



Este trabajo está bajo una licencia de [Creative Commons Licencia Reconocimiento-No-Comercial-Compartirigual 3.0 España](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/).

Instrucciones: En las preguntas de test añadida entre los paréntesis V, F o deje en blanco según proceda, no tache ni agregue comentarios, salvo que se le solicite expresamente en el enunciado. Para que un enunciado sea verdadero, debe serlo en su totalidad. No se evaluará el texto fuera del espacio reservado para las contestaciones. Use el anverso o los márgenes para borrador o cálculos. El examen es sin ayuda de textos u otro material informativo, a excepción de una calculadora simple sin información. Las preguntas acertadas cuentan como +1/n hasta alcanzar los puntos indicados y las falladas como -1/2n en la parte tipo test o solo positivamente en los problemas, siendo n el número de cuestiones bajo un mismo encabezado. En la parte tipo test cualquier opción es posible, todas verdaderas, todas falsas o cualquier combinación de verdaderas y falsas. Lo no contestado cuenta como 0. Escriba los desarrollos matemáticos y cálculos donde se indica, de manera clara y concisa, pueden contribuir a la calificación. La comprensión de los enunciados forma parte del propio examen.

Capítulo 9: Energía solar fotovoltaica.

- () Es frecuente que las plantas Fotovoltaicas conectadas a red incorporen baterías de respaldo para almacenar.
- () Se han logrado eficiencias récord de células PV de silicio del 44% en laboratorio.
- () Un vatio pico (W_p) de fotovoltaica (PV) convencional puede producir en España 1 kWh/año.
- () Actualmente un coste típico de un panel fotovoltaico instalado puede ser 30 €/W_p.
- () El objetivo de la fotovoltaica de concentración es lograr mayores temperaturas de operación para así mejorar el factor de Carnot.
- () El silicio cristalino proporciona mayores eficiencias que el amorfo.
- () La células en serie comparten la misma intensidad y suman su tensión eléctrica.
- () Los diodos de bypass se instalan para limitar la potencia máxima de las células fotovoltaicas.
- () Los diodos de bloqueo tratan de limitar la tensión de las tiras de células.
- () la potencia fotovoltaica actualmente instalada en España supera la eólica.
- () Los paneles fotovoltaicos necesitan un circuito maximizador de la potencia.
- () La potencia maximizada de las células fotovoltaicas es aproximadamente proporcional al producto del área activa por la intensidad de la radiación incidente normal a su superficie.

Un sistema avanzado que promete un uso eficiente del espacio disponible y que permite atender las distintas demandas de los edificios lo constituyen los captadores híbridos fotovoltaicos-térmicos (PV/T). En ellos células fotovoltaicas avanzadas convierten parte del espectro solar en electricidad con una eficiencia nominal que asumimos es del 30%, cuyo valor es necesario afectar de un factor reductor que es inferior a la unidad, basado en un $\alpha = 0,3\%$ de pérdida por cada grado que supere su temperatura T la nominal $T_a = 25$ °C. El resto de la radiación solar directa incidente en el área de apertura es colectada y transportada íntegramente a un motor térmico cuya eficiencia de conversión a trabajo eléctrico es la mitad de la de Carnot con temperatura T_a del calor residual del ciclo enviado al ambiente. Se pide:

Haciendo uso de un balance energético formular analíticamente la expresión de la eficiencia total (de todo el sistema PVT) de conversión de energía solar directa a electricidad, basada en el área de apertura A_a tanto para la PV como para la T, como función de α , T y T_a :

Desarrollo:



Este trabajo está bajo una licencia de [Creative Commons Licencia Reconocimiento-No-Comercial-Compartirigual 3.0 España](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/).

Instrucciones: En las preguntas de test añada entre los paréntesis V, F o deje en blanco según proceda, no tache ni agregue comentarios, salvo que se le solicite expresamente en el enunciado. Para que un enunciado sea verdadero, debe serlo en su totalidad. No se evaluará el texto fuera del espacio reservado para las contestaciones. Use el anverso o los márgenes para borrador o cálculos. El examen es sin ayuda de textos u otro material informativo, a excepción de una calculadora simple sin información. Las preguntas acertadas cuentan como +1/n hasta alcanzar los puntos indicados y las falladas como -1/2n en la parte tipo test o solo positivamente en los problemas, siendo n el número de cuestiones bajo un mismo encabezado. En la parte tipo test cualquier opción es posible, todas verdaderas, todas falsas o cualquier combinación de verdaderas y falsas. Lo no contestado cuenta como 0. Escriba los desarrollos matemáticos y cálculos donde se indica, de manera clara y concisa, pueden contribuir a la calificación. La comprensión de los enunciados forma parte del propio examen.

Solución: $\eta_e \langle \alpha, T, T_a \rangle =$

$$= \frac{W_{PV} + W_T}{\underbrace{G_{b,T} A_a}_{E_{solar}}} = \eta_{PV} + \underbrace{\left(1 - \eta_{PV}\right)}_{\frac{G_{b,T} A_a - W_{PV}}{G_{b,T} A_a}} \eta_{CARNOT} = 0,3 \left[1 - \alpha (T - T_a)\right] + \overbrace{\left[1 - 0,3(1 - \alpha (T - T_a))\right]}^T \frac{1}{2} \left(1 - \frac{T_a}{T}\right)$$

Maximizar esta eficiencia con respecto a T y obtenga de ello la expresión analítica de su valor óptimo:

Desarrollo: $\frac{\partial \eta_e}{\partial T} = 0 \Rightarrow$

Solución: $T_{op} \langle \alpha, T_a \rangle = \sqrt{T_a \left(\frac{0,7}{0,3\alpha} - T_a \right)}$

Aplicación numérica:

$$T_{op} = \sqrt{298K \left(\frac{0,7K}{0,3 \times 0,003} - 298K \right)} = 378 K = 105 \quad \text{°C}$$

$$\eta_{e,m\acute{a}x} = \underbrace{0,3 \left[1 - 0,003(105 - 25)\right]}_{0,228} + \underbrace{\left[1 - 0,3(1 - 0,003(105 - 25))\right]}_{0,0818} \overbrace{\frac{1}{2} \left(1 - \frac{25 + 273}{105 + 273}\right)}^{0,106} = 0,31$$

Compare el valor resultante con la eficiencia nominal de la célula fotovoltaica de conversión a electricidad y de ello deduzca si es económicamente razonable convertir el calor obtenido en electricidad con este esquema (tache lo que no proceda y justifique su respuesta) SI NO. No compensa al ser tan solo ligeramente superior a la eficiencia PV, al agregarle solo un 8%. Es más por calentarse la célula al operar refrigerada disipando el calor a la atmósfera algo menos que en esquema PVT, llegaría a ser el sistema PVT tan solo ligeramente superior en eficiencia. Al suponer inversión la conversión de calor en electricidad así como agregar gastos de mantenimiento es de esperar que no compense económicamente tampoco. Éstos serían probablemente altos, p. e. al ser las diferencias de temperatura pequeñas, requiriendo cambiadores de calor muy grandes.

Justificación:



Este trabajo está bajo una licencia de [Creative Commons Licencia Reconocimiento-No-Comercial-Compartirigual 3.0 España](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/).

Instrucciones: En las preguntas de test añada entre los paréntesis V, F o deje en blanco según proceda, no tache ni agregue comentarios, salvo que se le solicite expresamente en el enunciado. Para que un enunciado sea verdadero, debe serlo en su totalidad. No se evaluará el texto fuera del espacio reservado para las contestaciones. Use el anverso o los márgenes para borrador o cálculos. El examen es sin ayuda de textos u otro material informativo, a excepción de una calculadora simple sin información. Las preguntas acertadas cuentan como +1/n hasta alcanzar los puntos indicados y las falladas como -1/2n en la parte tipo test o solo positivamente en los problemas, siendo n el número de cuestiones bajo un mismo encabezado. En la parte tipo test cualquier opción es posible, todas verdaderas, todas falsas o cualquier combinación de verdaderas y falsas. Lo no contestado cuenta como 0. Escriba los desarrollos matemáticos y cálculos donde se indica, de manera clara y concisa, pueden contribuir a la calificación. La comprensión de los enunciados forma parte del propio examen.

¿Qué uso alternativo o complementario recomendaría para el calor recogido por el captador híbrido para este sistema en una aplicación residencial?.

(Agua caliente sanitaria y/o calefacción con agua o con aire).

Obtener la expresión que permite calcular el coste específico actualizado de la producción de electricidad fotovoltaica (LEC o LCOE) en €/kWh sabiendo que el coste total de adquisición de los paneles instalados, llave en mano, es de 3 €/W_p , que el valor residual de la instalación sigue la ley de depreciación $VR\langle n \rangle = C_0(1-d)^m$ donde d es una depreciación compuesta anual que se estima en un 10% y m es el año contado desde la adquisición al comienzo del proyecto. El coste anual de operación y mantenimiento sigue una ley creciente a causa del envejecimiento de la instalación $C_{o\&m} = oC_0(1+a)^m$ donde $o = 0,03$ y $a = 0,06$. Datos: $n = 20$ y $FC = 20\%$ de las horas anuales.

$$FRC\langle i, n \rangle = \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \geq \frac{C_0}{n}. \text{ Añada la hipótesis simplificatoria de que } i = a.$$

Desarrollo:

Expresión analítica: $LCOE =$

$$= \frac{\dot{C}}{\dot{E}} = \left\{ \left[C_0 - \frac{VR\langle n \rangle}{(1+i)^n} \right] + \sum_{m=1}^n \frac{C_{o\&m}}{(1+i)^m} \right\} FRC \underbrace{\frac{1}{W \times FC \times 8.760 \text{ h/año}}}_{\dot{E}} = \underbrace{C_0 \left\{ \left[1 - \left(\frac{1-d}{1+i} \right)^n \right] + on \right\}}_{\dot{C}} \frac{i}{(1 - (1+i)^{-n})} \underbrace{\frac{1}{FC \times 8.760 \text{ h/año}}}_{\dot{E} \text{ o bien en Wh}/(W_p \text{ año})}$$

Cálculo numérico $LCOE =$

$$3 \frac{\text{€}}{W_p} \left\{ \underbrace{\left[1 - \left(\frac{1-0,1}{1+0,06} \right)^{20} \right]}_{\text{Muy bajo efecto del valor residual } 0,962} + \underbrace{0,03 \times 20}_{\text{Fuerte efecto del mantenimiento } 0,6} \right\} \frac{0,0872}{1 - (1+0,06)^{-20}} \frac{1}{\text{año}} \frac{\text{año}}{0,2 \times 8.760 \text{ Wh}/W_p} = 0,233 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$