 22 mm	53	25.87	1371.11
	Racor recto macho salida colector 22 x 3/4"	53	19.79	1048.87

	Racor recto hembra salida colector 22 x 3/4"	53	19.37	1026.61
	Manguito tipo cruz con porta sonda y purgador manual 3/4" M-H	53	71.74	3802.22
	Tapón rosca hembra latón 3/4"	53	6.23	330.19
02	**Sistema de acumulación – intercambio**			
	Interacumulador lapesa MVV6000RB	1	39841.17	39841.17
03	**Sistema hidráulico y accesorios**			
	Tubería de cobre tipo L, DI: 39 mm, DE: 42 mm, L: 6 metros (Eberhardt S.A.)	6	398.44	2390.64
	Aislamiento: coquilla cilíndrica moldeada de lana de vidrio de 34 mm de diámetro interior, 30 mm de espesor y 2 m de longitud	17	18.33	311.61
	Electrobomba Centrífuga Total 1HP	2	174.50	349
	Vaso de expansión, modelo SAG 25 (JUNKERS)	1	379.96	379.96
	Conexión y soporte para vasos de expansión, modelo AAS 1 "JUNKERS"	1	308.72	308.72
	Manómetro modelo ATF2. 2NM.FG (WAAREE)	1	85.38	85.38
	Purgador (ALB Sistemas)	1	558.23	558.23
	Desaireador SOLARFAR	1	506.46	506.46

	Grifo de vaciado (FAJOTA ibérica)	1	72.39	72.39
	Válvula de compuerta de bronce 1 ½'' (CIM50)	4	76.90	307.60
	Válvula de seguridad Tecval	1	400.00	400.00
	Codo Galvanizado 90° 1/2" Rivelsa	16	1.4	22.40
	Derivaciones en T de PVC 1 ½'' (Nicoll)	3	7.30	21.90
	Reducciones 1 ½'' x 3/4''	4	4.20	16.80
	Reducciones 1 ½'' x 1/2''	1	3.40	3.40
	Reducciones 1 ¼'' x 3/4''	2	0.90	1.80
04	**Sistema de control**			
	Centralita de control de tipo diferencial para sistema de captación solar térmica	1	1230.22	1230.22
05	**Sistema auxiliar**			
	Caldera HERZ firematic	2	52318.92	104637.84
Tipo de cambio al 08-10-2018: 1 euro = 3.81 soles				
			PRECIO TOTAL COSTOS DIRECTOS	**250064.47**

Fuente: (SALVADOR ESCODA S.A., s/f), (SODIMAC, 2018), (Mercado libre Perú, 2017), (SMART FACTORY S.A.C., 2015), (SOLARFAR, s/f), (Ccallo, 2018), (TiSUN, 2016), (CYPE Ingenieros S.A., s/f), (TERMOSUN, 2014), (Generador de precios.Perú, S/F), (PROMART HOMECENTER, 2018), (PROMART HOMECENTER, 2018), (PROMART HOMECENTER, 2017), (PROMART HOMECENTER, 2018), (PROMART HOMECENTER, 2018)

4.2. Costos indirectos

Los costos indirectos hacen referencia al transporte, instalación, redacción del proyecto, etc. y se estimarán, en algunos casos, en un porcentaje de los costos directos (ver tabla 97). (Quero, 2011)

Tabla 97. Costos indirectos a emplear en el presente proyecto

Nº	Descripción	Cantidad	Precio unitario [S/]	Precio Total [S/]
01	**Mano de obra**			
	Montaje de componentes y puesta en marcha.	1	20590.85	20590.85
02	**Transporte**			
	Envío de productos Barcelona-Callao (3 contenedores 40 HC)	1	21748.32	21748.32
	Transporte carga Lima - Piura	1	5625.55	5625.55
			PRECIO TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**47964.72**

Fuente: (iContainers, 2018), (COMERCIALIZADORA RUMIWASI S.A.C., s/f)

El costo total de la instalación se puede observar en la tabla 98.

Tabla 98. Costo final de la instalación

Costo final de la instalación	Precio total [S/]
Costos directos	250064.47
Costos indirectos	47964.72
Total (Sin IGV)	298029.19
Total (Con IGV)	**351674.44**

Fuente: Elaboración propia

4.3. Cálculo del VAN y el TIR (Tiempo de retorno de la inversión)

$$VAN = \sum_{t=0}^{n} \frac{Q_t}{(1+k)^t} = Q_0 + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \cdots + \frac{Q_n}{(1+k)^n} \quad \textbf{(21)}$$

Donde:

- Q_t: Flujo de cada del periodo t. El flujo de caja se actualizará año a año tomando en cuenta los ingresos (mensualidad de las clases, venta de prendas, uniformes, alimentos, bebidas; ver tabla 99) y egresos (licencias de funcionamiento, impuestos, pago a trabajadores, pago de recibos de luz y agua, pago de pellets de madera para las calderas; ver tabla 100) que pueda implicar la apertura de una academia de natación en la piscina escogida.

Tabla 99. Ingresos por la apertura de una academia de natación

Ingresos [S/]		
	Mensual	**Anual**[12]
Mensualidad de clases	10000	120000
Venta de uniformes de natación	8400	100800
Venta de productos alimenticios	10320	123840

Fuente: Elaboración propia

Tabla 100. Egresos por la apertura de una academia de natación

Egresos [S/]		
	Mensual	**Anual**[13]
Licencia de funcionamiento	318.52	318.52
Licencia de sanidad (se asume que se pagará sólo una vez)	2500.00	2500
IGV (18%)	5169.60	62035.20
Impuesto a la renta – tercera categoría (29.5 %)	209.76	2517.16
Pago de trabajadores	16600.00	199200.00
Pago de luz	1000.00	12000.00
Pago de agua	2200.00	26400.00
Pago de combustible (Pellets)	33653.54	33653.54

Fuente: (Gestión, 2018), (Municipalidad de Piura, 2016), (La Ley, 2016)

[12] Se estás considerando ingresos aproximadamente constantes a lo largo del año, al ser valores mensuales promedio.
[13] Se estás considerando egresos aproximadamente constantes a lo largo del año, al ser valores mensuales promedio.

- n: Número de años previsto para amortizar la instalación.
- k: Tasa de descuento (k = 2.8%; Tasa de interés según el BCR: 2.75 %). (América economía, 2018)

Si el VAN es positivo, quiere decir que la inversión es financieramente atractiva, ya que además de recuperar la inversión y de obtener la rentabilidad deseada, se tiene un excedente que en esa medida incrementará mi riqueza.

Si el VAN es cero, el valor financiero de los activos del inversionista permanecerá inalterado, por lo tanto, el inversionista será indiferente delante de la inversión.

Si el VAN es negativo, la inversión no es atractiva en términos financieros, ya que no se obtendrá la rentabilidad deseada. (Valera, 2016)

Por otra parte:

$$0 = Q_0 + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \cdots + \frac{Q_n}{(1+k)^n} \quad \textbf{(22)}$$

Donde r = TIR

El valor de la TIR en relación con la tasa de descuento utilizada para hallar el VAN también indica el resultado de la inversión:

- Si la TIR es mayor que la tasa de retorno deseada, la inversión es atractiva en términos financieros.
- Si la TIR es igual a la tasa de retorno deseada, el inversionista es indiferente delante de la inversión.
- Si la TIR es menor que la tasa de retorno, la inversión no es atractiva en términos financieros, porque la rentabilidad obtenida es menor a la rentabilidad deseada. (Valera, 2016)

El estudio de la viabilidad económica de la instalación se presenta en las tablas 101 y 102.

Tabla 101. Estudio de la viabilidad económica de la instalación

Años	Inversión inicial	Flujo beneficio (ingresos)	Ingresos (variación)	Flujo costo (egresos)
0	-351674.44			
1		344640		338624.42
2		383239.68	11.2 % respecto al primer año	346086.94
3		397542.24	15.35 % respecto al primer año	350146.61
4		408329.472	18.48 % respecto al primer año	355221.20
5		420460.8	22 % respecto al primer año	359619.17
6		428387.52	24.3 % respecto al primer año	362833.08
7		433729.44	25.85 % respecto al primer año	365370.37
8		440036.352	27.68 % respecto al primer año	371290.73

Fuente: Elaboración propia

Tabla 102. Estudio de la viabilidad económica de la instalación (continuación)

Egresos (variación)	Flujo neto	Flujo acumulado
	-351674.44	-351674.44
	6015.58	-345658.86
2.3 % respecto al primer año	37152.74	-308506.12
3.5 % respecto al primer año	47395.63	-261110.48
5 % respecto al primer año	53108.28	-208002.21
6.3 % respecto al primer año	60841.63	-147160.58
7.25 % respecto al primer año	65554.44	-81606.13
8 % respecto al primer año	68359.07	-13247.07
9.75 % respecto al primer año	68745.63	55498.56

Fuente: Elaboración propia

El número de años previsto para amortizar la instalación (período de payback) se ha determinado de la siguiente manera: (gestiopolis, 2015)

Período de Payback

$$= [\text{Período último con Flujo Acumulado Negativo}] + \left[\frac{\text{Valor absoluto de último Flujo acumulado negativo}}{\text{Valor del Flujo de Caja en el siguiente período}}\right] \quad \textbf{(23)}$$

$$\text{Período de Payback} = 7 + \frac{|-13247.07|}{68745.63}$$

$$\text{Período de Payback} = 7.19 \approx 8 \text{ años}$$

Éste será considerado para la evaluación económica de la instalación.

$$VAN = -351674.4 + 5851.73 + 35156.42 + 43627.37 + 47554.30 + 52995.04 + 55544.80 + 56343.57 + 55118.85$$

$$VAN = 517.64 \; soles$$

$$0 = \frac{6015.58}{(1+k)} + \frac{37152.74}{(1+k)^2} + \frac{47395.63}{(1+k)^3} + \frac{53108.28}{(1+k)^4} + \frac{60841.63}{(1+k)^5} + \frac{65554.44}{(1+k)^6} + \frac{68359.07}{(1+k)^7} + \frac{68745.63}{(1+k)^8} - 351674.44$$

$$TIR = 2.8291\ \%$$

El valor positivo del VAN y superior a la tasa de descuento (k = 2.8 %) del TIR, indica que la implantación de esta instalación solar térmica es rentable en un tiempo estimado de 8 años. Este periodo podría ser incluso, menor, dependiendo la variación de los ingresos, subvenciones o egresos que tenga el proyecto.

Capítulo 5

Conclusiones

Después de realizar el cálculo de la superficie captadora necesaria para dotar de energía térmica el recinto deportivo (aplicable tanto para piscina como para agua caliente sanitaria), se han obtenido las siguientes conclusiones respecto a esta tecnología:

- Según CENSOLAR, un buen diseño considera que el área de captación para climatización de piscinas debe ser, aproximadamente, el 50 % del área de la superficie de la misma. En este caso se tiene que el área de captación equivale a un 68 %; por lo que se afirma que el dimensionamiento del sistema es correcto y conveniente.

- Se ha podido verificar un rendimiento aproximadamente constante (tanto para ACS como para climatización de piscinas) y elevado (oscilando entre 60-78 %) empleando los captadores seleccionados, por lo que, se justifica su elección. Dichos resultados no sólo se pueden atribuir a las características constructivas del colector, sino que también, a las del lugar en donde se plantea instalar (en Piura, los valores de temperatura y radiación son altos y no presentan una variación significativa); por ello, si se desearan implementar estos colectores, por ejemplo, en Salamanca - España, ciudad que cuenta con temperaturas (14 ºC en promedio) y niveles de radiación más bajos (14.8 MJ/m^2), probablemente, este sistema quedaría obsoleto y sería requerido otro tipo de captador.

- El aporte solar logra satisfacer el 100 % de las necesidades de demanda energética en los meses de diciembre a abril. El déficit energético (de mayo a noviembre) se satisface con un sistema auxiliar tomando como referencia el mes más desfavorable; en este caso junio, que cuenta con un porcentaje de aporte solar de 39.04 %, por lo que las calderas seleccionadas se encargarán de satisfacer el 60.96 % restante.

- El acumulador escogido para la instalación se empleará, únicamente, para agua caliente sanitaria, ya que, en el caso de piscinas es el mismo vaso de éstas el que cumple con dicha función. Por tanto, la energía acumulada disponible para el consumo será el 100% para piscinas, a diferencia del caso de agua caliente sanitaria, que es del 85% (revisar los valores calculados en el apartado 3.5.3. - calor útil mensual en el punto de consumo).

- Podría buscarse una reestructuración del plano de la instalación considerado, de tal manera que, se pueda emplear una menor cantidad de elementos y, por tanto, la inversión se pueda recuperar (incluso en un tiempo menor). Por ejemplo, se podría buscar una conexión que permita usar una única caldera que alimente tanto a la piscina como a las duchas y lavabos. Esto también permitiría utilizar un menor número de accesorios (como codos, derivaciones en T, reducciones) y, por tanto, se contarían con menos pérdidas. Se tendría que evaluar, también, si es que el complejo deportivo cuenta con el espacio disponible para que pueda ser factible dicha reestructuración.

- Evaluando utilizar el sistema auxiliar (constituido por las dos calderas) durante los meses de mayo a noviembre, se obtiene un ahorro del 39.43 % (aproximadamente, $ 9400 por año) respecto a si se quisiera emplear, únicamente, las calderas como sistema de calentamiento de toda la instalación.

- Al evaluarse la rentabilidad del proyecto en un intervalo de 8 años, se comprobó que éste es atractivo (en términos financieros) al obtenerse un VAN (valor actual neto) positivo y un valor del TIR superior al de la tasa de descuento. Este periodo podría ser incluso, menor, si existieran políticas de promoción e incentivo de energías renovables; permitiendo que este tipo de proyectos sean aún más atractivos.

- Para este tipo de instalaciones que requieren admitir más de 5 captadores solares, se recomienda usar un sistema solar térmico con las siguientes características:
    - De circulación forzada: Usando bombas donde sea conveniente (recomendable en el primario).
    - Un sistema con dos circuitos: el primario, por donde circulará el fluido caloportador; y el secundario, por donde se conducirá el agua fría de la red para ser calentada y luego acumulada. De esta manera, se garantiza que para estas instalaciones, de tipo indirecto, no habrá mezcla entre el fluido caloportador y el agua a calentar.
    - De ser necesario: Acoplar un sistema convencional auxiliar, para complementar el aporte energético, optimizándose gastos.

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Referencias Bibliográficas

1. Acciona. (2017). Energía solar fotovoltaica. Obtenido de Acciona: https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/

2. Advanced Converter. (s/f). *Encuentra altitud desde coordenadas*. Obtenido de Advanced Converter: http://www.advancedconverter.com/es/herramientas-de-mapa/encontrar-altitud-desde-coordenadas

3. Agencia Provincial de la Energía de Alicante. (s/f). *Consejos para el consumo eficiente en el hogar*. Obtenido de Agencia Provincial de la Energía de Alicante: http://www.alicantenergia.es/es/Consejos-para-el-consumo-eficiente-en-el-hogar.html

4. América economía. (14 de Abril de 2018). *Banco Central de Reserva del Perú mantuvo su tasa de interés de referencia en 2,75%*. Obtenido de América economía: https://www.americaeconomia.com/economia-mercados/finanzas/banco-central-de-reserva-del-peru-mantuvo-su-tasa-de-interes-de

5. Barbieri, J. P. (2009). *PELLETS DE MADERA: UNA FUENTE DE ENERGIA RENOVABLE*. Obtenido de Instituto Tecnologico de Buenos Aires: https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1130/41180_JuanPablo_Nojek.pdf?sequence=1&isAllowed=y

6. BAXI. (9 de Enero de 2017). *Paneles solares planos SOL*. Obtenido de BAXI: https://www.baxi.es/productos/energia-solar/paneles/planos-sol#section-resources__tabber

7. BAXI. (15 de Marzo de 2018). *Placas solares BAXI*. Obtenido de BAXI: https://www.gasfriocalor.com/placas-solares/baxi

8. Biosol Energía. (Diciembre de 2014). *Energía Solar Térmica*. Obtenido de Biosol Energía: http://biosolenergia.com/energia-solar-termica/

9. Calero, L. (12 de Agosto de 2012). *Diseño de una planta de energía solar térmica para un polideportivo en el entorno climático de Madrid.* Obtenido de UC3M: https://orff.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16898/TFG_Luis_Calero_Garcia.pdf

10. Carlos. (2 de Marzo de 2015). *Sistema solar por termosifón ¿Qué es y cómo funciona?* Obtenido de NERGIZA: https://nergiza.com/sistema-solar-por-termosifon-que-es-y-como-funciona/#1t6JxPDdG0A5edGB.99https://nergiza.com/sistema-solar-por-termosifon-que-es-y-como-funciona/

11. Ccallo, S. (10 de Mayo de 2018). Consulta precio de tuberías de cobre Eberhardt S.A. (E. Gallo, Entrevistador)

12. CENSOLAR TOMO III. (2007). *Instalaciones de energía solar: Sistemas de aprovechamiento térmico I.* Sevilla: PROGENSA.

13. CENSOLAR TOMO IV. (2007). *Instalaciones de energía solar: Sistemas de aprovechamiento térmico II.* Sevilla: PROGENSA.

14. Certificado de Eficiencia Energética. (06 de Mayo de 2013). *Inclinación y orientación de los captadores solares térmicos.* Obtenido de Certificado de Eficiencia Energética: https://certificadodeeficienciaenergetica.com/articulo/inclinacion-e-orientacion-captadores-solares-termicos

15. Chirinos, E. (2002). *DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA ENERGIZACIÓN.* Obtenido de INFORME DE INGENIERÍA: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_ce794caf8156cc4d4f7f1f4c7bb866d4

16. CK-12 Foundation. (04 de Junio de 2018). *Procesos del ciclo del agua*. Obtenido de CK-12 Foundation: https://www.ck12.org/book/CK-12-Conceptos-de-Ciencias-de-la-Tierra-Grados-6-8-en-Espa%C3%B1ol/section/6.3/

17. Código Técnico de la Edificación. (2011). *Código Técnico de la Edificación*. Obtenido de Energía solar térmica: https://www.codigotecnico.org/

18. COINTRA. (Septiembre de 2016). *Soluciones Integrales para las Instalaciones de Energía Solar Térmica*. Obtenido de COINTRA: http://www.cointra.es/wp-content/uploads/2016/03/catalogo-general-cointra-energia-solar-termica-2016.pdf

19. Combustibles Aragón. (01 de Abril de 2016). *Tipos de biomasa* . Obtenido de Combustibles Aragón: https://combustiblesaragon.es/tipos-de-biomasa/

20. COMERCIALIZADORA RUMIWASI S.A.C. (s/f). *Transporte de carga*. Obtenido de COMERCIALIZADORA RUMIWASI S.A.C.

21. CYPE Ingenieros S.A. (s/f). *Precio en Perú de control centralizado para sistema solar térmico.* Obtenido de Generador de Precios. Perú: http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/IC_Calefaccion__climatizacion_y_a/ICX_Dispositivos_de_control_centra/ICX025_Control_centralizado_para_sistema_s.html

22. CYPE Ingenieros S.A. (s/f). *Precio en Perú de purgador de aire.* Obtenido de CYPE Ingenieros S.A.: http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/IC_Calefaccion__climatizacion_y_A/Sistemas_de_conduccion_de_agua/Purgador_de_aire_0_0_1_0_0_0_0.html

23. CYPE Ingenieros S.A. (s/f). *Vaso de expansión para circuito de calefacción.* Obtenido de Generador de precios. Perú: http://junkers.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/IC_Calefaccion__climatizacion_y_a/Sistemas_de_conduccion_de_agua/ICS040_Vaso_de_expansion_para_circuito_de_.html

24. CYPE Ingenieros, S.A. (s/f). *Caldera para la combustión de pellets*. Obtenido de Generador de precios. Perú: http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=4|0_0_0_1|0|ICQ015|icq_015:c8_0_3_0_0_4c35_0_1c5_0_1_0_1c6_0_1_0_0_1_0_0_1c3_0_1c3_0

25. DEMO E-DUCATIVA CATEDU. (25 de Octubre de 2016). *Energía solar de media y baja temperatura*. Obtenido de DEMO E-DUCATIVA CATEDU: http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1088/html/34_energa_solar_de_media_y_baja_temperatura.html

26. Dinamos. (2 de Septiembre de 2016). *Energía de la biomasa*. Obtenido de Dinamos: http://dinamos.co/energias-renovables/energia-de-la-biomasa

27. ekidom - Energías renovables. (09 de Diciembre de 2013). *FUNCIONAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.* Obtenido de http://www.ekidom.com/funcionamiento-de-la-energia-solar-termica

28. Energía solar. (2 de Junio de 2015). *Captadores solares térmicos*. Obtenido de Energía solar: https://solar-energia.net/energia-solar-termica

29. Energía solar. (28 de Septiembre de 2015). *Captadores solares térmicos*. Obtenido de Energía solar: https://solar-energia.net/energia-solar-termica/captadores-solares-termicos

30. Energía solar Levante. (19 de Diciembre de 2013). *Captador solar térmico para vivienda particular*. Obtenido de Energía solar Levante: https://www.energiasolarlevante.com/energia-solar-termica/attachment/captador-solar-termico-para-vivienda-particular/

31. Energía solar térmica. (2006). *El fluido caloportador*. Obtenido de Energía solar térmica: http://energiasolartermica.blogspot.pe/2006/02/el-fluido-caloportador_03.html

32. energiadoblecero. (2011). *Tipos de colectores solares y componentes básicos*. Obtenido de energiadoblecero: http://energiadoblecero.com/energias-renovables/energia-termosolar/tipos-de-colectores-solares-y-componentes-basicos

33. Energías renovables para su casa. (17 de Julio de 2015). *La Energía Solar térmica*. Obtenido de Energías renovables para su casa: http://renov-arte.es/energias-renovables/energia-solar-termica

34. erenovable.com. (17 de Mayo de 2018). *¿Qué es la energía hidráulica?* Obtenido de erenovable.com: https://erenovable.com/energia-hidraulica/

35. Espada, B. (1 de Agosto de 2016). *Energía solar: ventajas y desventajas*. Obtenido de ERENOVABLE.COM: https://erenovable.com/energia-solar-ventajas-y-desventajas/

36. Estela. (20 de Junio de 2017). *La nueva generación: energía solar fotovoltaica*. Obtenido de PLIMA: Industrial solar: http://www.industriasolarplima.com/la-nueva-generacion-energia-solar-fotovoltaica/

37. FAJOTA ibérica. (2016). *Grifos de vaciado.* Obtenido de FAJOTA ibérica: http://www.fajota-iberica.com/index.php/es/productos-3/item/56-203-grifos-de-vaciado

38. Fauroux, L. D. (15 de Mayo de 2016). *MODELADO Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE COLECTORES SOLARES PLANOS*. Obtenido de Universidad Nacional de La Matanza: http://reddi.unlam.edu.ar/index.php/ReDDi/article/view/8/35

39. Fernández, T. (26 de Julio de 2012). *Energía geotérmica: ventajas y desventajas*. Obtenido de VIX: https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/2011/01/28/energia-geotermica-ventajas-y-desventajas

40. Fundación Energizar. (2017). *Energía solar*. Obtenido de Energizar: http://www.energizar.org.ar/energizar_desarrollo_tecnologico_energia_solar.html

41. García, A. (03 de Enero de 2013). *Instalación solar térmica en vivienda unifamiliar para producción de ACS, calefacción por suelo radiante y climatización de piscina.* Obtenido de Repositorio Abierto de la Universidad de Cantabria: https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1663/Alonso%20Garc%C3%ADa%20C%20.pdf?sequence=6

42. García, A. (2018). *La energía solar*. Obtenido de slideplayer: http://slideplayer.es/slide/3406253/

43. GASFRIOCALOR.COM. (22 de Marzo de 2018). *Comprar Captadores Solares para instalaciones de Energía Solar*. Obtenido de GASFRIOCALOR.COM: https://www.gasfriocalor.com/index.php?option=com_virtuemart&view=category&virtuemart_category_id=399&virtuemart_manufacturer_id=28

44. Generador de precios.Perú. (S/F). *Aislamiento térmico de tuberías*. Obtenido de Generador de precios.Perú: http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=3|0_0_0_0_0_0_0|0|NAA010|naa_010:c10_0_1_0_2c5_0_1_0_0

45. Gestión. (05 de Octubre de 2017). *Energía geotérmica: ¿Qué regiones del Perú tienen potencial?* Obtenido de Gestión: https://gestion.pe/economia/energia-geotermica-regiones-peru-potencial-220149

46. Gestión. (23 de Noviembre de 2018). *CCL: Los costos para el registro sanitario de empresas han subido* . Obtenido de Gestión: https://archivo.gestion.pe/noticia/320445/,?ref=gesr

47. gestiopolis. (18 de Febrero de 2015). *Cálculo del periodo de recuperación de la inversión o payback*. Obtenido de gestiopolis: https://www.gestiopolis.com/calculo-del-periodo-de-recuperacion-de-la-inversion-o-payback/

48. González, E. (4 de Junio de 2016). *Energía solar*. Obtenido de Slideshare: https://www.slideshare.net/EdilioGonzalez/energia-solar-62730716

49. Google. (07 de Marzo de 2018). *Google Maps*. Obtenido de Google Maps: https://www.google.com.pe/maps/place/5%C2%B010'38.4%22S+80%C2%B037'56.1%22W/@-5.1773333,-80.6327972,19z/data=!3m1!4b1!4m9!1m2!2m1!1sescuela+de+natacion+berendson+piura+coordenadas!3m5!1s0x0:0x0!7e2!8m2!3d-5.1773452!4d-80.6322477.

50. Horn, M. (11 de Noviembre de 2016). *El estado actual del uso de la energía solar en el Perú*. Obtenido de Perú económico: http://fc.uni.edu.pe/mhorn/Energia%20solar%20en%20Peru%20perueconomico.pdf

51. iContainers. (25 de Abril de 2018). *Tarifas de transporte marítimo, al instante*. Obtenido de iContainers: https://www.icontainers.com/es/cotizaciones/FCL/ESBCN/PORT/ES/PECLL/PORT/PE/?dv20=0&dv40=2&hc40=0

52. Isempa. (2018). *Solar térmica*. Obtenido de Isempa: http://isempa.com/tecnologias.asp?tech=4

53. JUNKERS. (11 de Mayo de 2016). *Captadores solares TOP*. Obtenido de JUNKERS: https://www.junkers.es/usuario_final/productos/catalogo_usuario/producto_7360#

54. JUNKERS. (2016). *S-Comfort FKC-2*. Obtenido de JUNKERS: https://www.junkers.es/usuario_final/productos/catalogo_usuario/producto_7424

55. La Ley. (10 de Diciembre de 2016). *Tasa del Impuesto a la Renta para empresas será de 29,5%.* Obtenido de La Ley: https://laley.pe/art/3669/tasa-del-impuesto-a-la-renta-para-empresas-sera-de-29-5-

56. Maillo, A. (28 de Noviembre de 2005). *Climatización de piscinas cubiertas.* Obtenido de CIATESA: http://www.mariloureiro.net/tecnica/eficienciaEnerg/19-B.EvaMAlbarracin-CIATESA.pdf

57. Maillo, A. (27 de Febrero de 2006). *Climatización de piscinas cubiertas*. Obtenido de CIATESA: http://www.mariloureiro.net/tecnica/eficienciaEnerg/19-B.EvaMAlbarracin-CIATESA.pdf

58. Méndez, J. y. (2011). *Energía solar térmica.* Madrid: FC EDITORIAL.

59. Mercado libre Perú. (Agosto de 2017). *Válvula De Seguridad De 1 1/4 Tecval Para Vapor De 125 Psi.* Obtenido de Mercado libre Perú: https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-426426722-valvula-de-seguridad-de-1-14-tecval-para-vapor-de-125-psi-_JM

60. Ministerio de Ciencia y Tecnología - España. (31 de Julio de 1998). *Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.* Obtenido de Universitat Politécnica de Catalunya: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/2758/40838-4.pdf?sequence=4&isAllowed=y

61. Ministerio de Energía y Minas. (Octubre de 2014). *Plan Nacional de Electrificación Rural.* Obtenido de Ministerio de Energía y Minas: http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/OficinaComunicaciones/EventosRealizados/ForoApurimac/2/Plan_Nacional_de_Electrificacion_Rural.pdf

62. Ministerio de Energía y Minas. (Marzo de 2018). *Balance Nacional de la Energía 2016*. Obtenido de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/BNE_2016.pdf

63. Mitma, R. (15 de Junio de 2015). *Análisis de la Regulación de Energías Renovables en el Perú.* Obtenido de PUCP: http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoysociedad/article/view/15235

64. Mundo solar. (15 de Junio de 2015). *¿Qué son los heliostatos?* Obtenido de Mundo solar: http://www.dforcesolar.com/energia-solar/que-son-los-heliostatos/

65. Municipalidad de Piura. (2016). *Costo de tramitación de los nuevos procedimientos administrativos de la división de licencias y defensa civil de la municipalidad provincial de Piura.* Obtenido de Municipalidad de Piura: http://www2.munipiura.gob.pe/uac/costos_licencias2016.pdf

66. Organización de las Naciones Unidas. (2012). *Desarrollo sostenible.* Obtenido de Organización de las Naciones Unidas: http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml

67. Peñalver, J. (06 de Marzo de 2015). *INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA: FASES DEL PROCESO DE MONTAJE* . Obtenido de Tomás Eficiencia: http://tomaseficiencia.blogspot.com/2015/03/instalacion-solar-termica-fases-del_6.html

68. Petersen, H. (31 de Octubre de 2007). *ANÁLISIS Y SISTEMATIZACIÓN DE DATOS PARA EL DISEÑO DE.* Obtenido de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/petersen_ho/sources/TESISo.pdf: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/petersen_ho/sources/TESISo.pdf

69. Piscinas Desmontables.es. (Abril de 2015). *Piscinas Desmontables.es*. Obtenido de Cubiertas de Piscinas: https://www.piscinasdesmontables.es/comprar/cubiertas-piscinas-gre/

70. plantasdebiomasa. (02 de Mayo de 2013). *Tipos de biomasa*. Obtenido de plantasdebiomasa: http://www.plantasdebiomasa.net/tipos-de-biomasa.html

71. PROMART HOMECENTER. (04 de Diciembre de 2017). *Codo SAL 2" x 90°*. Obtenido de PROMART HOMECENTER: https://www.promart.pe/codo-2--x-90%C2%B0-sal/p

72. PROMART HOMECENTER. (05 de Abril de 2018). *Codo simple presión 1 1/2" x 90°*. Obtenido de PROMART HOMECENTER: https://www.promart.pe/codo-simple-presion-1-1-2--x-90%C2%B0/p

73. PROMART HOMECENTER. (05 de Abril de 2018). *Reducción SAL 2" a 1 1/4"*. Obtenido de PROMART HOMECENTER: https://www.promart.pe/reduccion-sal-2--a-1-1-4-/p

74. PROMART HOMECENTER. (09 de Abril de 2018). *Tee simple presión 1 1/2"* . Obtenido de PROMART HOMECENTER: https://www.promart.pe/tee-simple-presion-1-1-2-/p

75. PROMART HOMECENTER. (09 de Abril de 2018). *Tee simple presión 2"*. Obtenido de PROMART HOMECENTER: https://www.promart.pe/tee-simple-presion-2-/p

76. PROMART HOMECENTER. (06 de Febrero de 2018). *Válvula Compuerta 1 1/2"*. Obtenido de PROMART HOMECENTER: https://www.promart.pe/valvula-compuerta-1-1-2-/p

77. PROMART HOMECENTER. (05 de Abril de 2018). *Válvula Compuerta 1 1/2"*. Obtenido de PROMART HOMECENTER: https://www.promart.pe/valvula-compuerta-1-1-2-/p

78. Quero, G. (Enero de 2011). *Diseño de un sistema de captación de energía solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria en un edificio de viviendas.* Obtenido de UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11549/ANEXOS%20DE%20C%C3%81LCULOS.pdf?sequence=5&isAllowed=y

79. Quimacer. (2016). *Anticongelante/caloportador*. Obtenido de Quimacer: http://www.quimacer.com/644005_es/anticongelante-caloportador/

80. Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Obtenido de Instituto de la Construcción y Gerencia: http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm

81. Revista eólica y del vehículo eléctrico. (6 de Septiembre de 2013). *Energías renovables en Perú: Energía solar fotovoltaica en Piura*. Obtenido de Revista eólica y del vehículo eléctrico: https://www.evwind.com/2013/09/06/energias-renovables-energia-solar-fotovoltaica-para-mas-de-10-000-piuranos/

82. Revista eólica y del vehículo eléctrico. (25 de Septiembre de 2014). *Eólica: parque eólico de Talara de 30 megavatios*. Obtenido de Revista eólica y del vehículo eléctrico: https://www.evwind.com/2014/09/25/eolica-en-noviembre-se-inaugurara-parque-eolico-ubicado-en-talara-peru/

83. Rivas, P. (2018). *¿CÓMO FUNCIONA LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA?* Obtenido de instalacionesyeficienciaenergética.com: https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/como-funciona-la-energia-solar-termica/

84. Rodríguez, R. (6 de Marzo de 2018). Condiciones climáticas y ambientales de la provincia de Piura. (E. Gallo, Entrevistador)

85. Salas, H. (2010). *Radiación (irradiancia) por departamento*. Obtenido de Delta Volt: http://deltavolt.pe/atlas/atlassolar/radiacion-departamento

86. SALVADOR ESCODA S.A. (5 de Marzo de 2013). *COLECTORES SOLARES*. Obtenido de Scribd: https://es.scribd.com/document/139323354/Energias-Renovables-Tarifa-PVP-SalvadorEscoda

87. SALVADOR ESCODA S.A. (s/f). *Tarifa de Precios - Energías Renovables.* Obtenido de SALVADOR ESCODA S.A.: http://www.salvadorescoda.com/tarifas/Energias_Renovables_Tarifa_PVP_SalvadorEscoda.pdf

88. Sánchez, J. (8 de Febrero de 2017). *Mapas de la radiación solar del Perú*. Obtenido de Blog de panel solar Perú: http://blog.panelsolarperu.com/mapas-de-la-radiacion-solar-del-peru/

89. SMART FACTORY S.A.C. (18 de Febrero de 2015). *MANOMETRO ATF2.2NM.FG 4.* Obtenido de SMART FACTORY: https://www.smartfactorysac.com.pe/index.php/categorias/2015-02-18-10-15-06/169/73/waree/manometros/atf2-2nm-fg-4-caja-acero-detail.html

90. SODIMAC. (12 de Enero de 2018). *Codo Galvanizado 90° 1/2"*. Obtenido de SODIMAC: https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/277576/Codo-Galvanizado-90%C2%B0-1-2-/277576

91. SODIMAC. (02 de Abril de 2018). *Reducción 1 1/4" x 3/4" cr*. Obtenido de SODIMAC: http://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/2089106/Reduccion-1-1-4-x-3-4-cr/2089106

92. SODIMAC. (Abril de 2018). *Reducción PVCP c/r 3/4" x 1/2"*. Obtenido de SODIMAC: http://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/309516/Reduccion-PVCP-34x12

93. SolarEnergyExplorer.com. (2014). *Types of solar energy*. Obtenido de SolarEnergyExplorer.com: http://www.solarenergyexplorer.com/types-of-solar-energy.html

94. SOLARFAR. (s/f). *SOLARFAR - Componentes para instalación solar*. Obtenido de SOLARFAR: http://acae.com.es/catalogos/alb/688.pdf

95. Solarweb.net. (9 de Febrero de 2009). *Placas solares(ACS) + placas polietileno(piscina)*. Obtenido de Solarweb.net: https://www.solarweb.net/forosolar/solar-termica/12672-placas-solares-acs-placas-polietyleno-piscina.html

96. solza. (18 de Abril de 2008). *La energía solar*. Obtenido de solza, proyectos e instalaciones de energía solar: http://www.solza.es/energia.htm

97. SOPELIA. (2 de Mayo de 2017). *Colector solar plano*. Obtenido de SOPELIA: http://www.energiasolar.lat/colector-solar-plano

98. Termocan. (2011). *Colectores solares Termocan*. Obtenido de Termocan: http://www.teican.com/pdf/COLECTORES.pdf

99. Termocan. (2011). *Colectores solares y accesorios*. Obtenido de Termocan: http://www.teican.com/pdf/TARIFAS.pdf

100. TERMOSUN. (2014). *TERMOSUN Tarifa HERZ 2014.* Obtenido de TERMOSUN: ftp://ftp.cype.net/documentaciontecnica/herz/herz_catalogo.pdf

101. TERMOSUN. (10 de Junio de 2017). *Pelletstar 10 - 60 kW*. Obtenido de TERMOSUN: http://www.termosun.com/es/tecnologia/productos-gama-herz-1/pelletstar-10---60-kw-3/index.htm

102. TiSUN. (10 de Mayo de 2016). *LISTA DE PRECIOS.* Obtenido de TiSUN: http://www.tisun.es/assets/Preisliste/2016-05-10-PREISLISTE-2014-ES-ErP-TZ-HE-n-low.pdf

103. todoprix.com. (20 de Octubre de 2014). *Energia solar térmica COINTRA ICARO VHM 2.7*. Obtenido de todoprix.com: https://www.todoprix.com/energias-renovables/energia-solar-termica/energia-solar-termica-cointra-icaro-vhm-2-7.html

104. todoprix.com. (17 de Diciembre de 2015). *Energia solar térmica COINTRA ICARO VHM 2.1*. Obtenido de todoprix.com: https://www.todoprix.com/energias-renovables/energia-solar-termica/energia-solar-termica-cointra-icaro-vhm-2-1.html

105. Valera, R. (2016). *Matemática financiera.* Piura: Universidad de Piura.

106. Varinia.es. (8 de Enero de 2009). *Tipos de captadores solares térmicos*. Obtenido de Varinia.es: http://varinia.es/blog/2009/01/08/tipos-de-captadores-solares-termicos/

107. WeatherOnline. (2017). *WeatherOnline*. Obtenido de WeatherOnline: https://www.woespana.es/weather/maps/city?LANG=es&WMO=84401&ART=RLF&CONT=samk&R=0&LEVEL=150&REGION=0021&LAND=PR&NOREGION=0&MOD=&TMX=&TMN=&SON=&PRE=&MONAT=&OFFS=&SORT=&MM=02&YY=2017&WEEK=4

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Anexos

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Anexo A. Código técnico de la edificación (Sección HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

CTE

Código Técnico de la Edificación

Parte I

Capítulo 1. Disposiciones generales
Capítulo 2. Condiciones técnicas y administrativas
Capítulo 3. Exigencias básicas
ANEJO I. Contenido del proyecto
ANEJO II. Documentación del seguimiento de la obra
ANEJO III. Terminología

Marzo de 2006

MINISTERIO DE VIVIENDA

Sección HE 4
Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

1 Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación

1 Esta Sección es aplicable a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta.

2 La contribución solar mínima determinada en aplicación de la exigencia básica que se desarrolla en esta Sección, podrá disminuirse justificadamente en los siguientes casos:

a) cuando se cubra ese aporte energético de agua caliente sanitaria mediante el aprovechamiento de energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia generación de calor del edificio;

b) cuando el cumplimiento de este nivel de producción suponga sobrepasar los criterios de cálculo que marca la legislación de carácter básico aplicable;

c) cuando el emplazamiento del edificio no cuente con suficiente acceso al sol por barreras externas al mismo;

d) en rehabilitación de edificios, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente o de la normativa urbanística aplicable;

e) en edificios de nueva planta, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la normativa urbanística aplicable, que imposibiliten de forma evidente la disposición de la superficie de captación necesaria;

f) cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.

3 En edificios que se encuentren en los casos b), c) d), y e) del apartado anterior, en el proyecto, se justificará la inclusión alternativa de medidas o elementos que produzcan un ahorro energético térmico o reducción de emisiones de dióxido de carbono, equivalentes a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar, respecto a los requisitos básicos que fije la normativa vigente, realizando mejoras en el aislamiento térmico y rendimiento energético de los equipos.

1.2 Procedimiento de verificación

1 Para la aplicación de esta sección debe seguirse la secuencia que se expone a continuación:

a) obtención de la contribución solar mínima según el apartado 2.1;

b) cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del apartado 3;

c) cumplimiento de las condiciones de mantenimiento del apartado 4.

2 Caracterización y cuantificación de las exigencias

1 Las contribuciones solares que se recogen a continuación tienen el carácter de mínimos pudiendo ser ampliadas voluntariamente por el promotor o como consecuencia de disposiciones dictadas por las administraciones competentes.

2.1 Contribución solar mínima

1 La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. En las tablas 2.1 y 2.2 se indican, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria (ACS) a una temperatura de referencia de 60 ºC, la contribución solar mínima anual, considerándose los siguientes casos:

a) general: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea gasóleo, propano, gas natural, u otras;

b) efecto Joule: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea electricidad mediante efecto Joule.

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 2.2. Contribución solar mínima en %. Caso Efecto Joule

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

2 En la tabla 2.3 se indica, para cada zona climática la contribución solar mínima anual para el caso de la aplicación con climatización de piscinas cubiertas.

Tabla 2.3. Contribución solar mínima en %. Caso Climatización de piscinas

	Zona climática I	II	III	IV	V
Piscinas cubiertas	30	30	50	60	70

3 En el caso de ocupaciones parciales de instalaciones de uso residencial turístico de las recogidas en el apartado 3.1.1, se deben detallar los motivos, modificaciones de diseño, cálculos y resultados tomando como criterio de dimensionado que la instalación deberá aproximarse al máximo al nivel de contribución solar mínima. El dimensionado de la instalación estará limitado por el cumplimiento de la condición de que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110 % de la demanda energética y en no más de tres meses el 100 % y a estos efectos no se tomarán en consideración aquellos periodos de tiempo en los cuales la demanda energética se sitúe un 50 % por debajo de la media correspondiente al resto del año, tomándose medidas de protección.

4 Con independencia del uso al que se destine la instalación, en el caso de que en algún mes del año la contribución solar real sobrepase el 110 % de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100 %, se adoptarán cualquiera de las siguientes medidas:

a) dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario);

b) 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 seguirá atravesando el captador);

c) vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares debiendo incluirse este trabajo en ese caso entre las labores del contrato de mantenimiento;

d) desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.

5 En el caso de optarse por las soluciones b) y c), dentro del mantenimiento deben programarse las operaciones a realizar consistentes en el vaciado parcial o tapado parcial del campo de captadores y reposición de las condiciones iniciales. Estas operaciones se realizarán una antes y otra después de cada periodo de sobreproducción energética. No obstante se recomiendan estas soluciones solo en el caso que el edificio tenga un servicio de mantenimiento continuo.

6 Cuando la instalación tenga uso de residencial vivienda y no sea posible la solución d) se recomienda la solución a).

7 Adicionalmente, durante todo el año se vigilará la instalación con el objeto de prevenir los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos.

8 La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Pérdidas límite

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

9 En la tabla 2.4 se consideran tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica. Se considera que existe integración arquitectónica cuando los módulos cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales o son elementos constituyentes de la composición arquitectónica. 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 con en fin de favorecer la autolimpieza de los módulos. 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.

10 En todos los casos se han de cumplir las tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores obtenidos con orientación e inclinación óptimos y sin sombra alguna.

11 Se considerará como la orientación optima el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes:

a) demanda constante anual: la latitud geográfica;

b) demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10 º;

c) demanda preferente en verano: la latitud geográfica – 10 º.

12 Sin excepciones, se deben evaluar las pérdidas por orientación e inclinación y sombras de la superficie de captación de acuerdo a lo estipulado en los apartados 3.5 y 3.6. Cuando, por razones arquitectónicas excepcionales no se pueda dar toda la contribución solar mínima anual que se indica en las tablas 2.1 , 2.2 y 2.3 cumpliendo los requisitos indicados en la tabla 2.4, se justificará esta imposibilidad, analizando las distintas alternativas de configuración del edificio y de ubicación de la instalación, debiéndose optar por aquella solución que de lugar a la contribución solar mínima.

3 Cálculo y dimensionado

3.1 Datos previos

3.1.1 Cálculo de la demanda

1 Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la siguiente tabla (Demanda de referencia a 60 ºC).

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C (1)

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

(1) Los litros de ACS/día a 60ºC de la tabla se han calculado a partir de la tabla 1 (Consumo unitario diario medio) de la norma UNE 94002:2005 "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética".

Para el cálculo se ha utilizado la ecuación (3.2) con los valores de T_i = 12ºC (constante) y T = 45ºC.

2 Para el caso de que se elija una temperatura en el acumulador final diferente de 60 ºC, se deberá alcanzar la contribución solar mínima correspondiente a la demanda obtenida con las demandas de referencia a 60 ºC. No obstante, la demanda a considerar a efectos de cálculo, según la temperatura elegida, será la que se obtenga a partir de la siguiente expresión:

$$D(T) = \sum_{1}^{12} D_i(T) \qquad (3.1)$$

$$D_i(T) = D_i(60\ ^\circ C) \times \left(\frac{60 - T_i}{T - T_i} \right) \qquad (3.2)$$

siendo

$D(T)$ Demanda de agua caliente sanitaria anual a la temperatura T elegida;

$D_i(T)$ Demanda de agua caliente sanitaria para el mes $_i$ a la temperatura T elegida;

$D_i(60\ ºC)$ Demanda de agua caliente sanitaria para el mes $_i$ a la temperatura de 60 ºC;

T Temperatura del acumulador final;

T_i Temperatura media del agua fría en el mes $_i$.

3 Para otros usos se tomarán valores contrastados por la experiencia o recogidos por fuentes de reconocida solvencia.

4 En el uso residencial vivienda el cálculo del número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando como valores mínimos los que se relacionan a continuación:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

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

6 Para el cálculo posterior de la contribución solar anual, se estimarán las demandas mensuales tomando en consideración el número de unidades (personas, camas, servicios, etc...) correspondientes a la ocupación plena, salvo instalaciones de uso residencial turístico en las que se justifique un perfil de demanda propio originado por ocupaciones parciales.

7 Se tomarán como perteneciente a un único edificio la suma de demandas de agua caliente sanitaria de diversos edificios ejecutados dentro de un mismo recinto, incluidos todos los servicios. Igualmente en el caso de edificios de varias viviendas o usuarios de ACS, a los efectos de esta exigencia, se considera la suma de las demandas de todos ellos.

8 En el caso que se justifiquen un nivel de demanda de ACS que presente diferencias de más del 50 % entre los diversos días de la semana, se considerará la correspondiente al día medio de la semana y la capacidad de acumulación será igual a la del día de la semana de mayor demanda.

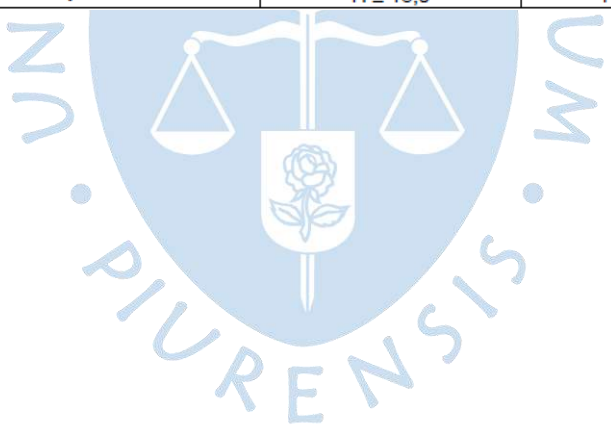
9 Para piscinas cubiertas, los valores ambientales de temperatura y humedad deberán ser fijados en el proyecto, la temperatura seca del aire del local será entre 2 ºC y 3 ºC mayor que la del agua, con un mínimo de 26 ºC y un máximo de 28 ºC, y la humedad relativa del ambiente se mantendrá entre el 55%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

3.1.2 Zonas climáticas

1 En la figura 3.1 y en la tabla 3.2 se marcan los límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia. Las zonas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas, como se indica a continuación:

Tabla 3.2 Radiación solar global

Zona climática	MJ/m^2	kWh/m^2
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H <4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0



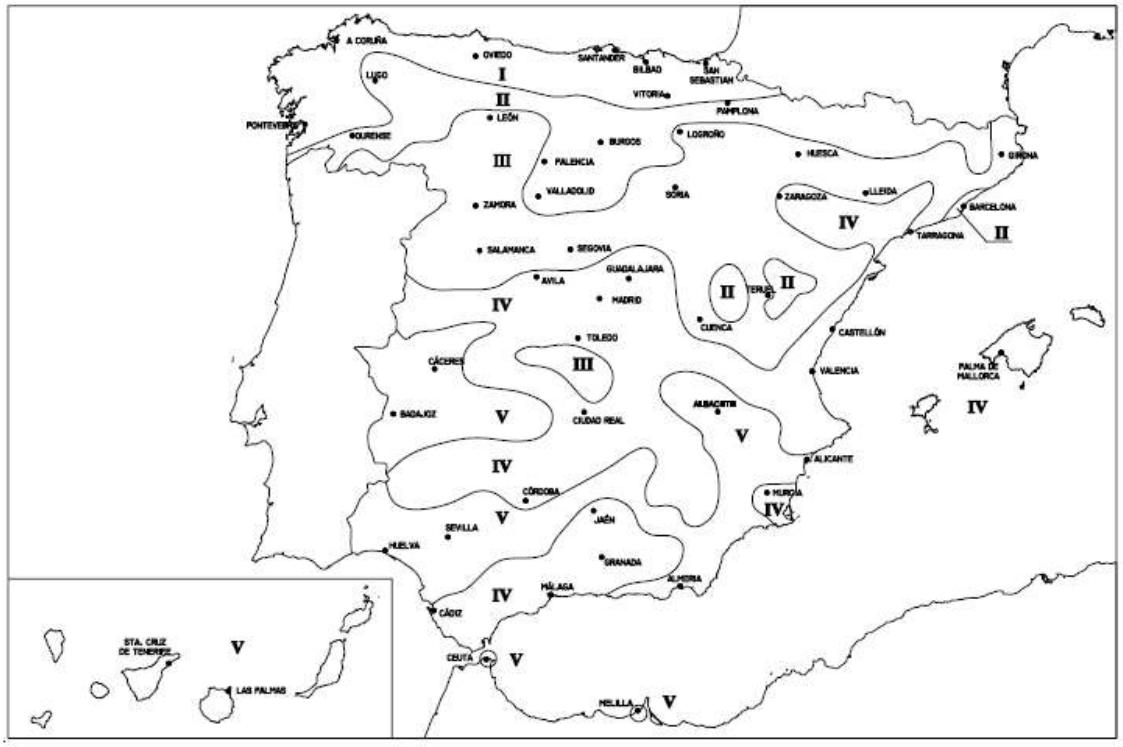


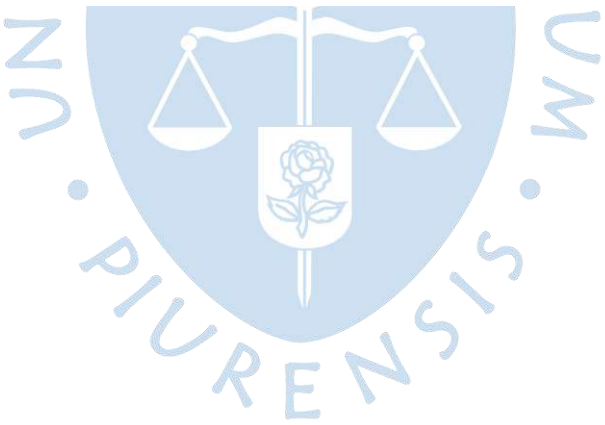
Fig. 3.1. Zonas climáticas

Tabla 3.3 Zonas climáticas

A CORUÑA	Arteixo	I
	Carballo	I
	A Coruña	I
	Ferrol	I
	Naron	I
	Oleiros	I
	Riveira	I
	Santiago de compostela	I
ALAVA	Vitoria-Gasteiz	I
ALBACETE	Albacete	V
	Almansa	V
	Hellin	V
	Villarrobledo	IV
ALICANTE	Alcoy	IV
	Alicante	V
	Benidorm	IV
	Crevillent	V
	Denia	IV
	Elche	V
	Elda	IV
	Ibi	IV
	Javea	IV
	Novelda	IV
	Orihuela	IV
	Petrer	IV
	San Vicente del Raspeig	V
	Torrevieja	V
	Villajoyosa	IV
	Villena	IV
ALMERIA	Adra	V
	Almería	V
	El Ejido	V
	Roquetas de mar	V
ASTURIAS	Aviles	I
	Castrillon	I
	Gijón	I
	Langreo	I
	Mieres	I
	Oviedo	I
	San Martín del rey Aurelio	I
	Siero	I
AVILA	Ávila	IV
BADAJOZ	Almendralejo	V
	Badajoz	V
	Don Benito	V
	Mérida	V
	Villanueva de la Serena	V
BARCELONA	Badalona	II
	Barbera del valles	II
	Barcelona	II
	Castelldefels	II
	Cerdanyola del Valles	II
	Cornella de Llobregat	II
	Gava	II
	Granollers	III
	L'Hospitalet de Llobregat	II
	Igualada	III
	Manresa	III
	El Masnou	II
	Mataro	II
	Mollet del Valles	II
	Montcada i	II
	El Prat de Llobregat	II
	Premia de mar	II
	Ripollet	II
	Rubi	II
	Sabadell	III
	Sant Adria de Besos	II

	Sant Boi de Llobregat	II
	Sant Cugat del Valles	II
	Sant Feliu de Llobregat	II
	Sant Joan Despi	II
	Sant Pere de Ribes	II
	Sant Vicenç dels Horts	II
	Santa Coloma de Gramenet	II
	Terrassa	III
	Vic	III
	Viladecans	II
	Vilafranca del Penedes	II
	Vilanova i la Geltru	II
BURGOS	Aranda de Duero	II
	Burgos	II
	Miranda de Ebro	II
CACERES	Cáceres	V
	Plasencia	V
CADIZ	Algeciras	IV
	Arcos de la Frontera	V
	Barbate	IV
	Cadiz	IV
	Chiclana de la frontera	IV
	Jerez de la Frontera	V
CADIZ	La Línea de la Concepción	IV
	El Puerto de Santa Maria	IV
	Puerto Real	IV
	Rota	V
	San Fernando	IV
	San Roque	IV
	Sanlucar de Barrameda	V
CANTABRIA	Camargo	I
	Santander	I
	Torrelavega	I
CASTELLON	Burriana	IV
	Castellon de la Plana	IV
	La Vall d'uixo	IV
	Vila-Real	IV
	Vinaroz	IV
CEUTA	Ceuta	V
CIUDAD REAL	Alcazar de San Juan	IV
	Ciudad Real	IV
	Puertollano	IV
	Tomelloso	IV
	Valdepeñas	IV
CORDOBA	Baena	V
	Cabra	V
	Córdoba	IV
	Lucena	V
	Montilla	V
	Priego de Córdoba	V
	Puente Genil	V
CUENCA	Cuenca	III
GIRONA	Blanes	III
	Figueres	III
	Girona	III
	Olot	III
	Salt	III
GRANADA	Almuñecar	IV
	Baza	V
	Granada	IV
	Guadix	IV
	Loja	IV
	Motril	V
GUADALAJARA	Guadalajara	IV
GUIPUZCOA	Arrasate o Mondragon	I
	Donostia-San Sebastian	I
	Eibar	I
	Errenteria	I
	Irun	I
HUELVA	Huelva	V
HUESCA	Huesca	III
ILLES	Calvia	IV
BALEARS	Ciutadella de Menorca	IV
	Eivissa	IV
	Inca	IV
	Llucmajor	IV
	Mahon	IV
	Manacor	IV
	Palma de	IV
	Santa Eulalia del Río	IV
JAEN	Alcalá la Real	IV
	Andujar	V
	Jaén	IV
	Linares	V
	Martos	IV
	Úbeda	V
LA RIOJA	Logroño	II
LAS PALMAS	Arrecife	V
	Arucas	V
	Galdar	V
	Ingenio	V
	Las Palmas de Gran Canaria	V
	San Bartolome de Tirajana	V
	Santa Lucia	V
	Telde	V
LEON	León	III
	Ponferrada	II
	San Andres del Rabanedo	III
LUGO	Lugo	II
LLEIDA	Lleida	III
MADRID	Alcalá de Henares	IV
	Alcobendas	IV
	Alcorcón	IV
	Aranjuez	IV
	Arganda del Rey	IV
	Colmenar Viejo	IV
	Collado Villalba	IV
	Coslada	IV
	Fuenlabrada	IV
	Getafe	IV
	Leganes	IV
	Madrid	IV
	Majadahonda	IV
	Mostoles	IV
	Parla	IV
	Pinto	IV
	Pozuelo de Alarcon	IV
	Rivas-Vaciamadrid	IV
	Las Rozas de Madrid	IV
MADRID	San Fernando de Henares	IV
	San Sebastian de los Reyes	IV
	Torrejon de Ardoz	IV
	Tres Cantos	IV
	Valdemoro	IV
MALAGA	Antequera	IV
	Benalmadena	IV
	Estepona	IV
	Fuengirola	IV
	Malaga	IV
	Marbella	IV
	Mijas	IV
	Rincón de la Victoria	IV
	Ronda	IV
	Torremolinos	IV
	Velez-Málaga	IV
MELILLA	Melilla	V
MURCIA	Águilas	V
	Alcantarilla	IV
	Caravaca de la Cruz	V
	Cartagena	IV
	Cieza	V
	Jumilla	V
	Lorca	V
	Molina de Segura	V
	Murcia	IV
	Torre-Pacheco	IV

	Totana	V
	Yecla	V
NAVARRA	Barañain	II
	Pamplona	II
	Tudela	III
OURENSE	Ourense	II
PALENCIA	Palencia	II
PONTEVEDRA	Cangas	I
	A Estrada	I
	Lalin	I
	Marin	I
	Pontevedra	I
	Redondela	I
	Vigo	I
	Vilagarcia de Arousa	I
SALAMANCA	Salamanca	III
SANTA CRUZ	Arona	V
DE TENERIFE	Icod de los Vinos	V
	La Orotava	V
	Puerto de la Cruz	V
	Los Realejos	V
SANTA CRUZ DE TENERIFE	San Cristobal de Santa Cruz de Tenerife	V
	Tacoronte	V
SEGOVIA	Segovia	III
SEVILLA	Alcala de Guadaira	V
	Camas	V
	Carmona	V
	Coria del Río	V
	Dos Hermanas	V
	Ecija	V
	Lebrija	V
	Mairena del Aljarafe	V
	Morón de la Frontera	V
	Los Palacios y Villafranca	V
	La Rinconada	V
	San Juan de Aznalfarache	V
	Sevilla	V
	Utrera	V
SORIA	Soria	III
TARRAGONA	Reus	IV
	Tarragona	III
	Tortosa	IV
	Valls	IV
	El Vendrell	III
TERUEL	Teruel	III
TOLEDO	Talavera de la Reina	IV
	Toledo	IV
VALENCIA	Alaquas	IV
	Aldaia	IV
	Algemesi	IV
	Alzira	IV
	Burjassot	IV
	Carcaixent	IV
	Catarroja	IV
	Cullera	IV
	Gandia	IV
	Manises	IV
	Mislata	IV
	Oliva	IV
	Ontinyent	IV
	Paterna	IV
	Quart de poblet	IV
	Sagunto	IV
	Sueca	IV
	Torrent	IV
	Valencia	IV
	Xativa	IV
	Xirivella	IV
VALLADOLID	Medina del Campo	III
	Valladolid	II
VIZCAYA	Barakaldo	I
	Basauri	I
	Bilbao	I
	Durango	I
	Erandio	I
	Galdakao	I
	Getxo	I
	leioa	I
	Portugalete	I
	Santurtzi	I
	Sestao	I
ZAMORA	Zamora	III
ZARAGOZA	Zaragoza	IV



1 En la memoria del proyecto se establecerá el método de cálculo, especificando, al menos en base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y de la contribución solar. Asimismo el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

a) la demanda de energía térmica;

b) la energía solar térmica aportada;

c) las fracciones solares mensuales y anual;

d) el rendimiento medio anual.

2 Se deberá comprobar si existe algún mes del año en el cual la energía producida teóricamente por la instalación solar supera la demanda correspondiente a la ocupación real o algún otro periodo de tiempo en el cual puedan darse las condiciones de sobrecalentamiento, tomándose en estos casos las medidas de protección de la instalación correspondientes. Durante ese periodo de tiempo se intensificarán los trabajos de vigilancia descritos en el apartado de mantenimiento. En una instalación de energía solar, el rendimiento del captador, independientemente de la aplicación y la tecnología usada, debe ser siempre igual o superior al 40%..
Adicionalmente se deberá cumplir que el rendimiento medio dentro del periodo al año en el que se utilice la instalación, deberá ser mayor que el 20 %.

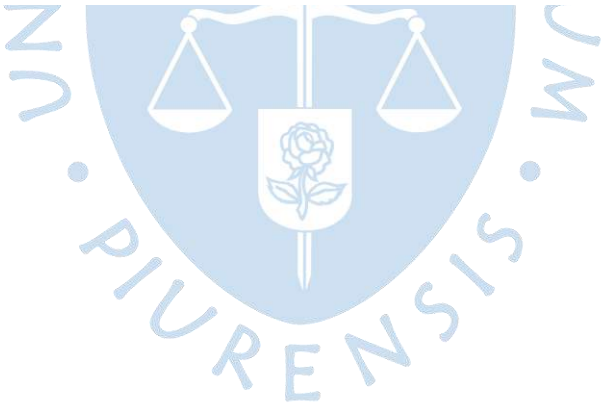
3.3.2 Sistema de captación

3.3.2.1 Generalidades

1 El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por el organismo competente en la materia según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de Abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de Julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares, o la certificación o condiciones que considere la reglamentación que lo sustituya.

2 Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

3 En las instalaciones destinadas exclusivamente a la producción de agua caliente sanitaria mediante energía solar, se recomienda que los captadores tengan un coeficiente global de pérdidas, referido a la curva de rendimiento en función de la temperatura ambiente y temperatura de entrada, menor de 10 $Wm^2/ºC$, según los coeficientes definidos en la normativa en vigor.



3.3.2.2 Conexionado

1 Se debe prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

2 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 ó 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. Además se instalará una válvula de seguridad por fila con el fin de proteger la instalación.

3 Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie ó en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante. En el caso de que la aplicación sea exclusivamente de ACS se podrán conectar en serie hasta 10 m^2 en las zonas climáticas I y II, hasta 8 m^2 en la zona climática III y hasta 6 m^2 en las zonas climáticas IV y V.

4 La conexión entre captadores y entre filas se realizará de manera que el circuito resulte equilibrado hidráulicamente recomendándose el retorno invertido frente a la instalación de válvulas de equilibrado.

3.3.2.3 Estructura soporte

1 Se aplicará a la estructura soporte las exigencias del Código Técnico de la Edificación en cuanto a seguridad.

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

3 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.

4 Los topes de sujeción de captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los captadores.

5 En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, la estructura y la estanqueidad entre captadores se ajustará a las exigencias indicadas en la parte correspondiente del Código Técnico de la Edificación y demás normativa de aplicación.

3.3.3 Sistema de acumulación solar

3.3.3.1 Generalidades

1 El sistema solar se debe concebir en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser ésta simultánea con la generación.

2 Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \qquad (3.3)$$

siendo

A la suma de las áreas de los captadores [m^2];

V el volumen del depósito de acumulación solar [litros].

3 Preferentemente, el sistema de acumulación solar estará constituido por un solo depósito, será de configuración vertical y estará ubicado en zonas interiores. El volumen de acumulación podrá fraccionarse en dos o más depósitos, que se conectarán, preferentemente, en serie invertida en el circuito de consumo ó en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados.

4 Para instalaciones prefabricadas según se definen en el apartado 3.2.1, a efectos de prevención de la legionelosis se alcanzarán los niveles térmicos necesarios según normativa mediante el no uso de la instalación. Para el resto de las instalaciones y únicamente con el fin y con la periodicidad que contemple la legislación vigente referente a la prevención y control de la legionelosis, es admisible prever un conexionado puntual entre el sistema auxiliar y el acumulador solar, de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar. En ambos casos deberá ubicarse un termómetro cuya

lectura sea fácilmente visible por el usuario. No obstante, se podrán realizar otros métodos de tratamiento antilegionela permitidos por la legislación vigente.

5 Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 2 m^3 deben llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

6 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.

3.3.3.2 Situación de las conexiones

1 Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido y, además:

a) la conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al interacumulador 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) la conexión de retorno de consumo al acumulador y agua fría de red se realizarán por la parte inferior;

d) la extracción de agua caliente del acumulador se realizará por la parte superior.

2 En los casos en los debidamente justificados en los que sea necesario instalar depósitos horizontales las tomas de agua caliente y fría estarán situadas en extremos diagonalmente opuestos.

3 La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

4 No se permite la conexión de un sistema de generación 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. Para los equipos de instalaciones solares que vengan preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.

3.3.4 Sistema de intercambio

1 Para el caso de intercambiador independiente, la potencia mínima del intercambiador P, se determinará para las condiciones de trabajo en las horas centrales del día suponiendo una radiación solar de 1000 W/m^2 y un rendimiento de la conversión de energía solar a calor del 50 %, cumpliéndose la condición:

$$P \geq 500 \cdot A \qquad (3.4)$$

siendo

P potencia mínima del intercambiador [W];

A el área de captadores [m^2].

2 Para el caso de intercambiador incorporado al acumulador, la relación entre la superficie útil de intercambio y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

3 En cada una de las tuberías de entrada y salida de agua del intercambiador de calor se instalará una válvula de cierre próxima al manguito correspondiente.

4 Se puede utilizar el circuito de consumo con un segundo intercambiador (circuito terciario).

3.3.5 Circuito hidráulico

3.3.5.1 Generalidades

1 Debe concebirse inicialmente un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado.

2 El caudal del fluido portador se determinará de acuerdo con las especificaciones del fabricante como consecuencia del diseño de su producto. En su defecto su valor estará comprendido entre 1,2 l/s y 2 l/s por cada 100 m^2 de red de captadores. En las instalaciones en las que los captadores

estén conectados en serie, el caudal de la instalación se obtendrá aplicando el criterio anterior y dividiendo el resultado por el número de captadores conectados en serie."

3.3.5.2 Tuberías

1 El sistema de tuberías y sus materiales deben ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal para las condiciones de trabajo.

2 Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible y evitar al máximo los codos y pérdidas de carga en general. Los tramos horizontales tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación.

3 El aislamiento de las tuberías de intemperie deberá llevar una protección externa que asegure la durabilidad ante las acciones climatológicas admitiéndose revestimientos con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o pinturas acrílicas. 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.

3.3.5.3 Bombas

1 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.

2 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.

3 En instalaciones 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 preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

4 En instalaciones de climatización de piscinas 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 de este provoque una sobrepresión perjudicial para los captadores, prestando especial atención a su mantenimiento. La impulsión del agua caliente deberá hacerse por la parte inferior de la piscina, quedando la impulsión de agua filtrada en superficie.

3.3.5.4 Vasos de expansión

1 Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba. 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.

3.3.5.5 Purga de aire

1 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 cm^3. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.

2 En el caso de utilizar purgadores automáticos, adicionalmente, se colocarán los dispositivos necesarios para la purga manual.

3.3.5.6 Drenaje

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

3.3.6 Sistema de energía convencional auxiliar

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

2 Queda prohibido el uso de sistemas de energía convencional auxiliar en el circuito primario de captadores.

3 El sistema convencional auxiliar se diseñara para cubrir el servicio como si no se dispusiera del sistema solar. Sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación.

4 El sistema de aporte de energía convencional 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 la legislación vigente en cada momento referente a la prevención y control de la legionelosis.

5 En el caso de que el sistema de energía convencional auxiliar no disponga de acumulación, es decir sea una fuente instantánea, el equipo será modulante, es decir, capaz de regular su potencia de forma que se obtenga la temperatura de manera permanente con independencia de cual sea la temperatura del agua de entrada al citado equipo.

6 En el caso de climatización de piscinas, para el control de la temperatura del agua se dispondrá una sonda de temperatura en el retorno de agua al intercambiador de calor y un termostato de seguridad dotado de rearme manual en la impulsión que enclave el sistema de generación de calor. La temperatura de tarado del termostato de seguridad será, como máximo, 10 ºC mayor que la temperatura máxima de impulsión.

3.3.7 Sistema de control

1 El 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 comprenderá el control de funcionamiento de los circuitos y los sistemas de protección y seguridad contra sobrecalentamientos, heladas etc.

2 En circulación forzada, el control de funcionamiento normal de las bombas del circuito de captadores, deberá ser siempre de tipo diferencial y, en caso de que exista depósito de acumulación solar, deberá actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación. 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 ºC y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 ºC. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor que 2 ºC.

3 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. 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.

4 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.

5 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.

6 Alternativamente al control diferencial, se podrán usar sistemas de control accionados en función de la radiación solar.

7 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.

3.3.8 Sistema de medida

1 Además de los aparatos de medida de presión y temperatura que permitan la correcta operación, para el caso de instalaciones mayores de 20 m^2 se deberá disponer al menos de un sistema analógico de medida local y registro de datos que indique como mínimo las siguientes variables:

   a) temperatura de entrada agua fría de red;

   b) temperatura de salida acumulador solar;

   c) caudal de agua fría de red.

2 El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo.

3.4 Componentes

3.4.1 Captadores solares

1 Los captadores con absorbente de hierro no pueden ser utilizados bajo ningún concepto.

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

3 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 forma que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

4 Se montará el captador, entre los diferentes tipos existentes en el mercado, que mejor se adapte a las características y condiciones de trabajo de la instalación, siguiendo siempre las especificaciones y recomendaciones dadas por el fabricante.

5 Las características ópticas del tratamiento superficial aplicado al absorbedor, no deben quedar modificadas substancialmente en el transcurso del periodo de vida previsto por el fabricante, incluso en condiciones de temperaturas máximas del captador.

6 La carcasa del captador debe asegurar que en la cubierta se eviten tensiones inadmisibles, incluso bajo condiciones de temperatura máxima alcanzable por el captador.

7 El captador llevará en lugar visible una placa en la que consten, como mínimo, los siguientes datos:

a) nombre y domicilio de la empresa fabricante, y eventualmente su anagrama;
b) modelo, tipo, año de producción;
c) número de serie de fabricación;
d) área total del captador;
e) peso del captador vacío, capacidad de líquido;
f) presión máxima de servicio.

8 Esta placa estará redactada como mínimo en castellano y podrá ser impresa o grabada con la condición que asegure que los caracteres permanecen indelebles.

3.4.2 Acumuladores

1 Cuando el intercambiador esté incorporado al acumulador, la placa de identificación indicará además, los siguientes datos:

a) superficie de intercambio térmico en m^2;
b) presión máxima de trabajo, del circuito primario.

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

a) manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente;
b) registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín;
c) manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario;
d) manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato;
e) manguito para el vaciado.

3 En cualquier caso la placa característica del acumulador indicará la pérdida de carga del mismo.

4 Los depósitos mayores de 750 l dispondrán de una boca de hombre con un diámetro mínimo de 400 mm, fácilmente accesible, situada en uno de los laterales del acumulador y cerca del suelo, que permita la entrada de una persona en el interior del depósito de modo sencillo, sin necesidad de desmontar tubos ni accesorios;

5 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 plástica.

6 Podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamientos descritos a continuación:

a) acumuladores de acero vitrificado con protección catódica;
b) acumuladores de acero con un tratamiento que asegure la resistencia a temperatura y corrosión con un sistema de protección catódica;

c) acumuladores de acero inoxidable adecuado al tipo de agua y temperatura de trabajo.
d) acumuladores de cobre;
e) acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable;
f) acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, cuando el agua de consumo pertenezca a un circuito terciario);
g) los acumuladores se ubicarán en lugares adecuados que permitan su sustitución por envejecimiento o averías.

3.4.3 Intercambiador de calor

1 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.

2 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 que 40 $W/m^2 \cdot K$.

3.4.4 Bombas de circulación

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

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

3 La potencia eléctrica parásita para la bomba no debería exceder los valores dados en tabla 3.4:

Tabla 3.4 Potencia eléctrica máxima de la bomba

Sistema	Potencia eléctrica de la bomba
Sistema pequeño	50 W o 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores
Sistemas grandes	1 % de la mayor potencia calorífica que puede suministrar el grupo de captadores

4 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.

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

3.4.5 Tuberías

1 En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosiva.

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

3.4.6 Válvulas

1 La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñen y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura) siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:
a) para aislamiento: válvulas de esfera;
b) para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento;
c) para vaciado: válvulas de esfera o de macho;
d) para llenado: válvulas de esfera;
e) para purga de aire: válvulas de esfera o de macho;
f) para seguridad: válvula de resorte;

g) para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.

2 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 sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

3.4.7 Vasos de expansión

3.4.7.1 Vasos de expansión abiertos

1 Los vasos de expansión abiertos, cuando se utilicen como sistemas de llenado o de rellenado, dispondrán de una línea de alimentación, mediante sistemas tipo flotador o similar.

3.4.7.2 Vasos de expansión cerrados

1 El dispositivo de expansión cerrada 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.

2 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 %.

3 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. Los aislamientos empleados serán resistentes a los efectos de la intemperie, pájaros y roedores.

3.4.8 Purgadores

1 Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deben soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador y en cualquier caso hasta 130 ºC en las zonas climáticas I, II y III, y de 150 ºC en las zonas climáticas IV y V.

3.4.9 Sistema de llenado

1 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 muy 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 directamente un fluido para el circuito primario cuyas características incumplan esta Sección del Código Técnico o con una concentración de anticongelante más baja. Será obligatorio cuando, por el emplazamiento de la instalación, en alguna época del año pueda existir riesgo de heladas o cuando la fuente habitual de suministro de agua incumpla las condiciones de pH y pureza requeridas en esta Sección del Código Técnico.

2 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.

3 Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo.

4 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.

3.4.10 Sistema eléctrico y de control

1 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 temperatura, para conseguirlo en el caso de las de inmersión se instalarán en contra corriente con el fluido. Los sensores de temperatura deben estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean.

2 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.

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

3.5 Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación

3.5.1 Introducción

1 El objeto de este apartado es determinar los límites en la orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles.

2 Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:

a) ángulo de inclinación, β definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90º para verticales;

b) ángulo de acimut, α definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0º para módulos orientados al sur, -90º para módulos orientados al este y +90º para módulos orientados al oeste.

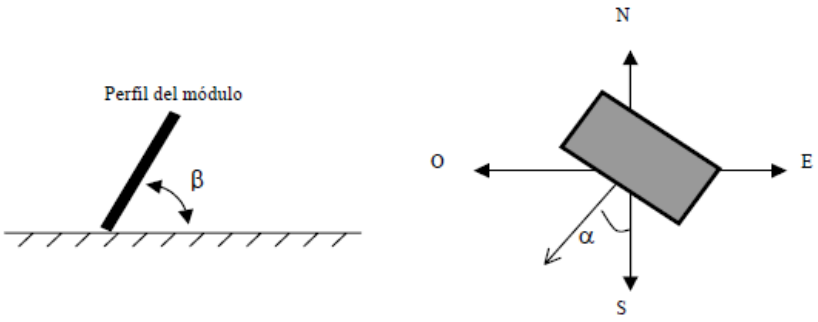


Figura 3.2 Orientación e inclinación de los módulos

3.5.2 Procedimiento

1 Determinado el ángulo de acimut del captador, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecidas con la figura 3.3, válida para una la latitud (ϕ) de 41º, de la siguiente forma:

a) conocido el acimut, determinamos en la figura 3.3 los límites para la inclinación en el caso (ϕ) = 41º. 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 acimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima;

b) 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 para latitud (ϕ) = 41º y se corrigen de acuerdo a lo indicado a continuación;

2 Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de 41º, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

a) inclinación máxima = inclinación (ϕ = 41º) – (41º - latitud);

b) inclinación mínima = inclinación (ϕ = 41º) – (41º-latitud); siendo 5º su valor mínimo.

3 En casos cerca del límite y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas}\,(\%) = 100 \cdot \left[1{,}2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3{,}5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right] \qquad \text{para } 15° < \beta < 90° \qquad (3.5)$$

$$\text{Pérdidas}\,(\%) = 100 \cdot \left[1{,}2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 \right] \qquad \text{para } \beta[15° \qquad (3.6)$$

Nota: α y β se expresan en grados sexagesimales.

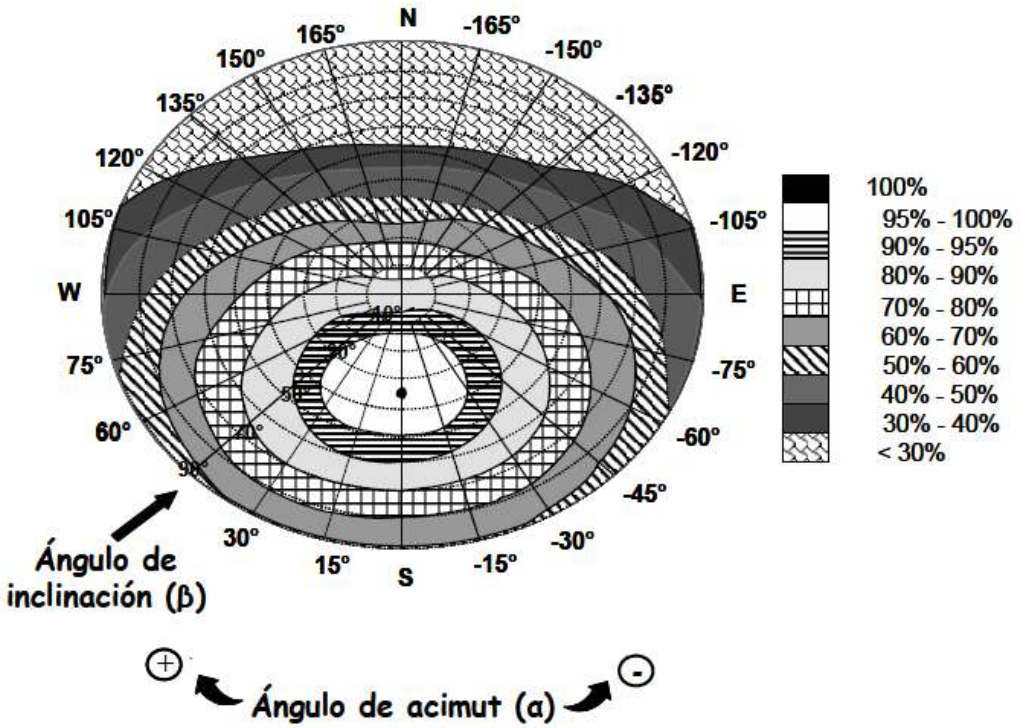


Figura 3.3
Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación.

3.6 Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras

3.6.1 Introducción

1 El presente apartado 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.

3.6.2 Procedimiento

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

2 Localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición acimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal). Para ello puede utilizarse un teodolito.

3 Representación del perfil de obstáculos en el diagrama de la figura 3.4, en el que se muestra la banda de trayectorias del sol a lo largo de todo el año, válido para localidades de la Península Ibérica y Baleares (para las Islas Canarias el diagrama debe desplazarse 12º en sentido vertical ascendente). 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).

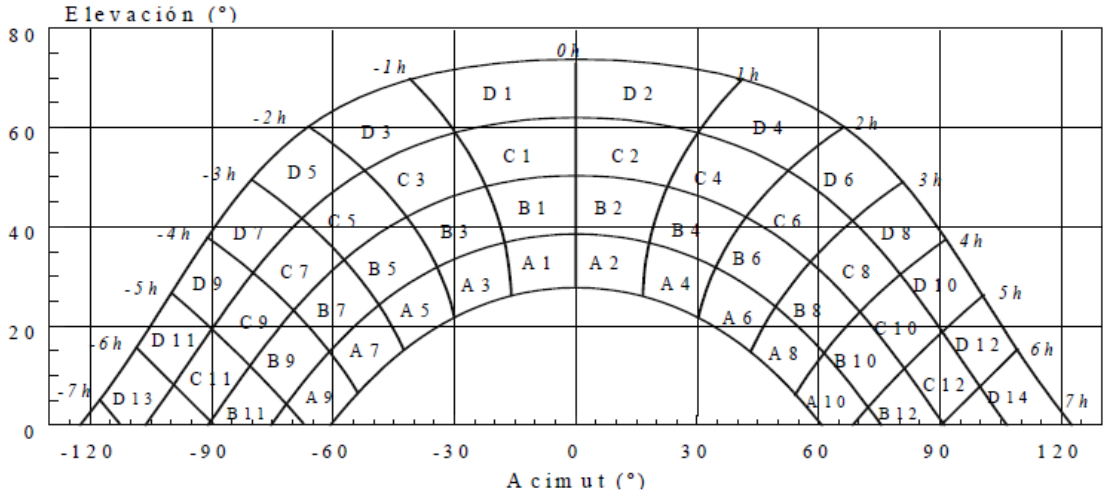


Figura 3.4 Diagrama de trayectorias del sol

Nota: los grados de ambas escalas son sexagesimales

4 Cada una de las porciones de la figura 3.4 representa el recorrido del sol en un cierto periodo 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 aquélla que resulte interceptada por el obstáculo. Debe escogerse para el cálculo la tabla de referencia más adecuada de entre las que se incluyen en el anejo B.

5 La comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del sol 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.

3.6.3 Tablas de referencia

1 Las tablas incluidas en esta Sección se refieren a distintas superficies caracterizadas por sus ángulos de inclinación y orientación (β y α, respectivamente). Debe escogerse aquélla 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.

4 Mantenimiento

1 Sin perjuicio de aquellas operaciones de mantenimiento derivadas de otras normativas, para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definen dos escalones complementarios de actuación:

a) plan de vigilancia;

b) plan de mantenimiento preventivo.

4.1 Plan de vigilancia

1 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. Tendrá el alcance descrito en la tabla 4.1:

Tabla 4.1

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
CAPTADORES	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	IV condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV fugas.
	Estructura	3	IV degradación, indicios de corrosión.
CIRCUITO PRIMARIO	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
CIRCUITO SECUNDARIO	Termómetro	Diaria	IV temperatura
	Tubería y aislamiento	6	IV ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito.

(1) IV: inspección visual

4.2 Plan de mantenimiento

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

2 El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m^2 y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m^2.

3 El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico competente 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.

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

5 A continuación se desarrollan de forma detallada las operaciones de mantenimiento que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

Tabla 4.2 Sistema de captación

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	IV diferencias sobre original.
		IV diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV condensaciones y suciedad
Juntas	6	IV agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6	IV corrosión, deformaciones
Carcasa	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6	IV aparición de fugas
Estructura	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
Captadores*	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Llenado parcial del campo de captadores

** Operaciones a realizar en el caso de optar por las medidas b) o c) del apartado 2.1.*
(1) IV: inspección visual

Tabla 4.3 Sistema de acumulación

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo
Ánodos sacrificio	12	Comprobación del desgaste
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Anexo B. Factor de corrección k para superficies inclinadas (latitud: 0°-5°)

Latitud = 0°

Incl	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.02	1.01	1	.98	.97	.96	.97	.98	1	1.01	1.02	1.02
10	1.03	1.01	.99	.96	.93	.92	.93	.95	.99	1.02	1.04	1.04
15	1.04	1.01	.97	.92	.88	.87	.88	.92	.97	1.02	1.05	1.05
20	1.04	1	.95	.88	.83	.81	.83	.88.	.95	1.01	1.05	1.06
25	1.03	.99	.92	.84	.77	.75	.77	.83	.92	.99	1.04	1.06
30	1.02	.97	.88	.79	.71	.68	.7	.78	.88	.97	1.03	1.05
35	1	.94	.84	.74	.64	.61	.64	.72	.84	.94	1.02	1.03
40	.98	.9	.8	.68	.57	.53	.56	.66	.79	.91	.99	1.01
45	.95	.87	.75	.61	.5	.45	.49	.59	.73	.87	.96	.98
50	.91	.82	.69	.54	.42	.37	.41	.52	.68	.82	.92	.95
55	.87	.77	.63	.47	.34	.28	.33	.45	.61	.77	.88	.91
60	.82	.72	.57	.4	.26	.2	.24	.37	.55	.71	.83	.86
65	.77	.66	.5	.32	.18	.13	.16	.3	.48	.65	.77	.81
70	.71	.6	.43	.25	.13	.12	.11	.22	.4	.59	.72	.75
75	.65	.53	.36	.17	.12	.11	.11	.13	.33	.52	.65	.69
80	.58	.47	.29	.13	.12	.1	.1	.1	.25	.45	.58	.63
85	.52	.4	.21	.12	.11	.1	.09	.09	.17	.37	.51	.56
90	.45	.32	.14	.11	.1	.09	.08	.08	.09	.29	.44	.49

Latitud = 1°

Incl	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.02	1.01	1	.98	.97	.96	.97	.98	1	1.01	1.02	1.03
10	1.03	1.02	.99	.96	.93	.92	.93	.96	.99	1.02	1.04	1.04
15	1.04	1.01	.97	.93	.89	.87	.88	.92	.97	1.02	1.05	1.06
20	1.04	1.01	.95	.89	.84	.81	.83	.88.	.95	1.01	1.05	1.06
25	1.04	.99	.92	.85	.78	.75	.77	.84	.92	1	1.05	1.06
30	1.03	.97	.89	.8	.72	.69	.71	.79	.89	.98	1.04	1.05
35	1.01	.95	.85	.74	.65	.62	.65	.73	.84	.95	1.02	1.04
40	.98	.91	.81	.69	.58	.54	.57	.67	.8	.92	1	1.02
45	.95	.87	.76	.62	.51	.46	.5	.61	.74	.88	.97	.99
50	.92	.83	.7	.56	.43	.38	.42	.54	.69	.83	.93	.96
55	.88	.78	.64	.49	.35	.3	.34	.46	.63	.78	.89	.92
60	.83	.73	.58	.41	.27	.21	.26	.39	.56	.73	.84	.87
65	.78	.67	.51	.34	.19	.13	.17	.31	.49	.66	.79	.82
70	.72	.61	.45	.26	.13	.12	.11	.23	.42	.6	.73	.77
75	.66	.55	.37	.18	.12	.11	.11	.15	.34	.53	.67	.71
80	.6	.48	.3	.13	.11	.1	.1	.1	.26	.46	.6	.64
85	.53	.41	.23	.12	.11	.1	.09	.09	.19	.39	.53	.58
90	.46	.34	.15	.11	.1	.09	.08	.08	.011	.31	.46	.51

Latitud = 2°

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.02	1.01	1	.98	.97	.96	.97	.98	1	1.02	1.02	1.03
10	1.04	1.02	.99	.96	.93	.92	.93	.96	.99	1.02	1.04	1.05
15	1.05	1.02	.98	.93	.89	.87	.89	.93	.98	1.02	1.05	1.06
20	1.05	1.01	.96	.89	.84	.82	.84	.89	.96	1.02	1.06	1.07
25	1.04	1	.93	.85	.79	.76	.78	.84	.93	1.01	1.06	1.07
30	1.03	.98	.9	.8	.73	.69	.72	.8	.89	.99	1.05	1.06
35	1.02	.95	.86	.75	.66	.62	.65	.74	.85	.96	1.03	1.05
40	.99	.92	.81	.69	.59	.55	.58	.68	.81	.93	1.01	1.03
45	.96	.88	.77	.63	.52	.47	.51	.62	.75	.89	.98	1
50	.93	.84	.71	.57	.45	.39	.43	.55	.7	.84	.94	.97
55	.89	.79	.65	.5	.37	.31	.35	.48	.64	.79	.9	.93
60	.84	.74	.59	.42	.29	.23	.27	.4	.57	.74	.85	.88
65	.79	.68	.53	.35	.2	.14	.19	.32	.5	.68	.8	.84
70	.73	.62	.46	.27	.13	.12	.11	.24	.43	.61	.74	.78
75	.67	.56	.39	.19	.12	.11	.11	.16	.36	.55	.68	.72
80	.61	.49	.31	.13	.11	.1	.1	.1	.28	.47	.61	.66
85	.54	.42	.24	.12	.11	.1	.09	.09	.2	.4	.54	.59
90	.47	.35	.16	.11	.1	.09	.08	.08	.012	.32	.47	.52

Latitud = 3°

Incl	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.02	1.01	1	.98	.97	.94	.97	.98	1	1.02	1.03	1.03
10	1.04	1.02	.99	.96	.94	.93	.93	.96	.99	1.03	1.05	1.05
15	1.05	1.02	.98	.93	.89	.88	.89	.93	.98	1.03	1.06	1.06
20	1.05	1.02	.96	.9	.85	.83	.84	.89	.96	1.02	1.06	1.07
25	1.05	1	.94	.86	.79	.77	.79	.85	.93	1.01	1.06	1.07
30	1.04	.98	.9	.81	.74	.7	.73	.8	.9	.99	1.05	1.07
35	1.02	.96	.87	.76	.67	.63	.66	.75	.86	.97	1.04	1.05
40	1	.93	.82	.7	.6	.56	.59	.69	.82	.94	1.02	1.04
45	.97	.89	.77	.64	.53	.49	.52	.63	.76	.9	.99	1.01
50	.94	.85	.72	.58	.46	.41	.44	.56	.71	.85	.95	.98
55	.9	.8	.66	.51	.38	.32	.37	.49	.65	.81	.91	.94
60	.85	.75	.6	.44	.3	.24	.28	.41	.58	.75	.87	.9
65	.8	.69	.54	.36	.22	.16	.2	.34	.52	.69	.81	.85
70	.75	.63	.47	.29	.14	.12	.12	.26	.44	.63	.76	.79
75	.69	.57	.4	.21	.12	.11	.1	.18	.37	.56	.69	.73
80	.62	.5	.33	.13	.11	.1	.1	.1	.29	.49	.63	.67
85	.56	.43	.25	.12	.11	.1	.09	.09	.22	.41	.56	.6
90	.49	.36	.18	.11	.1	.09	.08	.08	.14	.34	.49	.53

Latitud = 4°

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.02	1.01	1	.99	.97	.97	.97	.98	1	1.02	1.03	1.03
10	1.04	1.02	1	.96	.94	.93	.94	.96	1	1.03	1.05	1.05
15	1.05	1.02	.98	.94	.9	.88	.9	.93	.98	1.03	1.06	1.07
20	1.06	1.02	.97	.9	.85	.83	.85	.9	.96	1.03	1.07	1.08
25	1.05	1.01	.94	.86	.8	.77	.8	.86	.94	1.02	1.07	1.08
30	1.05	.99	.91	.82	.74	.71	.74	.81	.91	1	1.06	1.07
35	1.03	.97	.87	.77	.68	.64	.67	.76	.87	.98	1.05	1.06
40	1.01	.94	.83	.71	.61	.57	.6	.7	.82	.95	1.03	1.04
45	.98	.9	.78	.65	.54	.5	.53	.64	.77	.91	1	1.02
50	.95	.86	.73	.59	.47	.42	.46	.57	.72	.87	.97	.99
55	.91	.81	.67	.52	.39	.34	.38	.5	.66	.82	.93	.95
60	.86	.76	.61	.45	.31	.25	.3	.43	.6	.76	.88	.91
65	.81	.71	.55	.37	.23	.17	.22	.35	.53	.7	.83	.86
70	.76	.65	.48	.3	.15	.12	.13	.27	.46	.64	.77	.81
75	.7	.58	.41	.22	.12	.11	.1	.19	.38	.57	.71	.75
80	.64	.52	.34	.14	.11	.1	.1	.11	.31	.5	.64	.69
85	.57	.45	.26	.12	.1	.09	.09	.09	.23	.43	.57	.62
90	.5	.37	.19	.11	.1	.09	.08	.08	.15	.35	.5	.55

Latitud = 5°

Incl	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.02	1.02	1	.99	.97	.97	.97	.99	1	1.02	1.03	1.03
10	1.04	1.02	1	.97	.94	.93	.94	.97	1	1.03	1.05	1.05
15	1.06	1.03	.99	.94	.9	.89	.9	.94	.99	1.04	1.07	1.07
20	1.06	1.02	.97	.91	.86	.84	.85	.9	.97	1.03	1.07	1.08
25	1.06	1.01	.95	.87	.81	.78	.8	.86	.95	1.02	1.08	1.08
30	1.05	1	.92	.83	.75	.72	.74	.82	.91	1.01	1.07	1.08
35	1.04	.97	.88	.78	.69	.65	.68	.77	.88	.98	1.06	1.07
40	1.02	.94	.84	.72	.62	.58	.61	.71	.83	.96	1.04	1.05
45	.99	.91	.79	.66	.55	.51	.54	.65	.78	.92	1.01	1.03
50	.96	.87	.74	.6	.48	.43	.47	.58	.73	.88	.98	1
55	.92	.82	.68	.53	.4	.35	.39	.51	.67	.83	.94	.96
60	.87	.77	.62	.46	.33	.27	.31	.44	.61	.78	.89	.92
65	.82	.72	.56	.39	.25	.18	.23	.36	.54	.72	.84	.87
70	.77	.66	.49	.31	.16	.12	.15	.28	.47	.66	.79	.82
75	.71	.59	.42	.23	.12	.11	.1	.21	.4	.59	.72	.76
80	.65	.53	.35	.16	.11	.1	.1	.13	.32	.52	.66	.7
85	.58	.46	.28	.12	.1	.09	.09	.09	.24	.44	.59	.63
90	.51	.39	.2	.11	.1	.09	.08	.08	.16	.37	.52	.56

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Anexo C. Instrucción Técnica Complementaria: ITE 10 INSTALACIONES ESPECÍFICAS (Acondicionamiento de piscinas)

ITE 10.2 Acondicionamiento de piscinas

ITE 10.2.1 Diseño

ITE 10.2.1.1 Generalidades

El consumo de energías convencionales para el calentamiento de piscinas está permitido solamente cuando están situados en locales cubiertos. En piscinas el aire libre solo podrán utilizarse para el calentamiento de agua fuentes de energías residuales o de libre disposición, como la energía solar, el aire, el agua o el terreno. No puede utilizarse energía eléctrica para el calentamiento por efecto Joule como apoyo de los fuentes anteriores.

Se prohibe el calentamiento directo de agua de la piscina por medio de una caldera.

Las instalaciones de producción y distribución de calor para la climatización del agua y del ambiente de la piscina serán independientes del resto de las instalaciones térmicas, salvo cuando estén en edificios destinados a usos deportivos.

ITE 10.2.1.2 Temperatura del agua

La temperatura del agua de la pileta ser la que se indica en la tabla que figura a continuación, según el uso principal de la piscina. La temperatura del agua se medirá en el centro de la piscina y a unos 20 cm. por debajo de la lámina de agua.

Tabla 13 Temperatura del agua de las piscinas

Uso principal		Temperatura del agua (ºC)
público	Recreo	25
	Chapoteo	24
	Enseñanza	25
	Entrenamiento	26
	competición	24
privado		25 / 26

La tolerancia en el espacio, horizontal y verticalmente, de la temperatura del agua no podrá ser mayor que ± 1 ºC.

Para el control de la temperatura del agua se dispondrá una sonda de temperatura en el retorno de agua al cambiador de calor y un termostato de seguridad dotado de rearme manual en la impulsión que enclave el sistema de generación de calor. La temperatura de tarado del termostato de seguridad será, como máximo, 10ºC mayor que la temperatura máxima de impulsión.

ITE 10.2.1.3 Condiciones ambientales

La temperatura seca del aire del local ser entre 2ºC y 3ºC mayor que la del agua, con un mínimo de 26ºC y un máximo de 28ºC.

La humedad relativa del ambiente se mantendrá entre el 55% y el 70%, siendo recomendable escoger como valor de diseño el 60%.

Para evitar condensaciones sobre las paredes frías del local de la piscina puede utilizarse el aire exterior. Este aire debe ser calentado antes de ser introducido en el local y el calor de aire expulsado debe ser recuperado por los medios que el proyectista considere oportunos.

Alternativamente, el mantenimiento de la humedad relativa del ambiente dentro de los limites anteriormente indicados puede lograrse por medio de, una bomba de calor, enfriando, deshumedeciendo y recalentando el mismo aire del ambiente.

El uso de energías convencionales para estos fines debe restringiese a suplementar el calor necesario para el aire mínimo de ventilación y las pérdidas por transmisión.

El uso de recuperadores o bombas de calor no es obligatorio para piscinas cubiertas con pileta cuya capacidad sea menor que 80 m^3 o cuya superficie de agua sea menor que 50 m^2.

ITE 10.2.2 Cálculo

El Cálculo de la potencia térmica necesaria a régimen para calentar el agua de la piscina se efectuará teniendo en cuenta las siguientes pérdidas:

-Por transferencia de vapor de agua al ambiente:

-Desde la superficie del agua

-Desde el suelo mojado alrededor de la piscina

-Desde el cuerpo de las personas mojadas

-Por convención de la superficie de agua de la pileta

-Por radiación de la superficie de agua hacia los cerramientos

-Por conducción a través de las paredes de la pileta

-Por renovación del agua de la pileta

El equipo productor de calor se dimensionará para las condiciones de régimen de funcionamiento. En consecuencia, para la puesta en régimen de la temperatura del agua al comienzo de la estación se admitirá una duración de varios días, dependiendo de la temperatura al comienzo del arranque.

Anexo D. Especificaciones técnicas del captador solar plano (y accesorios) elegido

SOL selectivo

DATOS TÉCNICOS:

Modelo	FMAX 2.0	FMAX 2.4	SOL 2800 XBA	SOL 2800 selectivo	SOL 2800 H selectivo	CPC/ML 3.0 TINOX PLUS
Dimens. ext. LxAxH mm	1980x1010 x86	1930x1230 x86	2322x1217 x100	2307x1206 x99	1206x2307 x99	2300x1240 x77
S. Total m^2	2,00	2,37	2,83	2,82	2,82	2,85
S. apertura m^2	1,86	2,21	2,55	2,65	2,65	2,67
Rendimiento Ap.						
n_0	0,823	0,823	0,749	0,704	0,711	0,823
a' $W/m^2/K$	3,36	3,36	5,819	3,555	3,168	3,86
Contraseña de homologación	GPS-8608	GPS-8608	GPS-8444	GPS-8191	GPS-8191	NPS-2414

Volumen	1,4 litros

- Temperatura máxima de trabajo: 200°C
- Presión máxima de trabajo: 10 bar
- Pérdida de carga 50 l/h: 0,7 bar
  100 l/h: 1,7 bar

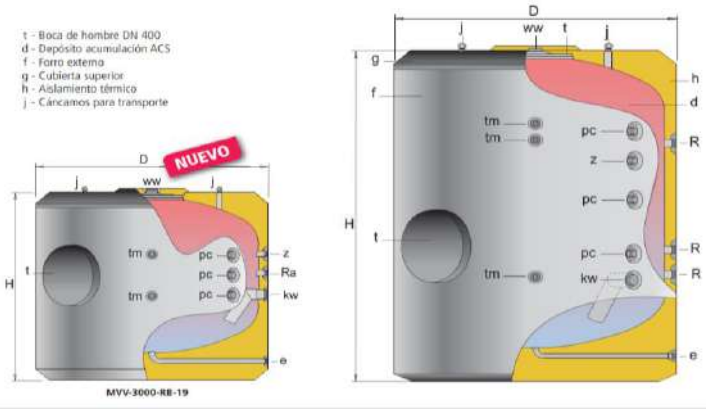
Manguito tipo cruz

• Accesorios de conexión

Código	Artículo
SO 05 421	Racor doble recto unión colectores 22 mm
SO 05 422	Racor recto macho salida colector 22 x 3/4"
SO 05 423	Racor recto hembra salida colector 22 x 3/4"
SO 05 452	Manguito tipo cruz con porta sonda y purgador manual 3/4" M-H
AA 25 032	Tapón rosca hembra latón 3/4"

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Anexo E. Especificaciones técnicas del acumulador con intercambiador interior elegido



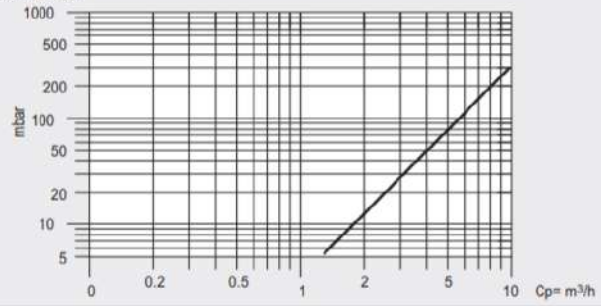
Ød	ØD	(**)H	hf	E-U-RcP-	P1A - ReS	Ae	Ø F1-F2-F3	S1+S2+S3	Peso
1.600	1.700	2.846	96	3"	2"	1"½	1"¼½"	(3)430-430-350	10+10+8

CARACTERÍSTICAS GENERALES		MVV 1500-RB	MVV 2000-RB	MVV 2500-RB	MVV 3000-RB	MVV 3500-RB	MVV 4000-RB	MVV 5000-RB	MVV 6000-RB
Capacidad ACS	l.	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000
D: Diámetro exterior	mm.	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910	1910
H: Altura total	mm.	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710	3210
Diagonal	mm.	2281	2655	2611	2841	3068	2998	3316	3735

Curvas características

Modelos: MVV- /MXV-5000/ 6000-SSB

Pérdidas de carga entre conexiones de entrada y salida de circuito primario para diferentes caudales de circulación.



REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	P.V.P €
Modelos MASTER VITRO: MVV-RB 1500...6000		**PN8**
MVV1500RB	Master Vitro MVV-1500-RB	3.851,00
MVV2000RB	Master Vitro MVV-2000-RB	3.945,00
MVV2500RB	Master Vitro MVV-2500-RB	4.718,00
MVV3000RB	Master Vitro MVV-3000-RB	5.134,00
MVV3000RB19**	Master Vitro MVV-3000-RB19	6.162,00
MVV3500RB	Master Vitro MVV-3500-RB	5.917,00
MVV4000RB	Master Vitro MVV-4000-RB	6.289,00
MVV5000RB	Master Vitro MVV-5000-RB	7.636,00
NUEVO MVV6000RB	Master Vitro MVV-6000-RB	10.457,00

Incorpora de serie equipo de protección catódica "Lapesa correx-up"
(**) Para salas con altura deducida. Medidas depósito d.1910 x 1900mm de altura total .

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Anexo F. Especificaciones técnicas de los tubos de cobre escogidos

TABLA DE MEDIDAS

TIPO	DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR		ESPESOR DE PARED		PESO TEORICO	PRESION DE TRABAJO*
	PULGADAS	PULG.	MM	PULG.	MM	kg/metro	PSI A 38ºC
K	1/4	3/8	9.52	0.035	0.89	0.216	1595
	3/8	1/2	12.70	0.049	1.24	0.400	1745
	1/2	5/8	15.87	0.049	1.24	0.512	1375
	5/8	3/4	19.05	0.049	1.24	0.622	1135
	3/4	7/8	22.22	0.065	1.65	0.954	1315
	1	1 1/8	28.57	0.065	1.65	1.249	1010
	1 1/4	1 3/8	34.92	0.065	1.65	1.548	820
	1 1/2	1 5/8	41.27	0.072	1.83	2.024	765
	2	2 1/8	53.97	0.083	2.11	3.066	665
	2 1/2	2 5/8	66.67	0.095	2.41	4.360	520
	3	3 1/8	79.37	0.109	2.77	5.953	605
	3 1/2	3 5/8	92.07	0.120	3.05	7.619	570
	4	4 1/8	104.77	0.134	3.40	9.688	555
L	1/4	3/8	9.52	0.032	0.76	0.199	1350
	3/8	1/2	12.70	0.035	0.89	0.295	1195
	1/2	5/8	15.87	0.040	1.02	0.424	1105
	5/8	3/4	19.05	0.042	1.07	0.539	965
	3/4	7/8	22.22	0.045	1.14	0.677	875
	1	1 1/8	28.57	0.050	1.27	0.975	770
	1 1/4	1 3/8	34.92	0.055	1.40	1.316	680
	1 1/2	1 5/8	41.27	0.060	1.52	1.697	630
	2	2 1/8	53.97	0.070	1.78	2.604	555
	2 1/2	2 5/8	66.67	0.080	2.03	3.691	520
	3	3 1/8	79.37	0.090	2.29	4.956	490
	3 1/2	3 5/8	92.07	0.100	2.54	6.384	470
	4	4 1/8	104.77	0.110	2.79	8.006	450
M	3/8	1/2	12.70	0.025	0.63	0.216	840
	1/2	5/8	15.87	0.028	0.71	0.304	760
	3/4	7/8	22.22	0.032	0.81	0.488	610
	1	1 1/8	28.57	0.035	0.89	0.692	515
	1 1/4	1 3/8	34.92	0.042	1.07	1.015	515
	1 1/2	1 5/8	41.27	0.049	1.24	1.399	510
	2	2 1/8	53.97	0.058	1.47	2.173	450
	2 1/2	2 5/8	66.67	0.065	1.65	3.021	410
	3	3 1/8	79.37	0.072	1.83	3.988	385
	3 1/2	3 5/8	92.07	0.083	2.11	5.328	385
	4	4 1/8	104.77	0.095	2.41	6.935	380

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Anexo G. Especificaciones técnicas de las bombas de circulación elegidas

FICHA TÉCNICA VALORACIONES Y COMENTARIOS

Marca	Total	**Tipo**	Bomba centrífuga
Modelo	TWP27501-5	**Diámetro de succión y distribución**	1"
Presión máxima	47 PSI	**Medidas Alto x Ancho x Profundidad**	---
Altura recomendable de distribución	3 pisos	**Caudal máximo**	95L/min
Material del impulsor	Noryl	**Máximo de succión**	8 metros
Peso de la caja	10.5	**Potencia HP**	1 HP
Vatio (Watt) de consumo	750W	**¿Dónde usarlo?**	Elevación de cisterna. Ideal para estructuras de 1 a 3 pisos.
Recomendaciones de uso	Instalar en lugares cerrados o protegidos del clima. Verifique la coincidencia del voltaje de alimentación con el de la máquina.	**Procedencia**	Importado

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Anexo H. Especificaciones técnicas del manómetro elegido

SS CASE BRASS PRESSURE GAUGE
BOURDON TYPE

WAAREE AT

SPECIAL FEATURES

- STAINLESS STEEL CASE
- RUGGED CONSTRUCTION
- DRY OR LIQUID FILLED
- STANDARD FOLLOWED IN GENERAL EN 837-1

APPLICATIONS

OIL, WATER, PNEUMATICS, HYDRAULICS, PUMP, COMPRESSORS, DIESEL ENGINES AND GASEOUS/ LIQUID MEDIA THAT WILL NOT OBSTRUCT THE PRESSURE SYSTEM.

SPECIFICATIONS

STANDARD VERSION : 40 mm, 50 mm, 63 mm & 100 mm

Accuracy	:	±1.6% of F. S.(For NS 63 mm & 100 mm) & ±2.5% of F. S.(For NS 40 mm & 50 mm)
Ambient temperature	:	- 20°C to + 65°C
Process temperature	:	Max 120°C
Operating Pressure Range	:	75 % of Scale value
Over pressure limit	:	≤ 100 bar : 125% of Max. Scale value
	:	> 100 to ≤ 600 bar : 115% of Max. Scale value
	:	> 600 to ≤ 1600 bar : 110% of Max. Scale value

Case & Bezel	:	AISI 304 SS (Rolling Type)
Bourdon	:	Copper Alloy up to 280 kg/cm²
	:	AISI 316L SS for above 280 kg/cm²
Socket	:	Copper Alloy
Movement	:	Copper Alloy
Joints	:	Alloy Brazing / Soldering

Protection	:	IP 65
Dial	:	Aluminium, black graduation on white background
Pointer	:	Black coloured, Fixed
Window	:	Plexi Glass
Filling Plug	:	Neoprene
Gasket	:	Neoprene /Silicon Rubber

DRY BUT FILLABLE VERSION (OPTION FG)

Fillable Dampening Liquid	:	Glycerine 98%
Process Temperature	:	Maximum 65°C
Other Features	:	Refer Specification of Standard Version

GLYCERINE FILLED VERSION (OPTION PY)

Accuracy	:	±1.6% of F. S.(For NS 63 mm & 100 mm) & ±2.5% of F. S.(For NS 40 mm & 50 mm)
Ambient Temperature	:	Maximum 65°C
Process Temperature	:	Maximum 65°C
Window	:	Plexi Glass
Dampening Liquids	:	Glycerine 98%
Other Features	:	Refer Specification of Standard Version

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Anexo I. Especificaciones técnicas de la válvula de seguridad elegida

Descripción del vendedor

Válvula de Seguridad Marca: Tecval Conexión: 1-1/4" x 1-1/4" Npt
Presión: 125 Psi
Cuerpo de: Hierro Dúctil
Conexiones e internos en: Bronce

Anexo J. Especificaciones técnicas del desaireador elegido

SOLARFAR **-** Desaireador para instalaciones térmicas.

- Cuerpo en latón CB753S
- Conexión a la tubería H-H
- Conexión en la parte inferior de 1/2" con tapón
- Dispositivo de purga orientable
- Presión nominal: 10 bar
- Presión diferencial máxima de funcionamiento: 10 bar
- Temperatura máxima de ejercicio: 160°C

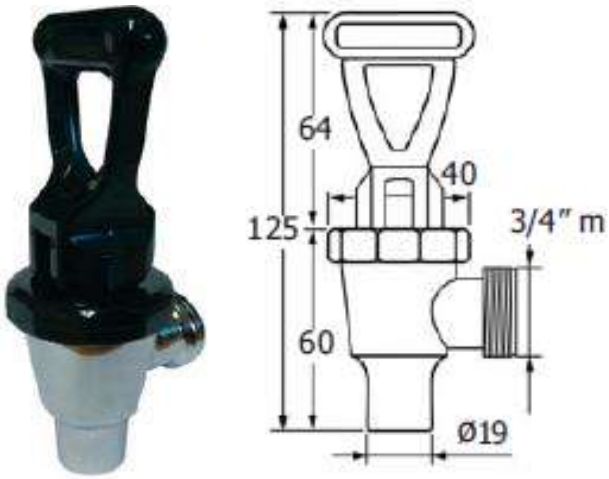
ART. 2252

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Anexo K. Especificaciones técnicas del grifo de vaciado escogido

GR.106

Grifo de vaciado para contenedores.
Pulsador con posición de vaciado total.



UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Anexo L. Especificaciones técnicas de la caldera elegida

	Dimensiones	10	20	30	45	60
A1	Longitud [mm]	1401	1401	1401	1621	1621
A2	Longitud [mm]	1238	1238	1238	1454	1454
A3	Longitud [mm]	901	979	979	1139	1139
A4	Longitud [mm]	1067	1139	1139	1289	1289
B1	Anchura [mm]	589	589	589	750	750
B2	Anchura [mm]	233	233	233	295	295
B3	Anchura [mm]	380	380	380	524	524
B4	Anchura [mm]	128	128	128	177	177
C1	Altura [mm]	1135	1235	1235	1485	1485
C2	Altura [mm]	920	1020	1020	1311	1311
C3	Altura [mm]	391	391	391	505	505
C4	Altura [mm]	856	956	956	1200	1200
C5	Altura [mm]	666	766	766	1014	1014
C6	Altura [mm]	264	264	264	265	265
C7	Altura [mm]	800	870	870	1135	1135
C8	Área al aire libre sobre caldera [mm]	366	366	366	615	615
C9	Altura [mm]	796	896	896	1134	1134
C10	Altura [mm]	-	-	-	1086	1086
D1	Diámetro salida de humos [mm]	130	130	130	150	150
E1	Distancia mínima delante [mm]	750	750	750	750	750
E2	Distancia mínima detrás [mm]	500	500	500	600	600
E3	Distancia mínima izquierdo [mm]	750	750	750	750	750
E4	Distancia mínima derecho [mm]	150	150	150	150	150
	Conexión	**10**	**20**	**30**	**45**	**60**
1	Impulsión	1" IG	1" IG	1" IG	6/4" IG	6/4" IG
2	Retorno	1" IG	1" IG	1" IG	6/4" IG	6/4" IG
3	Llenado/Vaciado	1/2" IG	1/2" IG	1/2" IG	1/2" IG	1/2" IG
4	Adaptador para sonda caldera adicional	1/2" IG	1/2" IG	1/2" IG	1/2" IG	1/2" IG
5	Soporte para sonda térmica de seguridad	-	-	-	1/2" IG	1/2" IG
6	Interccambiador térmico de seguridad - Entradas	-	-	-	1/2" IG	1/2" IG
7	Intercaambiador térmico de seguridad - pelletstar	-	-	-	1/2" IG	1/2" IG

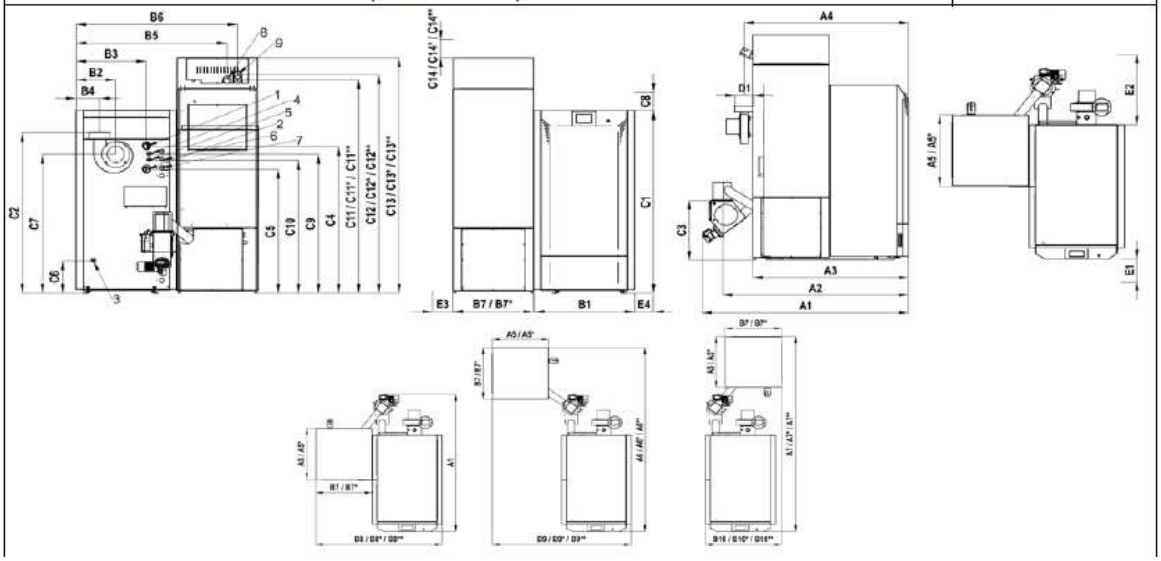
	Datos técnicos	10	20	30	45	60
	Rango de potencia (en placa de caracteristicas) [kW]	3,5 - 12,0	6,1 - 20,0	6,1 - 20,0	13,0 - 45,0	13,0 - 64,0
	Rango de potencia [kW]*	3,5 - 12,0	6,1 - 20,0	6,1 - 20,0	13,0 - 46,5	13,0 - 60,3
	Clase de calderas	5	5	5	5	5
	Combustión máx [h]	-	-	-	-	-
	Peso de la caldera [kg]	261	310	310	518	518
	Sobre presión de trabajo mín./máx. [bar]	1,5 / 3	1,5 / 3	1,5 / 3	1,5 / 3	1,5 / 3
	Trio mín./máx. admisible [mbar]	0,05 / 0,10	0,05 / 0,10	0,05 / 0,10	0,05 / 0,10	0,05 / 0,10
	Teperatura máxima de impulsión [°C]	95	95	95	95	95
	Temperatura Max. de seguridad (STB) [°C]	95	95	95	95	95
	Contenido de agua [ltr.]	55	78	78	178	178
	Pérdida de caudal para ΔT=10K [mbar]*	17,1	14,9	14,9	14,2	14,2
	Pérdida de caudal para ΔT=15K [mbar]*	-	-	-	-	-
	Pérdida de caudal para ΔT=20K [mbar]*	4,4	4,0	4,0	3,7	3,7
	Pérdida de caudal para ΔT=35K [mbar]*	-	-	-	-	-
	Caudal min ΔT=18K [kg/h]	764	1003	1003	2150	2150
	Caudal ΔT=10K [kg/h]	920	1207	1207	2586	2586
	Superficie intercambiador [m²]	0,81	1,26	1,26	2,82	2,82
	Superficie parrilla [m²]	0,0123	0,0123	0,0123	0,0238	0,0238
	Volumen de la cámara de combustión [m³]	0,01944	0,02552	0,02552	0,07200	0,07200
	Volumen de cenizas en la cámara de combustión [dm³]	14	14	14	35	35
	Volumen de cenizas en el cuerpo intercambiador de calor (dm3)	11	13	13	23	23
	Caudal mínimo intercambiador de seguridad [l.h]	-	-	-	>1200	>1200
	Presión mínima agua fría [bar]	-	-	-	2	2
	Superficie del intercambio de calor [m²]	-	-	-	0,12	0,12
	Número de válvulas de seguridad [Stk.]	-	-	-	1	1
	Temperatura de apertura de la válvula de seguridad (°C)	-	-	-	95	95
	Intercambiador de calor - N° de pasos/ Conductos [Cantidad]	2 / 1x3/2x3	2 / 2x3/2x3	2 / 2x3/2x3	2 / 2x5/2x5	2 / 2x5/2x5
	Volumen mínimo rovomendado depósito de inercia [l]	300 - 500	500 - 800	500 - 800	1000 - 1500	1000 - 1500

	Datos eléctricos	10	20	30	45	60
	Conexión electrica [V/Hz/A] / carga conectada [kW]	230/50/16 / 2,0	230/50/16 / 2,0	230/50/16 / 2,0	230/50/16 / 2,0	230/50/16 / 2,0
	Consumo eléctrico, a potencia nominal [kW]*	0,082	0,087	0,107	0,098	0,116
	Consumo eléctrico, a potencia pacial [kW]*	0,061	0,055	0,055	63,000	0,063
	Consumo eléctrico, a potencia "Stand By" modo [kW]*	0,015	0,015	0,015	0,017	0,017
		Potencia de conexión a la red				
	Ventiladores de tiro [kW]	0,044	0,044	0,044	0,088	0,088
	Ventiladores de tiro-Sección transversal de cables eléctrico [mm²] / Número de hilos para cable	1,5 / 3+3	1,5 / 3+3	1,5 / 3+3	1,5 / 3+3	1,5 / 3+3
	Ventilador de encendido [kW]	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
	Ventilador de encendido - Sección transversal de cables eléctrico [mm²] / Número de hilos para cable	1,5 / 3	1,5 / 3	1,5 / 3	1,5 / 3	1,5 / 3
	Vaciador sinfín [kW]; (Par nominal [Nm])	0,06 / max.23,5	0,06 / max.23,5	0,06 / max.23,5	0,06 / max.23,5	0,06 / max.23,5
	Vaciador sinfín - Sección transversal de cables eléctricos [mm2] / Número de hilos para cable	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3
	Descarga de cenizas de parrilla [kW]; (Par motor [Nm])	0,085 / 67,2	0,085 / 67,2	0,085 / 67,2	0,085 / 67,2	0,085 / 67,2
	Descarga de cenizas de parrilla - Sección transversal de cables eléctrico [mm2]/Número de hilos para able	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3
	Limpieza del intercambiador térmico [kW]; (Par motor [Nm])	0,085 / 67,2	0,085 / 67,2	0,085 / 67,2	0,085 / 67,2	0,085 / 67,2
	Limpieza del intercambiador térmico-Sección transversal de cables eléctrico [mm2] / Número de hilos ara cable	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3	0,75 / 3
		Sistema de alimentación				
	Agitador [kW]	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
	Descarga flexible [kW]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Emisiones - Potencia nominal	**10**	**20**	**30**	**45**	**60**
	Temperatura gases [°C]	~130	~120	~150	~110	~130
	Caudal de gases [kg/s] **	0,0085	0,0130	0,0190	0,0260	0,0350
	Caudal de gases [Nm³/h] **	23,6	35,8	53,0	71,8	97,3
	Caudal de gases [***Bm³/h] **	34,8	51,5	82,0	100,7	143,5
	CO2 contenido [Vol. %] *	11,71	11,61	12,57	15,36	14,59
	Rendimiento [%] *	91,8	90,6	91,2	91,8	92,5
	Emisiones - Potencia parcial	**10**	**20**	**30**	**45**	**60**
	Temperatura gases [°C]	~85	~85	~85	~85	~85
	Caudal de gases [kg/s] **	0,0031	0,0050	0,0050	0,0094	0,0094
	Caudal de gases [Nm³/h] **	8,6	14,0	14,0	26,1	26,1
	Caudal de gases [***Bm³/h] **	11,3	18,0	18,0	34,3	34,3
	CO2 contenido [Vol. %] *	9,22	8,82	8,82	11,70	11,70
	Rendimiento [%] *	90,4	90,1	90,1	91,5	91,5
	Homologaciones	**10**	**20**	**30**	**45**	**60**
	Número de referencia (homologación)	39-10592/T2	39-10592/T3	39-10592/T3	39-10592/T1	39-10592/T1
	Homologador	SZU	SZU	SZU	SZU	SZU
	Medidas para el aporte	**10**	**20**	**30**	**45**	**60**
	Longitud [mm]	865	940	940	1140	1140
	Anchura [mm]	590	590	590	750	750
	Altura [mm]	1130	1230	1230	1480	1480

Herz pelletstar 10-60
para sistema aspiración

Hoja de especificaciones

Vers. 3.1



Anexo M. Especificaciones técnicas de las reducciones escogidas

Marca	Plastica
Material	PVC
Características	Diseñados y garantizados para el transporte de fluidos a presión, utilizando las técnicas más modernas del proceso de extrusión e inyección. Fácil instalación y ajuste confiable. No se oxidan, corroen ni necesitan pintarse.
Presión máxima de trabajo	145 PSI
Tipo	Reducción
Color	Gris
Temperatura máxima de trabajo	40 °C
Recomendaciones de uso	Se recomienda utilizar pegamento para PVC.

Marca	Plastica
Material	PVC
Características	Diseñados y garantizados para el transporte de fluidos a presión, utilizando las técnicas más modernas del proceso de extrusión e inyección. Fácil instalación y ajuste confiable. No se oxidan, corroen ni necesitan pintarse.
Presión máxima de trabajo	145 PSI

Tipo	Reducción
Color	Gris
Temperatura máxima de trabajo	40 °C
Recomendaciones de uso	Se recomienda utilizar pegamento para PVC.

Atributo	Detalle
Características	Buje de reducción 100% resina de PVC virgen. No contiene plomo. Reduce impacto ambiental
Marca	Tigre
Material	PVC
Contenido	1 unidad
Medidas	1 1/4 x 3/4"
Peso	No especifica
Color	Blanco
Uso	Para agua
Incluye	No especifica
Garantía	50 años
Procedencia	Brasil
Tipo	Bushing
Recomendaciones	Para asegurar la instalación utilizar soldadura de PVC
Categoría	Gasfitería

Anexo N. Especificaciones técnicas de los codos escogidos

CARACTERÍSTICAS

Atributo	Detalle
Características	Codo de fierro galvanizado
Marca	Rivelsa
Material	Fierro galvanizado
Color	Plateado
Medidas	1/2"
Angulo	90°
Usos	Para instalaciones de uso en la construcción
Garantía	1 año
Procedencia	China
Recomendaciones	No olvidar usar cinta teflón
Tipo	Fittings galvanizados

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Anexo O. Especificaciones técnicas de las derivaciones en T escogidas

FICHA TÉCNICA VALORACIONES Y COMENTARIOS

Marca	Nicoll	**Tipo**	Tee
Material	PVC	**Color**	Plomo
Diámetro nominal	1 1/2"	**Uso**	En tuberías.
¿Dónde usarlo?	En tuberías.	**Recomendaciones de uso**	Utilizar cemento para PVC en la conexión de tipo embone o teflón en la conexión tipo rosca. Tener cuidado al momento de manipular, transportar y descargar material.
Procedencia	Nacional		

UNIVERSIDAD DE PIURA

UNIVERSITAS STUDIORUM PIURENSIS

Anexo P. Especificaciones técnicas de las válvulas de compuerta elegidas

FICHA TÉCNICA

Marca	CIM
Modelo	CIM50
Peso	690 gr
¿Dónde usarlo?	Es ideal para las instalaciones de calefacción, aire acondicionado, agua, saneamiento, redes de distribución de aceite, gasolina y vapor saturado.
Procedencia	Italia
Tipo	Válvula
Material	Bronce
Presión Nominal (PN)	16 PN
Recomendaciones de uso	No están diseñadas para regular el fluido lo que indica que deben estar completamente abiertas o completamente cerradas, para que sus interiores, no sean desgastados prematuramente por el fluido y su presión y así evitar que tenga fugas.
Garantía	20 años contra defectos de fabricación