

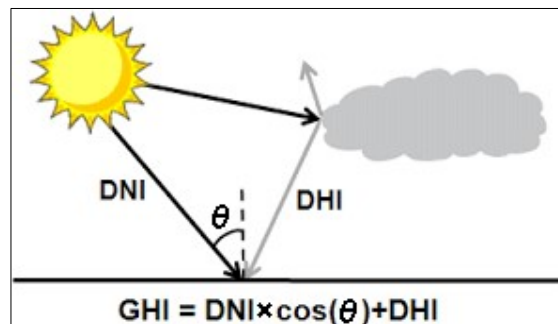
PROPUESTA DE SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y ACS SOLAR PARA CAMPAMENTOS MINEROS SOBRE LOS 3000 M.S.N.M

I. Bibliografía

Radiación solar

En las aplicaciones de energía solar, los siguientes parámetros son comúnmente usados en práctica:

- Radiación directa normal (DNI): Componente involucrado en las tecnologías de concentración térmica y fotovoltaica (concentradores solares, CSP).
- Radiación global horizontal (GHI): Es la suma de la radiación directa y difusa recibida en un plano horizontal. GHI es una radiación de referencia para la comparación de zonas climáticas; también es un parámetro esencial para el cálculo de la radiación en un plano inclinado.



Sistemas de energía solar activo

- **Colector solar plano (FPSC)**
 - o Depende de la pendiente del techo
 - o Las características del vidrio tienen influencia en la transítividad
 - o Reemplazar el anticongelante al agua (glicol, o propileno glicol)

II. Caso de estudio

2.1. Características climáticas

Morococha es tradicionalmente una localidad minera. Está ubicada en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, departamento de Junin, Peru. Se encuentra a una altitud de 4123 metros sobre el nivel del mar. Su población es de 10 000 habitantes distribuidos en 500 familias,

los cuáles son en su mayoría trabajadores mineros que arriendan espacios en las construcciones que forman el distrito. Sus coordenadas son 11°35'59" S y 76°8'28" W en formato DMS (grados, minutos, segundos) o latitud -11.5997 y longitud -76.1411 (en grados decimales). Su posición UTM es UN71 y su referencia Joint Operation Graphics es SC18-14. La zona horaria de Morococha es UTC/GMT-5.



Figura 1. Ubicación geográfica de Morococha. Foto del poblado de Morococha Nueva. El poblado de Morococha y el área del Proyecto Toromochó, se encuentran intensamente alteradas por las actividades mineras previas. El área está atravesada por numerosos caminos y la fisiografía local se encuentra modificada por un gran número de desbroces y labores mineras (galerías subterráneas). Acompañan estas labores varios desechos mineros que incluyen: desmontes, relaves y chatarra. El poblado de Morococha está constituido por dos sectores bien definidos Morococha Antigua y Morococha Nueva. Una zona plano-ondulada fluvio-glaciar está limitada por alineamientos montañosos. Hacia el fondo se aprecia parte de las cumbres de la Cordillera Occidental con ligera cobertura de nieve

La zona por estar a una altitud por encima de los 4500 m presenta un clima montañoso típico de ambientes ubicados a grandes alturas como la sierra del Perú, caracterizado por ser frío y seco, y por presentar dos temporadas claramente definidas: la época de **lluvias** (octubre y marzo) y la época seca al resto de meses del año. La temperatura media anual es de 8,0°C. Los meses con valores más altos de **temperatura** son mayo, julio, agosto y noviembre; máxima mensual promedio mayor a 12°C. Los meses con menores temperaturas son junio, julio y agosto, con medias mínimas mensuales de -2°C en promedio. **La humedad relativa** entre 54,4% y 74,8% (lluvias) y valores promedio entre 43,9% y 68,5% (seca). Las **precipitaciones** son abundantes durante los meses de enero y febrero (valores entre 88,4 y 132,3 mm). La estación meteorológica más cercana es Casapalca, ubicada a 10.73 km del campamento.

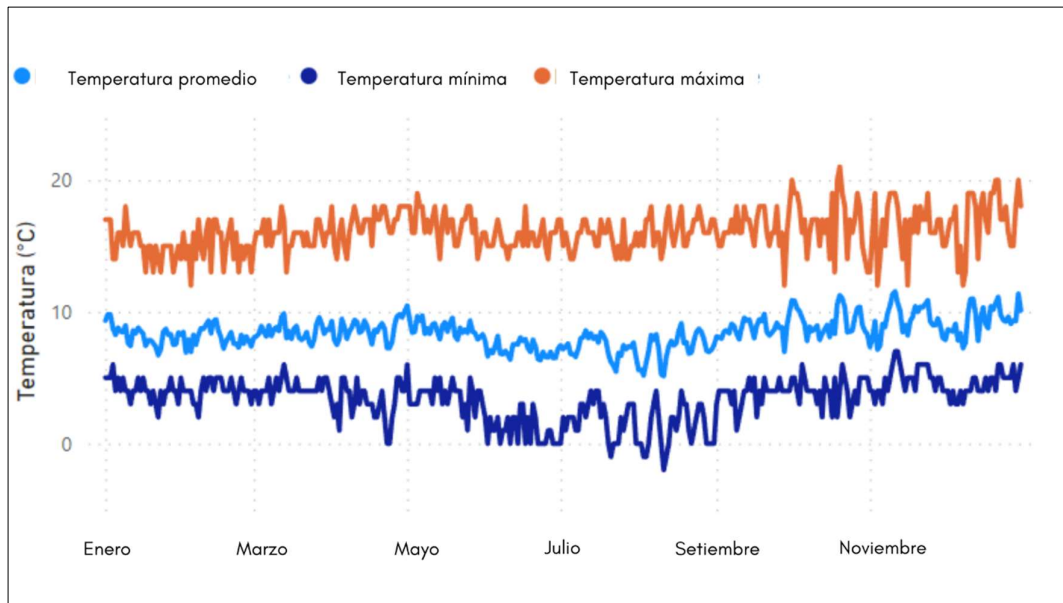


Fig. 1 Variación de la temperatura media, mínima, y máxima a lo largo de un año de diseño

2.2. Acceso a energía

Morococha tiene acceso a electricidad, cuenta con un alto potencial solar y está ubicada en una región geotermal. Dentro de su infraestructura eléctrica, pertenece a la línea de transmisión L-6529 con nombre LT Pachachaca – Morococha. Esta línea es de una tensión nominal de 50 Kv. En la parte solar, tiene una radiación horizontal global promedio anual entre 5 a 5.5 kWh/m²/día. En la parte geotérmica, pertenece a la región geotérmica Central, y cuenta con yacimientos geotérmicos con temperaturas menores a 60 °C. La fuente geotermal más cercana se encuentra ubicada a 25.5 km de Morococha y está identificada con el nombre de San Mateo.

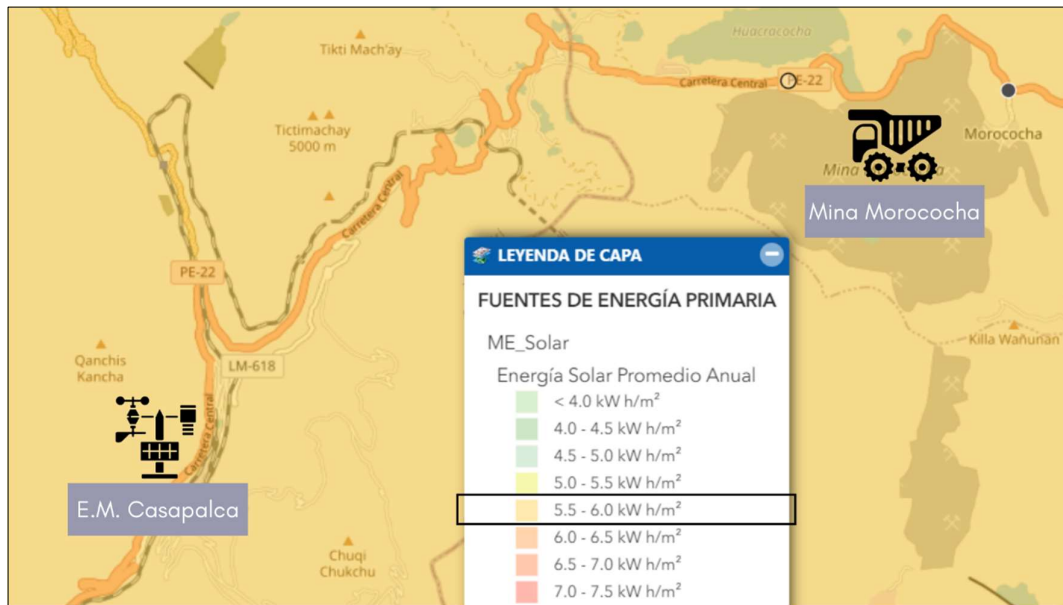


Figura 2. Mapa energético de Morococha. Mapa energético del Perú donde se muestra la radiación solar, y rutas de transmisión eléctrica.

2.3. Distribución de campamento minero de estudio

Los campamentos mineros son asentamientos ubicados en zonas con escasa población rural, destinados a albergar personas en tránsito para una actividad de carácter provisional; grupos humanos conformados por profesionales, funcionarios y trabajadores mineros, que no solo se encuentran aislados geográficamente, sino que viven en ámbitos sociales segregados. De los 570 proyectos mineros que se encuentran en etapa de producción, el 52.45% se encuentra ubicado en la sierra del Perú, mientras que el 28.60% y 18.95% se encuentran en la costa y selva respectivamente (MINEM, 2015).

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2014) publicó, en la norma EM 110 del Reglamento Nacional de Construcción, el Mapa de Clasificación Climática para el Diseño en el Perú. El mapa se encuentra dividido en 9 zonas que se encuentran caracterizadas climáticamente; cada una de ellas cuenta con recomendaciones generales para un diseño bioclimático con eficiencia energética (Figura 2). Se precisa que, al tratarse de recomendaciones generales que agrupan diversos microclimas y geografías del Perú, la información proporcionada por la norma EM 110 (MVCS, 2014) se ha considerado como “dato base” que ha sido utilizado a criterio de las investigadoras para la propuesta de recomendaciones de diseño específicas para el confort interno de los campamentos mineros estudiados.

El modelo de “Campamentos exclusivos para trabajadores en zonas alejadas” surge a partir de la década de los 90’, con la promulgación de la Ley General de minería (Decreto Supremo N° 014-92-EM, 1992). Esto propició un cambio en la generación de viviendas para los trabajadores y la reformulación del concepto de campamentos mineros, de acuerdo a nuevos sistemas de subcontratación y regímenes excepcionales de trabajo. Esta política intenta erradicar directamente la acostumbrada dependencia social entre la empresa y la sociedad civil.

El campamento se ha transformado en un gran conjunto de edificios que incorporan todos los programas en una o varias estructuras continuas con sistemas constructivos prefabricados, modulares o mixtos. La solución habitacional para los trabajadores mineros puede tener más de una tipología de vivienda, en el presente trabajo se analizan específicamente los campamentos exclusivos para los trabajadores en zonas alejadas, por ser el tipo de vivienda que más demandan las empresas mineras en la actualidad y que menor regulación tienen en cuanto a su diseño arquitectónico por carecer de revisiones técnicas del Colegio de Arquitectos del Perú (CAP) debido a que no están insertos en una zona urbanizada.

En el Perú no existe una reglamentación específica para el diseño de campamentos mineros que tenga en consideración el confort del trabajador. En el Decreto Supremo N°055-2010-EM (2010), Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, así como en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2020), no se precisan a detalle las consideraciones necesarias que garanticen un diseño adecuado de este tipo de infraestructuras.

El campamento Tunshuruco se encuentra localizado a 5,81 km de la población más cercana (Yauli) y a 6,72 km de la operación minera a 4,700 msnm en el departamento de Junín. El proyecto se encuentra ubicado en la zona climática 4 denominada “Mesoandino”, equivalente en la clasificación Köppen a Dwb. El campamento tiene la capacidad de albergar a 3864 personas en módulos prefabricados de hasta tres niveles. El clima de la zona analizada es frío con otoño, invierno y primavera secos. Cuenta con un alto grado de radiación, de 4,5 kW/m² a 6,5 kWh/m², e intensidades de viento variables, así como sus direcciones. La orientación más frecuente es la noreste (90%) con una velocidad promedio de 6.72 m/s mientras por el norte (10%) con 2.19 m/s. En ningún periodo del año el clima se encuentra dentro de la zona de confort (ábaco psicrométrico), las temperaturas tienen una alta oscilación térmica entre el día y la noche de más 15 °C, llegando hasta -2.3 °C en las madrugadas. La temperatura máxima media reportada es de 16.7 °C, con una humedad relativa de 65.9%. Se observa también una variación en la humedad, pero en este caso solo de un 10% a 20%. La diferencia de temperatura y humedad entre estaciones no es tan marcada, se observa un clima de constante frío en la zona.

Es importante elegir materiales con una adecuada transmitancia térmica y que se encuentren correctamente aislados. Actualmente los materiales con propiedades de aislamiento térmico más utilizados en los módulos prefabricados son las espumas plásticas que derivan del petróleo, entre ellas el poliestireno y el poliuretano. Sería recomendable utilizar lanas minerales para este fin, como la lana de roca, derivada de la roca volcánica, y la fibra de vidrio, como su nombre lo indica derivada de filamentos de vidrio. Estos materiales son más respetuosos con el medio ambiente por su naturaleza: 100% reciclables, buenas prestaciones térmicas 0.033 W/m² °C, acústicas e ignífugas.

En el estudio se observaron problemas de este tipo debido a la reutilización de módulos entre proyectos mineros. Ciertos módulos estandarizados no cuentan con la inclinación necesaria para el correcto funcionamiento del mismo y se ven en la necesidad de realizar modificaciones temporales (colocar plásticos en los techos y generar pendientes “artificiales”) en periodos de lluvia. Se enfatiza la necesidad de realizar proyectos personalizados y específicos para los diversos climas y geografías. Con respecto a los acabados interiores del piso se recomiendan materiales aislantes como la alfombra que tiene la capacidad de absorber la energía solar que ingresa por la ventana para poder así ceder el calor ganado en la noche, y permite a los trabajadores poder caminar libremente por sus dormitorios sin zapatos. El uso de la alfombra permite también transitar libremente por los pasadizos sin generar ruidos molestos a los trabajadores que se encuentran descansando. Otro material recomendado es el piso de PVC o suelo vinílico al interior de las habitaciones. Este material tiene como características la impermeabilidad, abrasión y fácil limpieza.

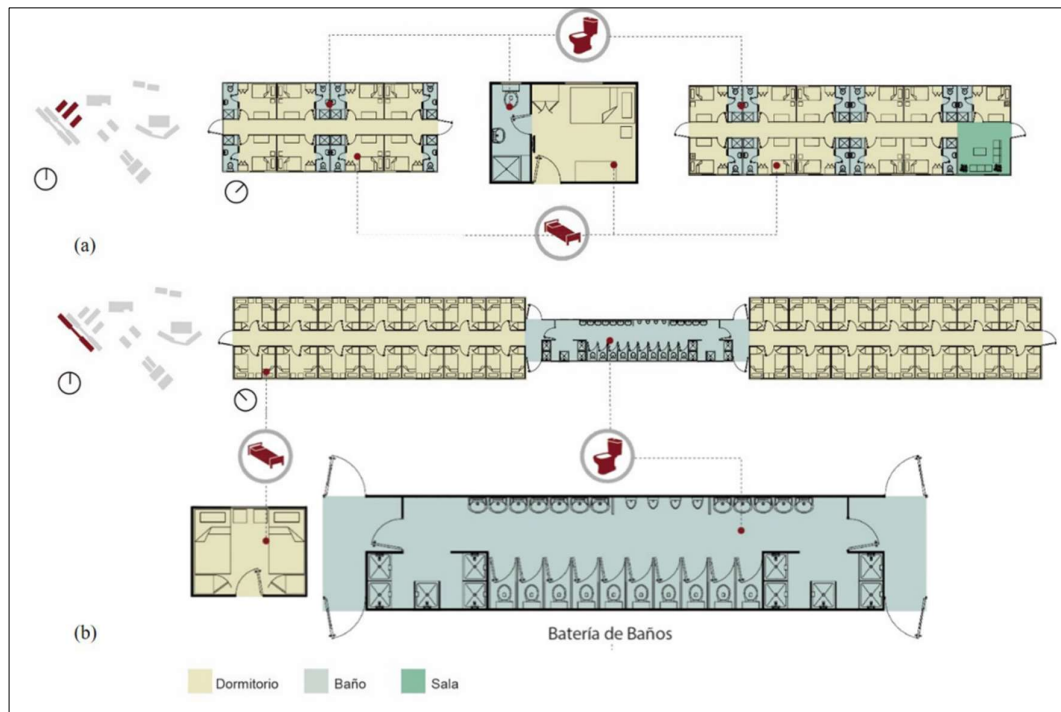


Figura 6. Planta típica de pabellones para (a) ingenieros y (b) técnicos del campamento minero Las Lomas

2.4. Costo actual sin sistema de energía solar térmica

Se hizo un cálculo del costo actual del sistema para un sistema que no contaba con la parte solar. Se tomó como costo de electricidad 0.7282 s/. / kWh. Se tiene un costo total anual para ACS y calefacción de 16 K soles.

Mes	Demanda	ACS	Costo
	[kWh]	[kWh]	[soles]
Enero	0	1339.21144	1339.21144
Febrero	0	1208.33625	1208.33625
Marzo	0	1338.6472	1338.6472
Abril	0	1300.92537	1300.92537
Mayo	7.941052	1371.93706	1379.87811
Junio	65.39029	1355.52875	1420.91904
Julio	61.98888	1412.56197	1474.55085
Agosto	14.70626	1383.50387	1398.21013
Setiembre	0	1308.02381	1308.02381
Octubre	0	1320.02745	1320.02745
Noviembre	0	1275.80782	1275.80782
Diciembre	0	1319.1811	1319.1811
TOTAL			16083.7186

III. Memoria de cálculo

3.1. Viabilidad de sistema de calefacción solar

Se realiza un análisis de desempeño térmico del sistema de calefacción para investigar la viabilidad de implementar un sistema de calefacción solar. Para ello en base a la demanda, se analiza la oferta solar según el tipo de colector elegido, y se estima los ahorros económicos a lo largo del año. Se usa el f-chart método para hacer un estudio de viabilidad económica.

El método F- Chart es una herramienta para estimar el desempeño promedio a largo plazo de un sistema solar-térmico. También es usado para evaluar el comportamiento de colectores solares. El objetivo del método es obtener la curva f y estimar el desempeño de un colector solar. La curva f representa la fracción de carga calorífica mensual transformada a partir de energía solar, y, está definida en función de dos parámetros: la energía absorbida (ganancia) y la pérdida por reflexión en el colector solar.

El método F- Chart se describe en el siguiente algoritmo:

- Estimación de la carga calorífica.
- Determinación de la energía absorbida y perdida en el colector.
- Cálculo de la ganancia total.
- Cálculo de pérdidas totales.
- Gráfica de f.

- Determinación de cobertura solar mensual.
- Determinación de cobertura solar anual

A. Estimación de la carga calorífica

Se define la carga calorífica (Q_a) como la cantidad de calor mensual que se necesita para calentar agua (ecuación 1)

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

- Q_a : Carga calorífica mensual de calentamiento de agua (J/mes).
- C_e : Calor específico del líquido calo-conductor en el proceso de intercambio de calor. En caso de agua su valor es de 4187 (J /kg°C).
- C: Consumo diario de agua (l / día) [litros por día].
- N: Número de días del mes.
- t_{ac} : Temperatura del agua caliente de acumulación (°C).
- t_r : Temperatura del agua de red (°C)

Para el caso de la minera, se requiere agua para alimentar la demanda de agua caliente sanitaria, y agua para alimentar el sistema de calefacción. Se tomaron las siguientes consideraciones para el cálculo:

- Consumo de agua diario por persona es de 28 litros [1].
- Número total de personas de 28
- La demanda de calefacción mensual

Tabla 1. Demanda de energía mensual de ACS y calefacción

Mes	Días	ACS [m3]	T_red [°C]	Calefacción [kWh]	ACS [kWh]	Total [kWh]
Enero	31	24.304	12.53	0	1339.21	1523.43
Febrero	28	21.952	12.58	0	1208.33	1350.52
Marzo	31	24.304	12.55	0	1338.64	1438.79
Abril	30	23.52	12.35	0	1300.92	1337.78
Mayo	31	24.304	11.37	7.94	1371.93	1362.10
Junio	30	23.52	10.35	65.39	1355.52	1348.56
Julio	31	24.304	9.93	61.98	1412.56	1359.72
Agosto	31	24.304	10.96	14.70	1383.50	1340.65
Setiembre	30	23.52	12.09	0	1308.02	1310.48
Octubre	31	24.304	13.21	0	1320.02	1382.37
Noviembre	30	23.52	13.27	0	1275.80	1392.38
Diciembre	31	24.304	13.24	0	1319.18	1523.43
Total				150.03	15933.69	16670.27

B. Determinación de energía absorbida por el colector y pérdida de este.

$$E_a = S_c * F_r(\tau\alpha) * R_1 * N$$

Teniendo en cuenta que:

- S_c : Superficie del captador (m^2).
- $F_r(\tau\alpha)$: Producto de la transmitancia por la absorbancia del colector y el factor de transporte, equivalente a 1. En este factor ya interviene tanto la eficiencia óptica del captador, como las constantes por modificación del ángulo de incidencia, además del factor captador intercambiador.
- R_1 : Radiación diaria media mensual incidente en la superficie de captación del colector solar (kJ/m^2).
- N : Número de días del mes.

	N	R1 [MJ/m2]	K	E_a [MJ/m2]
Mes		Tablas	Tablas	0.94 HcK
Enero	31	12.97	1.06	14.15
Feb	28	12.29	1.04	13.15
Mar	31	11.63	1.01	12.09
Abr	30	7.89	0.98	7.96
May	31	7.73	0.96	7.64
Jun	30	6.12	0.95	5.98
Jul	31	6.07	0.96	6.00
Ago	31	6.41	0.98	6.46
Set	30	10.32	1.02	10.83
Oct	31	11.044	1.05	11.93
Nov	30	12.544	1.07	13.81
Dic	31	10.75	1.07	11.84

La energía que se pierde en el colector (E_p), se determina por medio de la ecuación

$$E_p = S_c * F_r U_L * (100 - t_n) * \Delta t * K_1 * K_2$$

- $SScc$: Superficie útil del captador (m^2).
- $F_r U_L$: Factor de eficiencia del intercambiador de calor del colector solar llamado coeficiente global de pérdidas del captador. Además, el valor de este factor viene asociado intrínsecamente a un factor de disipación de calor. (%)
- t_n : Temperatura mensual media del ambiente. ($^{\circ}C$).
- Δt : Período de tiempo, considerando que funciona las 24h/día. (s)
- $KK1$: Factor de corrección debido al almacenamiento.
- $KK2$: Factor de corrección para el agua caliente, en donde se relaciona la temperatura mínima de ésta con el agua de la red usada y también la temperatura media mensual del ambiente.

Tabla 2 Datos del colector solar

Descripción	Valor
Superficie del captador S_c (m ²)	2.4
Temperatura almacenamiento t_c (°C)	60
Factor de pérdidas (W/m.K)	4.89
Rendimiento del colector (η_{a0})	0.69

Mes	I [W/m ²]	t_a [°C]	E_p [%] Pérdidas
Enero	(E/N) 277.78	Tablas	100 U ($t_c - t_a$)/I
Febrero	491.22	12.53	33.63
Marzo	405.94	12.58	40.65
Abril	373.06	12.55	44.26
Mayo	232.65	12.35	71.28
Junio	223.28	11.37	75.79
Julio	174.93	10.35	98.77
Agosto	175.33	9.93	99.38
Setiembre	189.01	10.95	90.31
Octubre	334.31	12.09	49.87
Noviembre	368.29	13.22	44.20
Diciembre	479.56	13.27	33.91

C. Determinación de cobertura solar anual

La relación entre la sumatoria de las coberturas solares mensuales y la sumatoria de la demanda de cargas caloríficas determina la cobertura solar anual del colector como se muestra en la ecuación

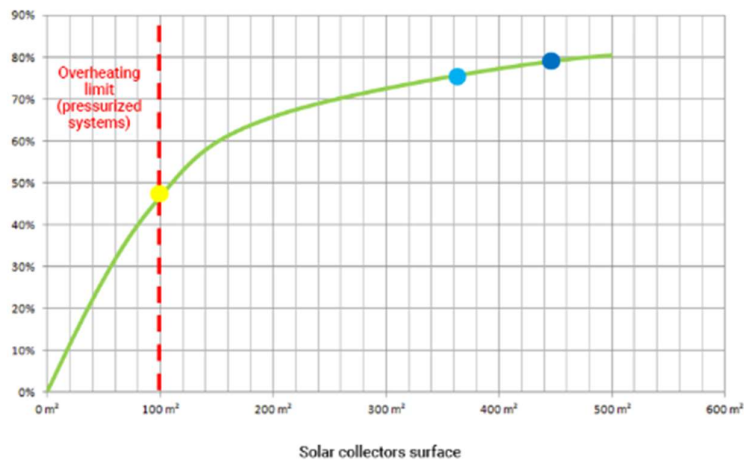
$$\text{Cobertura solar anual} = \frac{\sum_1^{12} Q_m}{\sum_1^{12} Q_a}$$

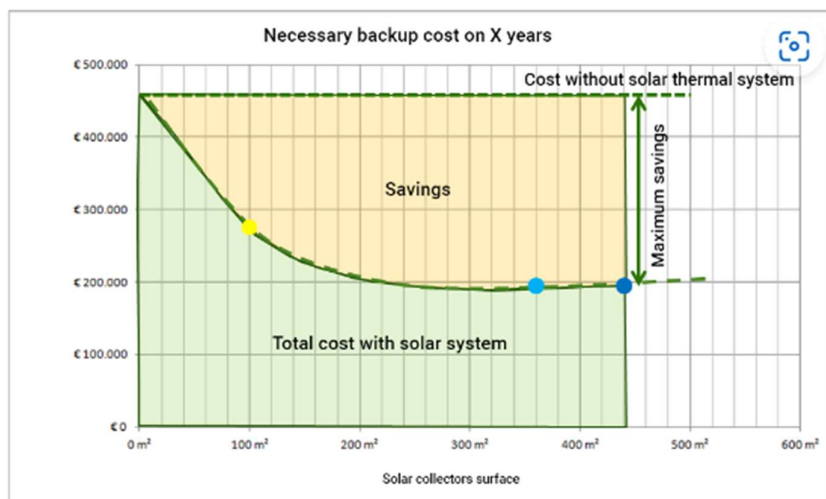
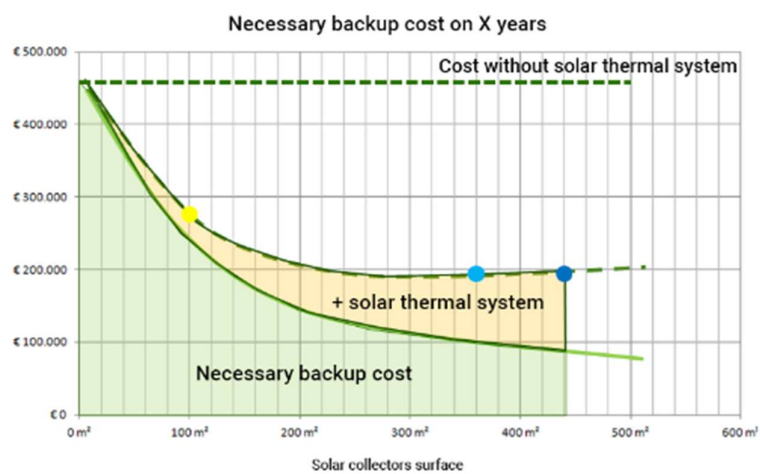
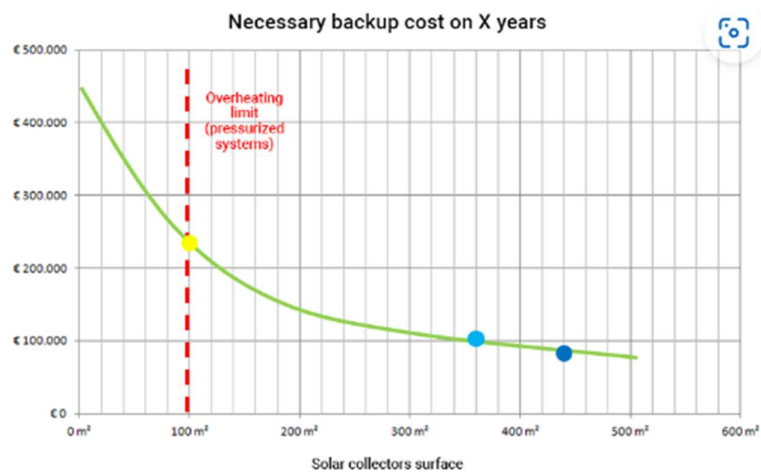
Mes	Fracción solar [%]
	[E_t/Q_m] 100
Enero	49.69213688
Febrero	29.87886686
Marzo	25.87184638
Abril	4.525808084
Mayo	1.948171144
Junio	-10.26668259
Julio	-32.53084477
Agosto	-18.79231105
Setiembre	41.38968589
Octubre	26.62933643
Noviembre	38.28922369

Según la IDEA, una instalación solar debe requerir como mínimo el 70 % de fracción solar para que sea factible (Guía ASIT de la Energía Solar Térmica, 2010). En base al cálculo estimado, el factor solar en el sistema representa el 70% [2], así como no puede superar más del 100% de fracción solar más de tres meses

Nombre de capteurs	Surface de capteurs solaires	Production solaire	Fraction solaire	Nombre de capteurs	Surface de capteurs solaires	Production solaire	Fraction solaire
4	10,08 m ²	538 kWh/m ² .an	4,7%	104	262,08 m ²	314 kWh/m ² .an	70,8%
8	20,16 m ²	566 kWh/m ² .an	9,8%	108	272,16 m ²	305 kWh/m ² .an	71,4%
12	30,24 m ²	581 kWh/m ² .an	15,1%	112	282,24 m ²	297 kWh/m ² .an	72,0%
16	40,32 m ²	595 kWh/m ² .an	20,6%	116	292,32 m ²	289 kWh/m ² .an	72,6%
20	50,40 m ²	574 kWh/m ² .an	24,9%	120	302,40 m ²	281 kWh/m ² .an	73,1%
24	60,48 m ²	571 kWh/m ² .an	29,7%	124	312,48 m ²	275 kWh/m ² .an	73,9%
28	70,56 m ²	564 kWh/m ² .an	34,2%	128	322,56 m ²	268 kWh/m ² .an	74,4%
32	80,64 m ²	562 kWh/m ² .an	39,0%	132	332,64 m ²	262 kWh/m ² .an	74,8%
36	90,72 m ²	543 kWh/m ² .an	42,4%	136	342,72 m ²	255 kWh/m ² .an	75,2%
40	100,80 m ²	524 kWh/m ² .an	45,4%	140	352,80 m ²	249 kWh/m ² .an	75,6%
44	110,88 m ²	515 kWh/m ² .an	49,1%	144	362,88 m ²	244 kWh/m ² .an	76,2%
48	120,96 m ²	496 kWh/m ² .an	51,6%	148	372,96 m ²	239 kWh/m ² .an	76,6%
52	131,04 m ²	482 kWh/m ² .an	54,2%	152	383,04 m ²	234 kWh/m ² .an	76,9%
56	141,12 m ²	463 kWh/m ² .an	56,2%	156	393,12 m ²	229 kWh/m ² .an	77,3%
60	151,20 m ²	446 kWh/m ² .an	57,9%	160	403,20 m ²	224 kWh/m ² .an	77,6%
64	161,28 m ²	433 kWh/m ² .an	60,1%	164	413,28 m ²	219 kWh/m ² .an	77,9%
68	171,36 m ²	418 kWh/m ² .an	61,5%	168	423,36 m ²	215 kWh/m ² .an	78,2%
72	181,44 m ²	403 kWh/m ² .an	62,8%	172	433,44 m ²	211 kWh/m ² .an	78,5%
76	191,52 m ²	391 kWh/m ² .an	64,4%	176	443,52 m ²	207 kWh/m ² .an	78,9%
80	201,60 m ²	378 kWh/m ² .an	65,4%	180	453,60 m ²	203 kWh/m ² .an	79,2%
84	211,68 m ²	366 kWh/m ² .an	66,5%	184	463,68 m ²	199 kWh/m ² .an	79,5%
88	221,76 m ²	354 kWh/m ² .an	67,4%	188	473,76 m ²	196 kWh/m ² .an	79,7%
92	231,84 m ²	343 kWh/m ² .an	68,3%	192	483,84 m ²	192 kWh/m ² .an	80,0%
96	241,92 m ²	332 kWh/m ² .an	69,0%	196	493,92 m ²	189 kWh/m ² .an	80,2%
100	252,00 m ²	322 kWh/m ² .an	69,7%	200	504,00 m ²	186 kWh/m ² .an	80,4%

Annual solar fraction





3.2. Esquema del sistema de calefacción

El esquema de sistema de calefacción propuesto se representa en la figura. Está compuesto de un circuito primario compuesto por un colector solar de tubos concéntricos. El circuito primario esta alimentada por agua glicolizada, de las cuales sus propiedades se muestran en la tabla XX. La energía solar captada se acumula en un tanque de agua. De este tanque de agua, se usa la energía para el sistema de agua caliente sanitaria (ACS), y para el sistema de calefacción de suelo radiante. En el circuito secundario, se tiene un sistema cerrado sellado, con la configuración “S”. Usa dos válvulas motorizadas, uno para dirigir el agua a través del sistema de calefacción, y el otro para dirigirlo sobre el cilindro de calentamiento de agua. La operación de las dos válvulas (abierta o cerrada) será basado en la demanda de calor, la cual es controlada por los controladores de tiempo y temperatura de los sistemas.

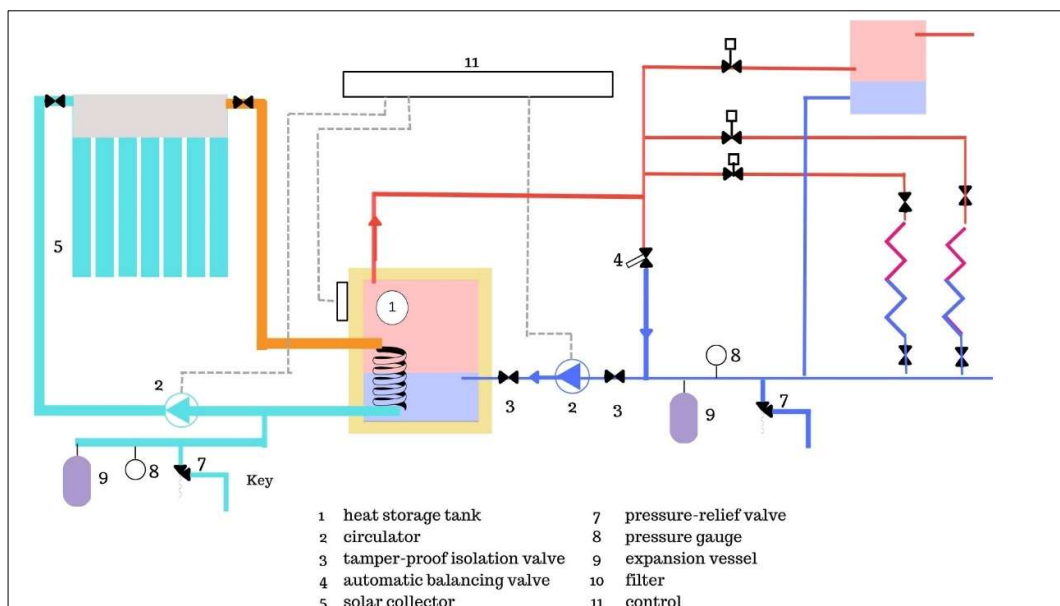


Fig. 2 Esquema de sistema de calefacción

El primer análisis que se realiza es la fracción solar que cubriría un sistema de calefacción, y cuáles serían los ahorros totales. Para el dimensionamiento de los equipos, se inicia calculando la demanda de ACS y calefacción. En base a ello se define el número de colectores. Con las características de los colectores se estima flujo másico y tamaños del almacenador térmico. Finalmente, se define el tamaño del tanque de ACS y el suelo radiante.

IV. Anexos

Latitud = 12°

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	1.03	1.02	1.01	1	.98	.98	.98	1	1.01	1.03	1.04	1.04
10	1.06	1.04	1.01	.98	.96	.95	.96	.98	1.02	1.05	1.07	1.07
15	1.08	1.05	1.01	.97	.93	.92	.93	.96	1.01	1.06	1.09	1.1
20	1.09	1.05	1	.94	.89	.87	.89	.94	1	1.07	1.11	1.12
25	1.1	1.05	.98	.91	.85	.83	.85	.91	.99	1.07	1.12	1.13
30	1.1	1.04	.96	.87	.8	.77	.8	.87	.96	1.06	1.12	1.13
35	1.09	1.02	.93	.83	.75	.72	.74	.82	.94	1.05	1.12	1.13
40	1.08	1	.9	.78	.69	.65	.68	.77	.9	1.02	1.11	1.12
45	1.06	.97	.86	.73	.63	.58	.62	.72	.86	.99	1.09	1.1
50	1.03	.94	.81	.67	.56	.51	.55	.66	.81	.96	1.06	1.08
55	1	.9	.76	.61	.49	.44	.48	.6	.76	.92	1.03	1.05
60	.96	.85	.7	.54	.41	.36	.4	.53	.7	.87	.99	1.01
65	.91	.8	.64	.47	.34	.28	.33	.46	.63	.82	.94	.97
70	.86	.74	.58	.4	.26	.2	.25	.38	.57	.76	.89	.92
75	.81	.68	.51	.33	.18	.12	.17	.3	.5	.69	.83	.87
80	.74	.62	.44	.25	.11	.1	.09	.23	.42	.62	.77	.81
85	.68	.55	.37	.17	.1	.09	.09	.15	.35	.55	.7	.74
90	.61	.48	.29	.11	.09	.08	.08	.08	.27	.48	.63	.67

QR - D

Dimensiones y Pesos

Largo Total	1.900 mm
Ancho Total	1.090 mm
Fondo	90 mm
Área Total	2,10 m ²
Área de Apertura	1,87 m ²
Área del Absorbedor	1,77 m ²

Peso en vacío	31 Kg
Capacidad del fluido	1,2 l
Fluido caloportador	agua ó agua glicolada
T° de estancamiento	165 °C
Flexión máxima del captador	1.000 Pa



Presiones de prueba y caudal recomendado

Presión de timbre	14 bar
Presión máxima de trabajo	10 bar
Caudal recomendado	45 l/h·m ²
Caída de presión (mm c.a.)	3,0·q ² +3,95·q ¹ (l/min)

Calidades de fabricación

- Absorbedor:** Alata de aluminio soldada por láser a parrilla de conductos de cobre. Recubrimiento de pintura solar selectiva. Absortividad 0,95 y Emisividad 0,45
- Aislamiento:** Capa de poliuretano rígido inyectado de 25 mm de espesor.
- Vidrio Solar:** Panel único de vidrio solar de 3,2mm de espesor rodeado por una junta de goma de EPDM.
- Parrilla de tubos:** Cobre de 8mm de diametro conectada a tuberías colectoras de 22mm
- Dorso:** Polipropileno negro moldeado.
- Lamina de aluminio:** Adherida al aislamiento actúa como barrera contra pérdidas de calor por el dorso del captador.
- Carcasa:** Acero Galvanizado lacado epoxidicamente en gris.
- Conexiones roscadas:** Conexiones hembra roscadas de 3/4" de bronce



Curva de rendimiento térmico y certificaciones

$\eta_0 = 69,6 \%$
 $k1 = 4,821 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
 $k2 = 0,015 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}^2$



Figura de la curva de eficiencia térmica promedio. Datos medidos en el ensayo respecto al área de apertura y la temperatura media del fluido.
Average thermal efficiency curve for the collector area to the test regarding aperture area and fluid mean temperature of the plate.

