

o Memoria Técnica .....	4
* Antecedentes .....	4
* Instalación solar térmica .....	5
* Circuitos hidráulicos .....	6
* Eficiencia energética .....	6
* Captadores solares de placa plana .....	9
✓ Funcionalidad .....	9
✓ Selección .....	9
✓ Características Técnicas .....	9
✓ Rendimiento .....	11
✓ Orientación e inclinación .....	12
✓ Determinación de sombras .....	12
✓ Dimensionado del campo de captadores. Programa Censol5 .....	13
▪ Gráficos de necesidades energéticas .....	14
▪ Temperaturas de consumo y acumulación .....	15
▪ Concentración de anticongelante .....	16
▪ Calor específico .....	17
▪ Consumo (MJ/año) .....	17
▪ Rendimiento .....	19
▪ Energía útil (MJ/m <sup>2</sup> ) .....	20
▪ Superficie captadora .....	20
▪ Energía útil (MJ/año) .....	20
▪ Fracción solar (%) .....	20
▪ Déficit energético (MJ/año) .....	21
▪ Ahorro de energía (euros) .....	21
▪ Cobertura media a lo largo del año .....	22
✓ Resumen de resultados .....	22
✓ Certificados de Calidad .....	23
✓ Conexionado .....	23
* Estructura para soporte y anclaje .....	24
* Fluido caloportador .....	24
✓ Composición .....	24
✓ Caudal .....	24
✓ Propiedades del propilenglicol (anticongelante) .....	25
▪ Viscosidad .....	25
▪ Densidad y peso específico .....	26
▪ Toxicidad .....	26
▪ Estabilidad .....	26
▪ Temperatura de ebullición .....	27
✓ Protección contra la ebullición .....	27
* Tuberías .....	28
✓ Material .....	28
✓ Trazado .....	28
✓ Longitud de tuberías .....	28
✓ Marcado exigible .....	28
✓ Diámetro interior de la tubería .....	28
✓ Espesor de la tubería y resistencia .....	29

Acumulador solar .....	30
✓ Dimensionado .....	30
✓ Características técnicas .....	31
✓ Grupo de seguridad .....	32
* Intercambiador de serpentín .....	33
✓ Dimensionado .....	33
▪ Superficie de intercambio y longitud de tubo .....	33
▪ Distancia entre espiras .....	33
✓ Rendimiento .....	33
* Vaso de expansión cerrado .....	34
✓ Dimensionado .....	35
✓ Selección .....	35
* Calentador de gas con regulador de potencia .....	36
* Válvulas y elementos de seguridad .....	36
✓ Válvula anti-retorno .....	36
✓ Válvula de seguridad .....	37
✓ Embudo de desagüe .....	37
✓ Válvula de regulación, de corte, de cierre o de paso .....	38
▪ Válvulas de cierre total, válvulas de bola .....	38
▪ Válvulas de cierre parcial, válvulas de asiento .....	38
✓ Válvula de vaciado .....	39
✓ Válvula de llenado automático .....	39
✓ Purgador de aire .....	39
✓ Botellín de desaireación .....	39
✓ Filtros .....	39
✓ Válvula termostática .....	40
✓ Dilatadores y abrazaderas .....	40
* Aparatos de medición y control .....	41
✓ Sensores de temperatura .....	41
✓ Caudalímetro .....	41
✓ Manómetro .....	41
✓ Reguladores R1 y R2 .....	41
* Pérdidas de carga .....	42
✓ Pérdidas de carga longitudinales en la tubería .....	42
✓ Pérdidas de carga locales o singulares .....	43
▪ Pérdidas de carga en los captadores .....	43
▪ Pérdidas de carga resto de componentes .....	43
▪ Coeficientes de corrección .....	45
✓ Pérdidas de carga totales en circuito primario y secundario .....	46
* Electrocirculador .....	46
✓ Dimensionado .....	47
✓ Elección del modelo .....	48
✓ Características técnicas .....	48
* Aislamiento .....	49
✓ Captador .....	49
✓ Tuberías .....	49
✓ Acumulador .....	49

○ Presupuesto .....	50
* Material solar .....	50
* Material hidráulico .....	50
* Material eléctrico y gas .....	51
* Mano de obra .....	51
* Gastos de instalación .....	51
* Total presupuesto .....	51
○ Rentabilidad económica .....	52
* Datos económicos .....	52
* Ahorro anual .....	52
* Tiempo de retorno de la inversión .....	53
* Tasa de rentabilidad interna .....	54
* Cuadro de amortización .....	55
* Beneficio neto acumulado .....	55
* Programa Censol5 .....	56
○ Planos .....	57
○ Pliego de condiciones técnicas .....	60
* Descripción de las obras .....	60
* Condiciones que deben satisfacer los materiales .....	61
* Ejecución de las obras .....	61
* Mediciones y valoraciones .....	62
○ Mantenimiento .....	63
* Medidas de seguridad contra la congelación en invierno .....	63
* Operaciones de inspección por personal especializado .....	63
* Causas de no conformidades .....	64
* Operaciones de mantenimiento a realizar por el usuario .....	65
○ Condiciones generales de venta .....	66
* Generalidades .....	66
* Propiedad intelectual y variaciones técnicas .....	66
* Pedido .....	66
* Plazos de entrega .....	66
* Precios .....	66
* Condiciones de pago .....	66
* Reserva de dominio y prohibición de disponer .....	67
* Arbitraje .....	67
* Sumisión a jurisdicción y competencia .....	67
○ Bibliografía .....	67

---

## *Antecedentes*

---

Se desea dotar de un sistema de calentamiento de agua para uso doméstico a una vivienda unifamiliar situada en las afueras de la ciudad de Salamanca, habitada permanentemente por una familia compuesta por los padres, cuatro hijos con edades comprendidas entre los dos y los diez años, y uno de los abuelos. Durante los meses de julio y agosto suelen venir otros tres familiares más.

La casa, de dos plantas, es de reciente construcción y dispone de una azotea plana de 9 x 8 metros en la cual existe un cuarto que se usa como trastero y en el que podrían instalarse el acumulador solar y un pequeño acumulador auxiliar en serie con el primero. No existen obstáculos que puedan proyectar sombras sobre los captadores. Todas las fincas colindantes no tienen construcciones de viviendas, ni árboles u objetos, que puedan producir sombras sobre la azotea donde vamos a colocar los captadores y las normativas municipales actuales no permiten mayores alturas de edificación de los dos pisos que ya poseen estas viviendas.

El acumulador auxiliar (nunca el acumulador solar principal) llevará una resistencia eléctrica de poca potencia, que se conectará automáticamente cuando la energía solar no sea, por sí sola, suficiente para garantizar una temperatura mínima del agua de 40 °C. Se ha realizado un estudio por un técnico competente sobre las cargas resistivas del edificio para soportar el peso de los acumuladores, bombas, captadores y sus soportes, ..., y la propia resistencia del edificio a agentes meteorológicos y el viento. Los resultados han sido satisfactorios.

La decisión tomada es la de instalar, para el calentamiento del agua caliente sanitaria, un sistema de aprovechamiento de energía solar térmica que tiene las siguientes ventajas:

- La comodidad y autonomía que proporciona, al no depender de los suministros energéticos tradicionales, los cuales pueden tener posibles problemas para el abastecimiento, interrupciones, etc. y el riesgo de fugas, incendios, deflagraciones, etc. Evitamos también variación de precio de compra.
- La satisfacción de contribuir a frenar el deterioro ecológico, consumiendo una energía limpia. Como término medio, un m<sup>2</sup> de captador solar térmico es capaz de evitar la emisión a la atmósfera de una tonelada de CO<sub>2</sub> al año. La generación de energía con sistemas convencionales posee unos costes ambientales muy importantes (emisiones de CO<sub>2</sub>, cambio climático, vertidos, residuos nucleares, lluvia ácida, etc.)
- La posibilidad de controlar la energía que consume y el poder comprobar el buen funcionamiento del equipo fácilmente.

Principales inconvenientes, con sus contrapartidas:

- Alto coste de la inversión inicial, pero se amortiza con el ahorro energético. Su coste de funcionamiento durante los más de 20 de años de vida útil de la instalación será irrelevante comparado con el de compra de combustible o electricidad y el mayor coste de reparaciones, mantenimiento, etc. asociados al sistema convencional.
- Se precisa que la instalación sea compatible con el sistema convencional, si éste existe ya, y a veces resulta problemático su montaje como consecuencia de su falta de previsión a nivel de proyecto. En este proyecto no tenemos este problema ya que se va a realizar una nueva instalación.
- No se abastece siempre las necesidades energéticas con energía solar, sino que se necesita de un sistema auxiliar para días nublados, que habitualmente suele ser gasoil, gas o electricidad. Se considera que el porcentaje de cubrimiento anual del A.C.S. con energía solar es aproximadamente del 60%; si pusiéramos más captadores para que fuera del 100% todo el año, la inversión inicial podría no ser amortizable; y eligiendo un captador que en invierno tenga un rendimiento del 100% puede suponer que en verano se llegue a temperaturas excesivas, lo que acortaría sensiblemente la vida útil del sistema y produciría más averías.

- Se distinguen tres circuitos:

**Circuito primario:** El circuito por donde pasa el fluido caloportador es el que atraviesa los captadores y comprende: los captadores, el interacumulador y la red de tuberías y accesorios que unen a ambos. En este circuito el fluido de trabajo recoge la energía térmica de los captadores y la transmite a través de un intercambiador al acumulador solar. La ventaja de usar intercambiador es que se puede utilizar anticongelante, ya que no se mezcla con el agua de consumo.

**Circuito secundario:** va de los acumuladores solar y auxiliar a la válvula de tres vías. Hay siempre una diferencia de temperatura entre el circuito primario y secundario de 3 a 10 ° C.

La presión del circuito primario siempre debe ser inferior a la del secundario, de modo que si hay ruptura o fisuras y ambos circuitos se comunican, el agua con anticongelante del circuito primario no se mezclará con el agua caliente sanitaria de consumo, evitando su contaminación. La **válvula de seguridad** del circuito deberá estar tarada a una presión inferior a la del agua de red.

**Circuito de consumo:** Va de la válvula de tres vías a los puntos de consumo.

## *Eficiencia energética:*

---

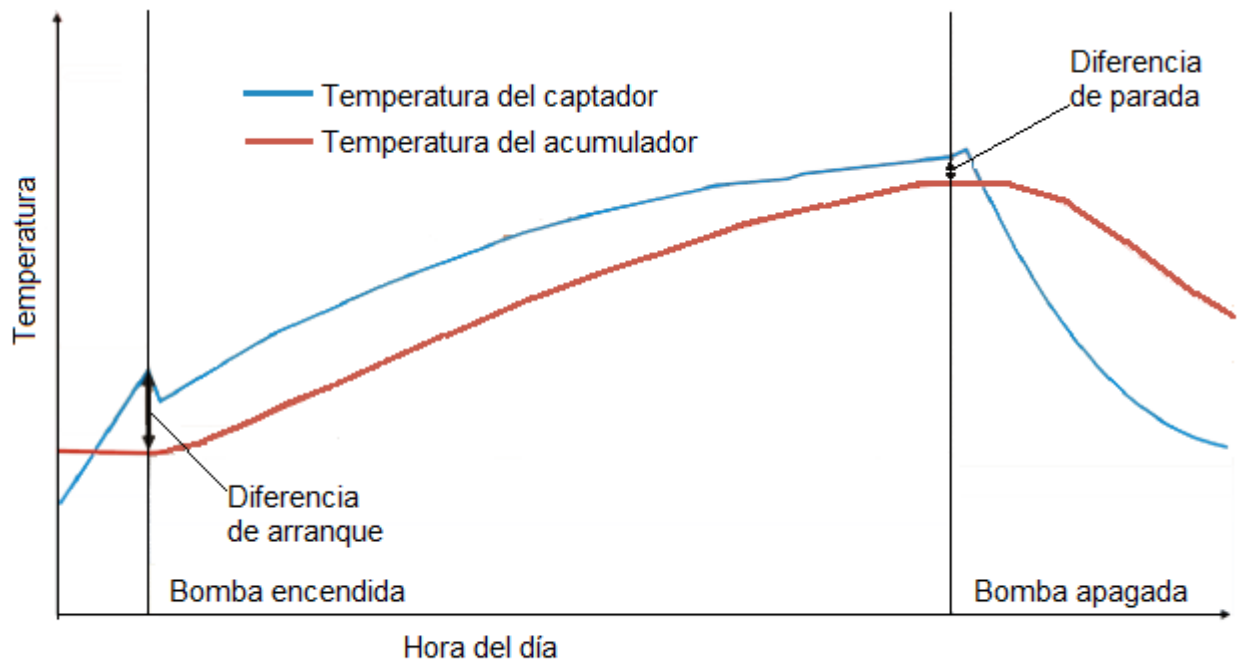
Para conseguir la eficiencia energética hemos de cumplir los cuatro principios para el aprovechamiento óptimo de la energía solar.

**Primer principio:** Captar al máximo posible la energía solar. Este principio lo conseguimos:

- Con el máximo rendimiento de los captadores y su correcto dimensionado e inclinación.
- Poniendo en circulación el fluido sólo cuando el sol caliente lo suficiente para un adecuado rendimiento energético, lo que a su vez se consigue con regulación diferencial. El mecanismo de funcionamiento es el siguiente:

Los rayos solares calientan el fluido contenido en los colectores. Cuando el termostato diferencial R1 (ver croquis de la instalación) detecta que existe una diferencia de temperaturas entre el colector y la parte baja del acumulador que alcanza un valor prefijado (diferencia de temperatura de arranque, de unos 7 – 8 k), entonces pone en funcionamiento la bomba de circulación, y el fluido caliente contenido en los colectores, cede su energía al acumulador en su paso por el serpentín de intercambio. De este modo se calienta el agua en el depósito de acumulación solar.

Cuando en ausencia de sol la temperatura en los captadores desciende y la diferencia con el acumulador disminuye por debajo de un valor predeterminado (diferencia de parada, de unos 2 – 4 k), es detectado por R1 que para la circulación de fluido caloportador, parando la impulsión de la bomba hidráulica.

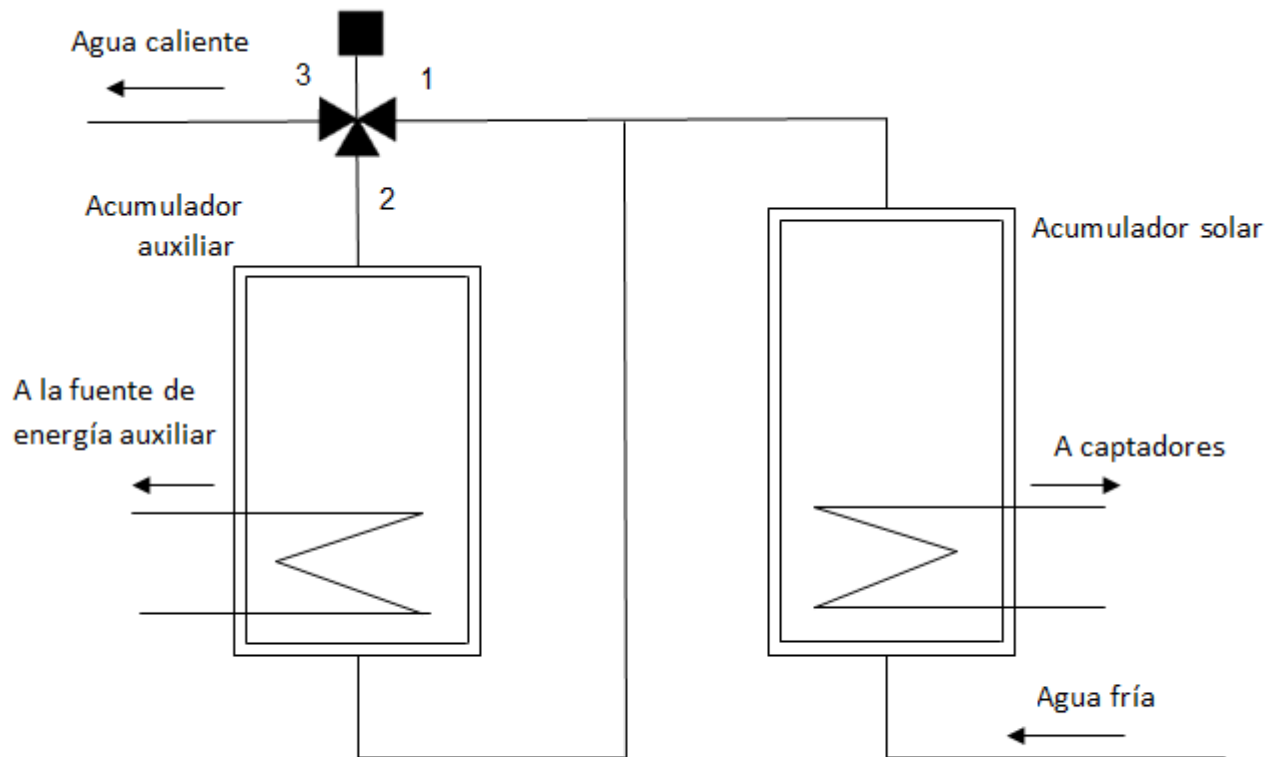


Fuente de información: Cedec y Solarpraxis.

**Segundo principio:** Consumir prioritariamente la energía solar (de calentamiento gratuito, aunque intermitente) frente a la auxiliar.

- El calentamiento de agua con energía solar varía a lo largo del día y durante el año, por lo que no lo podemos diseñar para que nos de exactamente la temperatura de consumo, lo diseñamos para una temperatura próxima a los 40 – 45 °C de consumo. Evitaremos temperaturas excesivas para evitar el deterioro prematuro de la instalación y la disminución del rendimiento, ya que a mayor temperatura hay más pérdidas térmicas.

- Para cumplir el segundo principio disponemos de un regulador R2 (ver croquis de la instalación) que acciona una válvula de tres vías que regula el flujo de agua del acumulador solar hacia el acumulador auxiliar o directamente hacia el consumo. Si el agua del acumulador solar excede de un valor establecido, se abre el paso 1 y 2 de la válvula de tres vías que llevará parte del agua al acumulador auxiliar y se bajará la temperatura del acumulador solar con agua de red. Por el contrario, si el agua sale ya del acumulador solar a una temperatura adecuada para el consumo, va directamente al consumo (se abren las vías 1 y 3 y se cierra la 2) o si sale a una temperatura por debajo de la de consumo se mezcla con el agua del acumulador auxiliar previamente calentada a la temperatura adecuada por un calentador convencional (se mezcla 1 con 2 y va hacia 3).



Fuente de información: Censolar

### Tercer principio:

Asegurar la correcta complementariedad entre la energía convencional (auxiliar) y la solar.

- Para cumplir el tercer principio el regulador R2, con termostato, comanda la resistencia eléctrica que calienta el agua del acumulador auxiliar. Cuando el acumulador solar está a menor temperatura que la de consumo, el regulador R2 determina la mínima cantidad de energía auxiliar necesaria para que el acumulador auxiliar llegue a una temperatura mínima adecuada, para que, al mezclar la cantidad adecuada de agua de los acumuladores auxiliar y solar, se llegue a la temperatura de consumo.

**Cuarto principio:** No mezclar la energía solar con la convencional,

- Para cumplir el cuarto principio debemos evitar que el agua pase del acumulador auxiliar al solar. Hay dos posibilidades: colocar el acumulador auxiliar a mayor altura que el solar para evitar que debido al efecto termosifón (el agua al calentarse asciende al disminuir su densidad) el agua pase del acumulador auxiliar al solar; o la solución por la que hemos optado de colocar una válvula de tres vías, para evitar la comunicación no controlada del agua almacenada en el acumulador auxiliar con el solar.

Los reguladores R1 y R2 disponen de una pantalla donde se pueden visualizar las principales magnitudes a controlar.



## Funcionalidad:

Funcionan como un generador de calor de potencia instantánea y variable. El fluido denominado “caloportador” es calentado al atravesar cada captador. Al ser de placa plana se adapta mejor a las condiciones ambientales de la Península Ibérica, debido a las elevadas temperaturas que se alcanzan en verano, y a que este captador disipa mejor el calor que los captadores de tubo de vacío.

## Selección

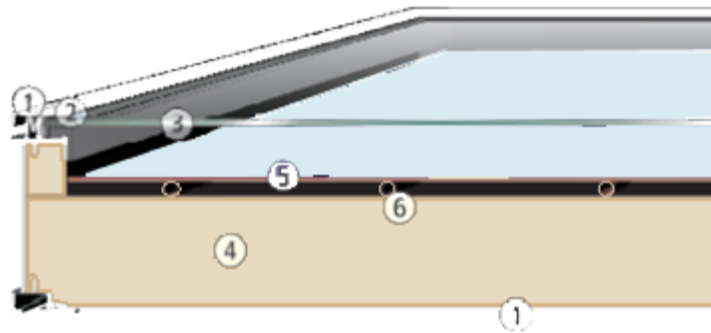
PRO	Código	f. óptico	f. pérdidas <sup>1</sup>	f. pérdidas <sup>2</sup>		COMFORT	Código	f. óptico	f. pérdidas <sup>1</sup>	f. pérdidas <sup>2</sup>
CR 10ALDP8	CGAS04	0.71	5.05	0.017		CR 12S8	CALS07	0,81	3,2	0,01
CR 10ALP8	CGAS05	0.71	5.59	0.016		CR 12SH8 (Horizontal)	CHOS02	0,71	3,7	0,013
CR 12ALP8	CGAS06	0.71	5.59	0.016		PA-D	CALS15	0.75	3.95	0.008
QR-D	CGAS07	0.70	4.82	0.015		PA-E	CALS16	0.75	3.95	0.008
QR-E	CGAS08	0.69	4.82	0.015		PA-F	CALS17	0.72	3.39	0.014
QR-F	CGAS09	0.69	4.39	0.018						

A partir del catálogo de tableros de Chromagen elijo el captador CALS07\_CR-12S8 por su bajo coeficiente de pérdidas térmicas m.

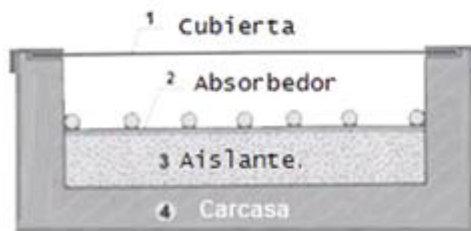
## Características técnicas:

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 diámetro conectada a tuberías colectoras de 22mm
Absorbedor:	Aleta de cobre soldada por ultrasonido a parrilla de conductos de cobre. Recubrimiento selectivo mediante electrodeposición de Cromo negro sobre base de Niquel claro. Absortividad 0,95 y Emisividad 0,12
Dorso:	Polipropileno negro moldeado.
Aislamiento:	Capa de poliuretano rígido inyectado más capa adicional de lana mineral, ambas de 25mm de espesor.
Lámina de aluminio:	Adherida al aislamiento actúa como barrera contra pérdidas de calor por el dorso del captador.
Carcasa:	Aluminio anodizado AL6063-T5.
Conexiones roscadas:	Conexiones hembra roscadas de 3/4" de bronce

1. Caja
2. Junta de estanqueidad
3. Cubierta transparente
4. Aislamiento térmico
5. Placa absorbedora
6. Tubos



Fuente de información: CEDIC.



Área del absorbedor: la total del absorbedor.

Área de apertura: la de la cubierta que permite la incidencia de la radiación sobre el absorbedor.

Área total: la que ocupa el captador.

Fuente de Información: Censolar

Largo Total	2.185 mm	Altura a la que llega el captador inclinado 48°:	
Ancho Total	1.260 mm	2.185 x sen 48° = 1.624 m	
Fondo	90 mm	Superficie que ocupa el captador inclinado 48°:	
Área Total	2,75 m <sup>2</sup>	1.624 m (de elevación) x 1.260 m (de ancho) = 2.05 m <sup>2</sup>	
Área de Apertura	2,58 m <sup>2</sup>		
Área del Absorbedor	2,46 m <sup>2</sup>		
Presión de timbre	14 bar	Peso en vacío	42,6 Kg
Presión máxima de trabajo	12 bar	Capacidad del fluido	1,7 l
Caudal recomendado	45 l/h-m <sup>2</sup>	Fluido caloportador	agua ó agua glicolada
Caida de presión (m.c.a.)	10,32·qi <sup>2</sup> +0,47·qi (Kg/s)	T° de estancamiento	196 °C
		Flexión máxima del captador	1.000 Pa

Presión de prueba constante: 2.5 bar

Presión de funcionamiento: 1.5 bar (recomendado)

A efectos de cálculos tomo el área del absorbedor de 2.46 m<sup>2</sup>.

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

