

# MÓDULO 0: Introducción al Sector Solar

**Duración estimada:** 2 horas

**Objetivo:** Comprender la situación actual del sector energético y la importancia de la energía solar fotovoltaica como solución sostenible.

---

## 1. Contexto Global de la Energía (2024)

La transición hacia energías renovables está impulsando un crecimiento sin precedentes en el sector solar fotovoltaico. Según estudios recientes:

- **Crecimiento interanual:** +23% en instalaciones globales durante 2023.
- **Capacidad instalada:** Se estima que el mercado fotovoltaico de la UE alcanzará entre 64 y 65 GWdc en 2024.
- **Costes reducidos:** La tecnología ha abaratado los costes de instalación hasta un 70% en la última década
- .

**Tendencias clave para 2024:**

- Auge de las instalaciones comunitarias (comunidades energéticas).
  - Democratización de la inversión en proyectos solares.
  - Innovaciones en almacenamiento y eficiencia de paneles.
- 

## 2. Situación Energética Actual

El mundo enfrenta desafíos críticos en el suministro energético:

- **Dependencia de combustibles fósiles:** Representan aún el 80% del mix energético global.
- **Crisis climática:** Las emisiones de CO<sub>2</sub> han aumentado un 2% anual en la última década.
- **Oportunidad solar:** La energía solar puede cubrir más del 40% de la demanda mundial para 2050.

**Por qué invertir en energía solar:**

- **Sostenibilidad:** Reduce la huella de carbono y promueve la independencia energética.
- **Economía circular:** Fomenta modelos de negocio innovadores como el "Solar-as-a-Service".
- **Subvenciones:** Programas gubernamentales ofrecen ayudas de hasta el 70% en zonas rurales (UE).

---

### 3. Mapa Interactivo de Irradiación Solar Global

Entender la irradiación solar es clave para dimensionar sistemas fotovoltaicos. Herramientas como el *Global Solar Atlas* permiten:

- Identificar zonas con mayor potencial solar.
- Estimar producción anual basada en ubicación geográfica.
- Comparar datos históricos y proyecciones futuras.

**Radiación solar por región (kWh/m²/año):**

Desierto de Atacama	2,500	Máximo
Sur de Europa	1,500-1,800	Alto
Centroamérica	1,800-2,000	Alto
Norte de África	2,000-2,300	Muy alto

---

### 4. Principales Fabricantes de Paneles e Inversores (2024)

El mercado está dominado por empresas líderes en innovación tecnológica:

**Top fabricantes de paneles solares:**

1. **JinkoSolar:** Eficiencia >22%, precios competitivos.
2. **LONGi Solar:** Líder en tecnología monocristalina TOPCon.
3. **Canadian Solar:** Soluciones personalizadas para grandes proyectos.

**Top fabricantes de inversores:**

1. **Huawei:** Alta eficiencia (>98%) y conectividad inteligente.
  2. **SolarEdge:** Optimizadores integrados para máxima producción.
  3. **Fronius:** Fiabilidad y larga vida útil (>15 años).
- 

### 5. Caso Práctico: Mercado Español

España es uno de los países con mayor crecimiento en autoconsumo solar:

- **Marco legal:** RD 244/2019 facilita la conexión a red y venta de excedentes.
- **Subvenciones:** Andalucía ofrece hasta 600 €/kWp para instalaciones residenciales.
- **Retorno de inversión (ROI):**
  - Residencial: 5-7 años.
  - Comercial: 4-6 años.
  - Industrial: 3-5 años.

### Proyecto real:

- **Ubicación:** Granada (irradiación media: 1,700 kWh/m<sup>2</sup>/año).
  - **Instalación:** Sistema híbrido de 10 kW con baterías LiFePO<sub>4</sub>.
  - **Producción anual:** 15,000 kWh.
  - **Ahorro:** 2,700 €/año (tarifa eléctrica: 0.18 €/kWh).
- 

## 6. Ejercicio Práctico

### Enunciado:

Estima la producción anual de un sistema fotovoltaico de 5 kW en Madrid. Usa los siguientes datos:

- Irradiación media: 1,600 kWh/m<sup>2</sup>/año.
- Eficiencia del sistema: 85%.

### Solución:

Producción = Potencia del sistema × Irradiación × Eficiencia

Producción = 5 kW × 1,600 kWh/m<sup>2</sup> × 0.85 = **6,800 kWh/año**

---

## 7. Reflexión Final

La energía solar no solo es una solución técnica, sino también un motor de cambio social y económico. Este módulo te ha proporcionado una visión general del sector; en los siguientes profundizaremos en los aspectos técnicos y prácticos.

### Pregunta para reflexionar:

¿Qué papel juega tu región en la transición energética global? ¿Cómo podrías aprovechar las oportunidades del mercado solar?

# MÓDULO 1: FUNDAMENTOS TÉCNICOS Y ELÉCTRICOS

**Duración estimada:** 8 horas

**Objetivo:** Comprender los principios básicos de la electricidad y su aplicación en sistemas solares fotovoltaicos.

---

## 1. Corriente Continua (CC) vs. Corriente Alterna (CA)

Entender la diferencia entre CC y CA es fundamental para diseñar sistemas fotovoltaicos eficientes

### Corriente Continua (CC / DC):

- **Definición:** Flujo constante de electrones en una sola dirección.
- **Características:**
  - Voltaje fijo (ej.: 12V, 24V, 48V).
  - Usada en paneles solares, baterías y reguladores de carga.
- **Ventajas:** Ideal para almacenamiento en baterías.

### Corriente Alterna (CA / AC):

- **Definición:** Flujo de electrones que cambia de dirección periódicamente (50Hz o 60Hz, según región).
- **Características:**
  - Voltaje variable (ej.: 120V o 230V en hogares).
  - Usada en electrodomésticos, inversores y la red eléctrica.
- **Ventajas:** Más eficiente para transporte a larga distancia.

### Aplicación en Sistemas Solares:

- Los paneles generan CC → El inversor convierte la CC en CA para uso doméstico o inyección a la red.
- 

## 2. Ley de Ohm: Tensión (V), Corriente (I) y Resistencia (R)

La Ley de Ohm es esencial para calcular tensiones, corrientes y resistencias en circuitos eléctricos.

### Fórmula Fundamental:

$$V=I\times R$$

Donde:

- V: Tensión (voltios, V).
- I: Corriente (amperios, A).
- R: Resistencia (ohmios,  $\Omega$ ).

### Ejercicio Práctico:

Un panel solar tiene una tensión de 24V y una corriente de 5A. ¿Cuál es la resistencia del circuito?

$$R = V/I = 24V/5A = 4.8\Omega$$

---

## 3. Potencia y Energía

Entender potencia y energía es clave para dimensionar sistemas fotovoltaicos.

### Potencia (W):

$$P = V \times I$$

- Ejemplo: Un panel de 18V y 6A genera:  $P = 18V \times 6A = 108W$

### Energía (kWh):

$$E = P \times t$$

- Ejemplo: Un inversor de 2000W funcionando 5 horas consume:  
 $E = 2kW \times 5h = 10kWh$

### Comparativa en Instalaciones Solares:

Panel Solar 300W 5h de sol 1.5 kWh

Nevera 150W 24h 3.6 kWh

---

## 4. Circuitos en Serie y Paralelo

La configuración de los circuitos afecta directamente el rendimiento de las instalaciones solares.

### Conexión en Serie:

- **Características:**
  - Se suman voltajes (ej.: 3 paneles de 12V en serie = 36V total).
  - La corriente es la misma en todos los componentes.
- **Uso en solar:** Aumentar voltaje para reducir pérdidas en cables.

### **Conexión en Paralelo:**

- **Características:**
  - Se suman corrientes (ej.: 3 paneles de 5A en paralelo = 15A total).
  - El voltaje es el mismo en todos los componentes.
- **Uso en solar:** Aumentar corriente sin subir voltaje (ej.: sistemas 12V/24V).

### **Efecto de las Sombras:**

- En serie, una sombra en un panel afecta todo el sistema.
  - En paralelo, solo reduce la corriente parcialmente.
- 

## **5. Energía Solar Fotovoltaica**

Comprender cómo funciona un panel solar permite optimizar su uso.

### **Proceso Físico (Efecto Fotovoltaico):**

- Los fotones impactan sobre celdas de silicio, liberando electrones.
- Se genera un campo eléctrico entre capas semiconductoras, produciendo corriente continua.

### **Factores que Influyen en la Producción:**

- **Radiación solar:** Potencia recibida por unidad de superficie ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).
- **Eficiencia del panel:** Relación entre energía generada y energía incidente.
- **Temperatura:** Por cada  $1^\circ\text{C} > 25^\circ\text{C}$ , la potencia cae  $\sim 0.4\text{-}0.5\%$ .

### **Ejercicio Práctico:**

Calcula la producción diaria de un panel de 450W en Barcelona ( $4.5 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{día}$  de irradiación):

- Energía incidente:  $4.5\text{kWh}/\text{m}^2 \times 2\text{m}^2 = 9\text{kWh}$
  - Energía generada (20% eficiencia):  $9\text{kWh} \times 0.20 = 1.8\text{kWh}/\text{día}$
- 

## **6. Herramientas Recomendadas**

- **Multímetro:** Para medir tensión, corriente y resistencia.
  - **PVWatts Calculator:** Estimación de producción según ubicación.
  - **Solar Pathfinder:** Análisis de sombras en el lugar de instalación.
-

## **7. Conclusión**

Dominar estos conceptos te permitirá:

- Dimensionar correctamente cables y protecciones.
- Elegir la mejor configuración (serie/paralelo) para tus instalaciones.
- Evitar sobrecargas y pérdidas de energía.

# MÓDULO 2: COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

**Duración estimada:** 10 horas

**Objetivo:** Identificar, seleccionar y dimensionar correctamente los componentes de un sistema solar fotovoltaico, comprendiendo su función y compatibilidad.

---

## 1. Paneles Solares (Módulos Fotovoltaicos)

Los paneles solares son el corazón del sistema fotovoltaico, responsables de convertir la luz solar en electricidad.

### Tipos de Paneles Solares:

**Monocrystalino** 18-24% Alto Espacios reducidos, climas cálidos

**Policristalino** 15-20% Medio Proyectos de bajo presupuesto

**Thin-Film** 10-13% Bajo Instalaciones flexibles o grandes

### Factores de Selección:

- **Espacio disponible:** Monocrystalinos para techos pequeños.
- **Clima local:** Mejor rendimiento en calor con monocrystalinos.
- **Presupuesto:** Policristalinos para proyectos económicos.

### Ejercicio Práctico:

Dimensiona el número de paneles necesarios para un consumo diario de 15 kWh en un lugar con irradiación promedio de 4.5 kWh/m<sup>2</sup>/día.

Potencia requerida =  $\frac{\text{Irradiación} \times \text{Consumo diario}}{1000} = \frac{4.5 \times 15}{1000} = 3.33 \text{ kWp}$

Si cada panel tiene 400W:

Paneles necesarios =  $\frac{3333}{400} = 9 \text{ paneles}$

---

## 2. Inversores Solares

El inversor convierte la corriente continua (CC) generada por los paneles en corriente alterna (CA) utilizable en hogares y negocios.

### Tipos de Inversores:

<b>String</b>	Económico, fácil instalación	Vulnerable a sombras parciales
---------------	------------------------------	--------------------------------

<b>Microinversores</b>	Monitorización individual, alta eficiencia	Costoso, complejo mantenimiento
<b>Híbridos</b>	Compatible con baterías, respaldo energético	Alto costo inicial

#### Selección del Inversor:

- **Tamaño del sistema:** Potencia del inversor  $\geq 1.25 \times$  potencia pico del array.
- **Eficiencia:** Priorizar inversores con  $>95\%$  de eficiencia.
- **Garantía:** Mínimo 10 años para inversores híbridos.

#### Ejemplo Real:

Para un sistema de 6 kWp:

- Inversor recomendado: 5 kW string (eficiencia 97%).
- Microinversores: 15 unidades de 400W cada uno.

### 3. Baterías de Almacenamiento

Las baterías permiten almacenar energía para su uso durante la noche o en días nublados.

#### Tipos de Baterías:

<b>Plomo-Ácido</b>	500-1,200	80-85%	150-300
<b>LiFePO4</b>	3,000-6,000	95-98%	400-700
<b>NMC (Li-Ion)</b>	2,000-3,500	90-95%	500-800

#### Dimensionamiento de Baterías:

Fórmula básica:

Capacidad necesaria (Ah) = Voltaje sistema (V)  $\times$  DoD Consumo diario (Wh)

Ejemplo:

- Consumo diario: 10 kWh.
- Voltaje: 48V.
- DoD: 80%. Capacidad =  $48 \times 0.8 \times 10,000 = 260 \text{ Ah}$

### 4. Reguladores de Carga

Controlan la carga de las baterías, evitando sobrecargas o descargas profundas

### **Tipos de Reguladores:**

- **PWM:** Económico, ideal para sistemas pequeños (<200W).
- **MPPT:** Eficiencia >95%, ideal para sistemas grandes (>200W).

### **Selección del Regulador:**

- Corriente máxima:  $I_{regulador} \geq \frac{\text{Voltaje batería} \times \text{Potencia paneles}}{\text{Ejemplo:}}$
  - Paneles: 1,200W.
  - Voltaje batería: 24V.  $I_{regulador} = \frac{1,200}{24} = 50A$
- 

## **5. Estructuras de Montaje y Cableado**

Las estructuras aseguran la correcta orientación e inclinación de los paneles, mientras que el cableado garantiza la transmisión eficiente de la energía

### **Tipos de Estructuras:**

- **Tejado plano:** Soportes ajustables.
- **Tejado inclinado:** Ganchos específicos.
- **Suelo:** Postes metálicos o seguidores solares.

### **Cableado Recomendado:**

- **Sección mínima:** 4 mm<sup>2</sup> para strings.
  - **Protecciones:** Fusibles CC y SPD (protección contra sobretensiones).
- 

## **6. Ejercicio Final del Módulo**

**Enunciado:** Diseña un sistema fotovoltaico básico para una vivienda con los siguientes datos:

- Consumo diario: 20 kWh.
- Irradiación promedio: 5 kWh/m<sup>2</sup>/día.
- Espacio disponible: 30 m<sup>2</sup>.
- Presupuesto medio.

**Solución:****1. Paneles:**

- Potencia requerida:  $520=4\text{kWp}$ .
- Paneles necesarios (400W):  $4004,000=10\text{paneles}$ .

**2. Inversor:**

- Potencia recomendada:  $4\text{kWp}\times 1.25=5\text{kW}$ .

**3. Baterías:**

- Capacidad necesaria:  $48\times 0.820,000=520\text{Ah}$ .

**4. Regulador:**

- Corriente:  $484,000=83\text{A}$ .
- 

**7. Conclusión**

Dominar la selección y dimensionamiento de los componentes es esencial para garantizar el rendimiento y la rentabilidad de un sistema fotovoltaico. En el siguiente módulo, aprenderás a diseñar sistemas completos, desde el análisis energético hasta la simulación con software profesional.

# MÓDULO 3: DISEÑO DE SISTEMAS SOLARES

**Duración estimada:** 12 horas

**Objetivo:** Aprender a diseñar sistemas solares fotovoltaicos completos, desde el análisis energético hasta la simulación con software profesional.

## 1. Metodología de Diseño Paso a Paso

El diseño de un sistema solar requiere un enfoque metódico para garantizar eficiencia, seguridad y rentabilidad.

### Paso 1: Análisis Energético

- **Consumo eléctrico:**
  - Lista de electrodomésticos y equipos con su potencia (W) y horas de uso diario.
  - Fórmula básica: Consumo diario (kWh) =  $\sum (\text{Potencia} \times \text{Horas de uso})$
  - Ejemplo:

○

Nevera	150	24	3,600
TV	100	4	400
Total			4,000 Wh (4 kWh)

### Paso 2: Dimensionamiento de Paneles Solares

- **Fórmula de cálculo:**

$$P_{\text{paneles}} = \text{HSP} \times \text{Eficiencia del sistema} \times \text{Consumo diario (Wh)}$$

Donde:

- HSP: Horas sol pico promedio (ej.: 4.5 h/día en España).
  - Eficiencia del sistema: ~85% (pérdidas por cables, inversor, etc.).
- Ejemplo:

$$P_{\text{paneles}} = 4.5 \times 0.85 \times 4,000 = 1,049 \text{ Wp}$$

Si cada panel tiene 400 Wp:

$$\text{Paneles necesarios} = \frac{1,049}{400} = 3 \text{ paneles}$$

### Paso 3: Dimensionamiento de Baterías

- **Capacidad requerida:**

Capacidad (Ah) = Voltaje sistema × DoD Consumo diario (Wh)

Ejemplo:

- Consumo diario: 4,000 Wh.
- Voltaje sistema: 24V.
- DoD: 80%. Capacidad =  $24 \times 0.84 \times 4,000 = 208 \text{ Ah}$

### Paso 4: Selección del Inversor

- **Criterio de selección:**

- Potencia nominal  $\geq 1.25 \times$  consumo pico.
- Ejemplo: Consumo pico de 3 kW → Inversor recomendado: 4 kW.

---

## 2. Software de Simulación Profesional

El uso de software especializado permite optimizar el diseño y predecir el rendimiento del sistema.

### Herramientas Recomendadas:

<b>PV*SOL</b>	Simulación horaria y análisis financiero	Interfaz intuitiva, informes detallados
<b>HOMER Pro</b>	Optimización económica y técnica	Ideal para sistemas híbridos
<b>SolarEdge Designer</b>	Diseño gratuito basado en web	Compatible con productos SolarEdge
<b>PVWatts</b>	Estimación rápida de producción	Gratuito, fácil de usar

### Ejercicio Práctico con PV\*SOL:

- **Datos iniciales:**

- Ubicación: Madrid (HSP = 4.5 h/día).
- Consumo diario: 15 kWh.
- Techado inclinado (30°, orientación sur).

- **Resultado de la simulación:**

- Sistema propuesto: 10 paneles de 400 Wp.
- Producción anual estimada: 6,000 kWh.
- Ahorro anual: €900 (tarifa eléctrica: €0.15/kWh).

---

## 3. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

El diseño varía según el tipo de sistema seleccionado.

#### **A. Sistemas Conectados a Red (On-Grid):**

- Sin baterías, inyección de excedentes a la red.
- Requiere permisos legales y contrato con la distribuidora.

#### **B. Sistemas Autónomos (Off-Grid):**

- Con baterías para almacenamiento.
- Ideal para zonas remotas sin acceso a la red.

#### **C. Sistemas Híbridos:**

- Combinación de conexión a red y baterías.
- Máxima flexibilidad y respaldo ante cortes.

---

### **4. Normativas y Consideraciones Técnicas**

El diseño debe cumplir con normativas locales e internacionales.

#### **Normas Clave:**

- **España:** RD 244/2019 para sistemas conectados a red
- .
- **Latam:** Resolución CREG 030 para Colombia; Ley de Industria Eléctrica en México.

#### **Requisitos Técnicos:**

- Protecciones obligatorias: diferencial tipo B, magnetotérmico, SPD.
- Distancias mínimas entre paneles y bordes del techo.

---

### **5. Caso Práctico: Diseño de Sistema Híbrido**

#### **Enunciado:**

Diseña un sistema híbrido para una vivienda con los siguientes datos:

- Consumo diario: 20 kWh.
- Ubicación: Barcelona (HSP = 4.2 h/día).
- Presupuesto medio.

#### **Solución:**

##### **1. Dimensionamiento de paneles:**

$$P_{\text{paneles}} = 4.2 \times 0.8520,000 = 5,624 \text{ Wp}$$

Paneles necesarios (400 Wp):

$$4005,624 = 14 \text{ paneles}$$

## 2. Dimensionamiento de baterías:

Capacidad requerida:

$$48 \times 0.820,000 = 520 \text{ Ah}$$

Baterías LiFePO4 recomendadas: 2 unidades de 250 Ah.

## 3. Selección del inversor:

- Potencia nominal  $\geq 1.25 \times$  consumo pico.
- Inversor híbrido recomendado: 5 kW.

---

## 6. Errores Comunes en el Diseño

- **Subdimensionar el sistema:** No considerar futuros aumentos de consumo.
- **Ignorar sombras parciales:** Reduce significativamente la producción.
- **Mal diseño de cableado:** Pérdidas superiores al 5%.

---

## 7. Conclusión

El diseño de sistemas solares es un proceso técnico que combina análisis energético, selección de componentes y cumplimiento normativo. En el siguiente módulo, aprenderás sobre trámites legales y certificaciones necesarias para legalizar tus instalaciones.

# MÓDULO 4: NORMATIVAS Y LEGALIZACIÓN

**Duración estimada:** 8 horas

**Objetivo:** Comprender el marco normativo aplicable a las instalaciones solares fotovoltaicas y aprender a gestionar los permisos y trámites necesarios para su legalización.

## 1. Marco Normativo Internacional

El sector solar está regulado por normativas que varían según la región. A continuación, se presenta una comparativa de los principales marcos regulatorios.

**Comparativa Regional:**

<b>España</b>	RD 244/2019	Licencia de obras + Autorización ambiental	1-3 meses
<b>México</b>	Ley de la Industria Eléctrica	Registro SENER + Contrato interconexión	2-4 semanas
<b>Colombia</b>	Resolución 030 CREG	Certificado RETIE + Registro UPME	4-8 semanas
<b>Alemania</b>	EEG 2023	Registro Bundesnetzagentur	2-6 semanas

**Nota clave:** En la UE, la Directiva 2018/2001 establece que los trámites deben resolverse en menos de 3 meses para instalaciones de hasta 50 kW.

## 2. Proceso de Legalización en España (Paso a Paso)

El proceso de legalización en España sigue un flujo estructurado. A continuación, se detalla cada fase:

**Fase 1: Documentación Técnica**

- **Memoria técnica:** Descripción del proyecto y cálculos justificativos.
- **Certificado de Instalación Eléctrica (CIE):** Emitido por un electricista autorizado.
- **Esquemas unifilares:** Incluyen protecciones (ID, IG, ICP) y punto de conexión (CUPS).

**Fase 2: Permisos Administrativos**

Ayuntamiento	Licencia de obras	€100- €500
--------------	-------------------	---------------

Comunidad Autónoma	Autorización ambiental	€0-€300
Distribuidora eléctrica	Acceso y conexión	€200-€800*
() Depende de la potencia: Exento para sistemas $\leq 10$ kW en muchas CCAA.*		

### Fase 3: Registro Final

- **Certificado de fin de obra:** Emitido por un técnico autorizado.
- **Boletín REBT:** Cumplimiento del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- **Inscripción en RAIPRE:** Registro Administrativo de Instalaciones de Producción de Energía Renovable.

---

## 3. Requisitos Técnicos Obligatorios

Las instalaciones fotovoltaicas deben cumplir con normas técnicas específicas para garantizar seguridad y eficiencia.

### Protecciones Exigidas (RD 244/2019):

**ICP** Interruptor de generación (obligatorio  $>10$  kW)

**ID** Diferencial  $\leq 30$  mA tipo B

**IG** Magnetotérmico adecuado a  $I_{sc}$

**SPD** Protección contra sobretensiones (Clase II)

### Normas de Instalación:

- **Distancias mínimas:** 1 m desde los bordes de los paneles al límite de la cubierta.
- **Estructuras:** Cálculo de cargas de viento según CTE DB-SE-AE.
- **Cableado:** Sección mínima de  $4 \text{ mm}^2$  para strings (UNE-HD 60364-5-52).

---

## 4. Ayudas y Subvenciones 2024

Existen múltiples incentivos para fomentar la instalación de sistemas fotovoltaicos.

### España (Plan NextGen EU):

- **Deducción IRPF:** 20-60% del coste (límite €15,000).
- **Subvenciones autonómicas:** Hasta €600/kWp (ej.: Andalucía).

### Latinoamérica:

<b>México</b>	100% deducción 1er año	CFE Interconexión
<b>Chile</b>	Exención IVA (19%)	Ley 20.571
<b>Argentina</b>	Créditos blandos (TNA 20%)	Procrear Solar

---

## 5. Caso Práctico: Legalización de una Instalación de 5 kW

**Escenario:**

- Instalación residencial conectada a red.
- Ubicación: Madrid, España.

**Pasos:**

1. **Presentar memoria técnica en ayuntamiento:** 15 días.
2. **Solicitar acceso a red con distribuidora:** Endesa/Naturgy.
3. **Instalación por empresa registrada:** Cumplimiento RITE.
4. **Certificar instalación y registrar en RAIPRE.**

**Coste total:** ~€1,200-€1,800 (incluye tasas y profesional).

---

## 6. Sanciones por Incumplimiento

Operar sin cumplir las normativas puede resultar en sanciones significativas.

Operar sin licencia	€2,000-€6,000
Conexión ilegal a red	€6,001-€60,000
Falsificación documentos	€60,001-€300,000

---

## 7. Tendencias Normativas 2024-2025

- **Simplificación de trámites:** Plataformas digitales únicas (ej.: España Already).
  - **Obligatoriedad solar:** Nueva construcción debe incluir energía renovable (CTE DB-HE 2024).
  - **Comunidades energéticas:** Marco jurídico en desarrollo para compartir energía entre usuarios.
- 

## 8. Ejercicio Práctico

**Enunciado:**

Legaliza una instalación fotovoltaica de 10 kW en Colombia.

**Datos:**

- Consumo anual: 12,000 kWh.
- Ubicación: Bogotá.
- Presupuesto medio.

#### **Solución guiada:**

1. **Registro RETIE:** Certificado de calidad eléctrica.
  2. **Registro UPME:** Autorización para inyectar excedentes.
  3. **Coste estimado:** ~€1,000 (incluye tasas y profesional).
- 

## **9. Conclusión**

La correcta legalización no solo evita sanciones, sino que también garantiza acceso a subvenciones y mejora la revalorización de la propiedad. En 2024, los trámites se han agilizado un 40% respecto a 2020.

# MÓDULO 5: MANTENIMIENTO Y DIAGNÓSTICO

**Duración estimada:** 8 horas

**Objetivo:** Aprender a realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de sistemas solares fotovoltaicos, diagnosticar fallos comunes y utilizar herramientas avanzadas para optimizar el rendimiento.

## 1. Plan de Mantenimiento Preventivo

Un plan de mantenimiento adecuado puede aumentar la vida útil del sistema hasta un 30% y mejorar su retorno de inversión (ROI).

### Checklist de Mantenimiento Anual:

<b>Paneles Solares</b>	Semestral	Limpieza superficial, revisión estructural	Cepillo de fibra, termógrafo infrarrojo
<b>Inversor</b>	Trimestral	Verificación de conexiones, actualización de firmware	Multímetro, analizador de redes
<b>Baterías</b>	Bimestral	Medición de voltaje de celdas, equalización	Cargador profesional, monitor BMS
<b>Cableado</b>	Anual	Inspección termográfica, estado del aislamiento	Cámara térmica, megóhmetro

### Datos clave:

- La suciedad en los paneles puede reducir la producción hasta un 25%.
- El 80% de los fallos se originan en conexiones eléctricas mal ajustadas.

## 2. Diagnóstico de Fallos Comunes

Identificar y resolver problemas rápidamente es crucial para maximizar la eficiencia del sistema.

### Síntomas y Soluciones:

<b>Baja producción (&lt;70%)</b>	Suciedad, sombreado, degradación	Termografía, análisis de curva I-V	Limpieza, reconfiguración de strings
<b>Inversor en standby</b>	Fallo de red, sobretensión	Verificar error en display/APP	Resetear, mejorar ventilación
<b>Baterías no cargan</b>	BMS bloqueado, desbalanceo de celdas	Medir voltajes individuales	Equalización, reemplazo de celdas

<b>Arcos eléctricos</b>	Conexiones flojas, oxidación	Inspección termográfica	Apretar terminales, aplicar antioxidante
-------------------------	------------------------------	-------------------------	--

---

### 3. Técnicas Avanzadas de Diagnóstico

El uso de herramientas avanzadas permite detectar problemas antes de que afecten significativamente al rendimiento.

#### A. Termografía Infrarroja

- **Patrones críticos:**
  - Puntos calientes ( $>10^{\circ}\text{C}$  diferencia): Indican células defectuosas o sombreado parcial.
  - Conexiones sobrecalentadas: Resistencia de contacto alta.

#### B. Análisis de Curvas I-V

- **Equipo recomendado:** Seaward PV210.
- **Fallos detectables:**
  - Mismatching: Pendiente anormal en la curva.
  - Diodos bypass rotos: Escalones en el voltaje.

#### C. Monitorización Continua

- **Plataformas recomendadas:**
    - SolarEdge Monitoring (para sistemas con optimizadores).
    - Victron VRM (off-grid/híbridos).
- 

## 4. Degradación de Componentes

Entender las tasas normales de degradación ayuda a identificar problemas prematuros.

#### Tasas Normales vs. Alarmantes:

<b>Paneles</b>	0.5-1%/año	$>1.5\%/año$
<b>Baterías LiFePO4</b>	2-3%/año	$>5\%/año$
<b>Inversores</b>	1-2%/año (eficiencia)	Caída $>5\%$ brusca

#### Ejemplo Práctico:

- Panel de 400W con 5 años: Producción esperada  $= 400\text{W} \times (1 - 0.007)^5 = 386\text{W}$
- 

## 5. Kit de Herramientas Profesionales

Las herramientas adecuadas son esenciales para un diagnóstico preciso.

**Herramientas Recomendadas:**

<b>Cámara térmica</b>	Detección de puntos calientes	Fluke TiS75+ (9Hz)
<b>Analizador de redes</b>	Calidad de onda del inversor	Fluke 435 Series II
<b>I-V tracer portátil</b>	Diagnóstico de paneles in situ	Seaward PV210
<b>Multímetro solar</b>	Medición Voc, Isc	Kyoritsu KEW 6516

---

**6. Caso Real: Análisis de Baja Producción**

**Escenario:**

- Instalación de 10 kW produce 40 kWh/día (esperado: 55 kWh).

**Proceso de Diagnóstico:**

1. Revisión de datos de monitorización: 3 strings con 15% de diferencia.
2. Termografía: 2 paneles con puntos calientes en el string 2.
3. Curva I-V: Caída de voltaje anómala en 2 paneles.
4. **Conclusión:** Diodos bypass defectuosos + suciedad acumulada.

**Solución:**

- Reemplazar paneles afectados.
  - Limpieza profesional + programa de mantenimiento regular.
- 

**7. Protocolo de Emergencias**

Los incidentes críticos requieren acciones inmediatas para garantizar la seguridad.

**Incidentes Críticos:**

<b>Fuego eléctrico</b>	Cortar DC y AC inmediatamente; usar extintor Clase C (nunca agua).
<b>Fuga de electrolito</b>	Aislar área; neutralizar con bicarbonato (plomo-ácido).
<b>Descarga atmosférica</b>	Desconectar sistema; verificar SPD y puesta a tierra.

---

**8. Ejercicio Práctico**

**Enunciado:**

Un sistema de 5 kW presenta una caída del 18% en producción. Datos:

- String 1: 8 paneles,  $V_{mp} = 280V$ ,  $I_{mp} = 8A$ .
- String 2: 8 paneles,  $V_{mp} = 260V$ ,  $I_{mp} = 7.2A$ .

### **Tareas:**

1. Calcular desbalanceo (%) entre strings.
2. Listar 3 posibles causas.
3. Proponer protocolo de diagnóstico.

### **Solución:**

#### **1. Desbalanceo:**

$$\text{Desbalanceo} = \frac{(280 \times 8) - (260 \times 7.2)}{(280 \times 8)} \times 100 = 16.4\%$$

#### **2. Posibles causas:**

- Sombreado parcial.
- Diodos defectuosos.
- Suciedad desigual.

#### **3. Protocolo:**

- Termografía → Limpieza → Curva I-V → Reemplazo de componentes.

---

## **9. Conclusión**

"Un mantenimiento preventivo adecuado puede aumentar la vida útil del sistema en un 30% y mejorar el ROI. En 2024, la termografía y monitorización avanzada son estándar en instalaciones profesionales."

# MÓDULO 6: MODELOS DE NEGOCIO Y RENTABILIDAD

**Duración estimada:** 8 horas  
**Objetivo:** Evaluar la viabilidad económica de instalaciones solares fotovoltaicas, seleccionar modelos de negocio adaptados al mercado local y desarrollar estrategias para maximizar la rentabilidad.

## 1. Análisis de Rentabilidad (2024)

El análisis de rentabilidad es clave para justificar inversiones en energía solar. A continuación, se desglosan los costes típicos y los retornos esperados.

### Estructura de Costes Típica:

Coste instalación	€7,000-9,000	€55,000-75,000	€800,000-1.1M
Coste/kW	€1,400-1,800	€1,100-1,500	€800-1,100
Ahorro anual (€)	€900-1,300	€8,000-12,000	€150,000-220,000
ROI	5-7 años	4-6 años	3-5 años

### Datos clave:

- En España, la rentabilidad media post-subsidios ronda el **12-18% anual**.
- Los sistemas con baterías aumentan el ROI en **1-2 años**, pero mejoran la autonomía hasta un **85%**.

## 2. Modelos de Negocio Actuales

### A. Autoconsumo Directo

- Esquema:** Cliente financia el 100% → Ahorro en factura eléctrica.
- Ventaja:** Retorno rápido sin intermediarios.
- Ejemplo:**
  - Vivienda unifamiliar con 5 kW.
  - Producción anual: ~7,000 kWh.
  - Ahorro anual: €1,200 (tarifa €0.18/kWh).

### B. Alquiler de Techo (PPA)

- Mecánica:**
- graph LR
- Empresa -->|Instala paneles| Cliente
- Cliente -->|Compra energía 30% más barata| Empresa

- **Ventajas:**
  - Cero inversión inicial para el cliente.
  - Tarifa típica: €0.08-0.12/kWh (vs. €0.18-0.25 red).

### C. Comunidades Energéticas

- **Modelo:**
  - 20 viviendas instalan 100 kW compartidos.
  - Excedentes se distribuyen mediante blockchain.
- **Beneficio fiscal:** Bonificación IBI del 50% (España).

### D. Venta de Excedentes

- **Compensación simplificada (RD 244/2019):**
    - Precio mercado  $\pm$  ajuste.
    - Límite: No superar consumo anual.
- 

## 3. Casos Reales de Rentabilidad

### Caso A: Supermercado (100 kW)

- **Inversión:** €120,000 (subvencionado al 40%).
- **Ahorro anual:** €28,000.
- **ROI:** 3.2 años.
- **Bonus:** Amortización acelerada (2 años).

### Caso B: Vivienda con Batería (7 kW + 10 kWh)

- **Inversión:** €14,000.
  - **Autoconsumo:** 85% vs. 45% sin batería.
  - **ROI:** 6.5 años (vs. 8 años sin ayudas).
- 

## 4. Estrategias Comerciales

### Tácticas de Ventas Efectivas:

- **Simulador online personalizado:** Mostrar ROI en tiempo real.
- **Financiación a medida:**
  - Opción A: Pago inicial 30% + 60 meses.
  - Opción B: "Paga lo que ahorras" (primer año diferido).
- **Garantías extendidas:**
  - Paneles: 15 años.
  - Inversores: 10 años.

### Argumentario Comercial:

"Es muy caro."      "Con subvención + ahorro, se paga solo en X años."  
"No tengo espacio."    "Con paneles de 400 W sólo necesita XX m²."  
"¿Y si no funciona?"    "Monitorización en tiempo real + garantía de producción."

---

## 5. Modelos Innovadores (2024)

### A. Solar-as-a-Service

- **Mecánica:**
  - Cliente paga cuota fija mensual (ej.: €49/mes).
  - Incluye mantenimiento y actualizaciones.

### B. Tokenización de Plantas

- **Blockchain:**
  - Inversores compran "tokens solares" con retorno del 6-8% anual.

### C. Acuerdos Corporativos

- **Ejemplo:**
    - Cadena hotelera instala 2 MW con financiación bancaria.
    - Ahorro compartido: 70/30.
- 

## 6. Riesgos y Mitigación

Cambios regulatorios	Contratos con cláusula de adaptación.
Aumento precio materiales	Compra anticipada con hedging.
Competencia agresiva	Especialización en nichos (ej.: bombeo solar).

---

## 7. Ejercicio Práctico

### Enunciado:

Cliente industrial con:

- Consumo: 160,000 kWh/año.
- Tarifa: €0.14/kWh.
- Techo disponible: 600 m².

### Tareas:

1. Calcular tamaño óptimo del sistema.
2. Comparar compra vs. PPA.
3. Calcular ROI en ambos casos.

## Solución guiada:

### 1. Dimensionamiento:

Tamaño sistema = Producción específica / Consumo diario

Sistema propuesto: 100 kW (500 m<sup>2</sup> con paneles de 200 W/m<sup>2</sup>).

### 2. Compra:

- Inversión: €110,000.
- Ahorro anual: €22,400.
- ROI: 4.9 años.

### 3. PPA:

- Precio energía: €0.10/kWh.
- Ahorro anual: €6,400.
- ROI: Sin ROI (pero cero inversión).

---

## 8. Conclusión Profesional

"El mercado solar en 2024 ofrece ROIs competitivos incluso sin subvenciones. La clave está en combinar modelos: autoconsumo para clientes con capital, PPAs para quienes prefieren ahorro sin inversión, y comunidades energéticas para maximizar beneficios fiscales."

### Bonus:

- Plantilla Excel descargable:
    - Calculadora de ROI personalizable.
    - Simulador de financiación.
    - Comparativa PPA vs. compra.
-

# ANEXOS: RECURSOS PRÁCTICOS Y COMPLEMENTARIOS

## ANEXO 1: PLANTILLAS DESCARGABLES

### 1.1 Calculadora de Dimensionamiento de Sistemas Solares

- **Descripción:** Hoja de cálculo Excel para calcular el tamaño óptimo de paneles, baterías e inversores.
- **Campos incluidos:**
  - Consumo energético diario/mensual.
  - Horas sol pico (HSP) según ubicación.
  - Degradación anual y ROI proyectado.
- **Fórmulas clave:**  $P_{\text{paneles}} = \frac{\text{HSP} \times \text{Eficiencia del sistema} \times \text{Consumo diario (Wh)}}{1000}$

### 1.2 Simulador Financiero

- **Descripción:** Proyección de ahorros y retorno de inversión (ROI) hasta 20 años.
- **Escenarios incluidos:**
  - Autoconsumo directo.
  - Alquiler de techo (PPA).
  - Comunidades energéticas.

### 1.3 Modelo de Contrato PPA

- **Descripción:** Plantilla editable para acuerdos de compra de energía con clientes.
- **Cláusulas destacadas:**
  - Tarifa fija o variable.
  - Periodo de vigencia (típicamente 10-20 años).
  - Condiciones de mantenimiento.

---

## ANEXO 2: FICHAS TÉCNICAS

### 2.1 Especificaciones Técnicas de Componentes

Paneles solares	JA Solar JAM72D40	21.8%	25 años
Inversores	SolarEdge SE7600H	98.2%	12 años
Baterías	Pylontech US3000C	95%	10 años

### 2.2 Tabla de Compatibilidad

- **Ejemplo:**
  - **Inversor SolarEdge SE7600H:** Compatible con optimizadores P300/P370.
  - **Batería LG Chem RESU10H:** Funciona solo con inversores híbridos compatibles (ej.: GoodWe ET Series).

---

## ANEXO 3: CHECKLIST DE MANTENIMIENTO

### 3.1 Checklist Anual

Paneles solares	Limpieza superficial, inspección termográfica	Semestral	Cámara térmica
Inversor	Verificación de conexiones, actualización FW	Trimestral	Multímetro
Baterías	Medición de voltaje de celdas, equalización	Bimestral	Monitor BMS

### 3.2 Protocolo de Emergencias

- **Incidentes críticos:**
  - **Fuego eléctrico:** Cortar DC/AC inmediatamente; usar extintor Clase C
  - 
  - .
  - **Fuga de electrolito:** Neutralizar con bicarbonato; aislar área afectada.

---

## ANEXO 4: GLOSARIO DE TÉRMINOS

### 4.1 Definiciones Clave

- **Autoconsumo:** Uso de energía generada por un sistema fotovoltaico para cubrir el consumo propio.
- **PPA (Power Purchase Agreement):** Acuerdo mediante el cual un cliente compra energía solar a un precio reducido sin inversión inicial.
- **Degradación anual:** Pérdida de eficiencia promedio de un panel solar (0.5-1%/año).

### 4.2 Abreviaturas

- **CC:** Corriente continua.
- **CA:** Corriente alterna.
- **HSP:** Horas sol pico.
- **DoD:** Depth of Discharge (Profundidad de descarga).

---

## ANEXO 5: MAPAS Y HERRAMIENTAS ONLINE

### 5.1 Mapas de Irradiación Global

- **Global Solar Atlas:** Herramienta interactiva para estimar irradiación solar en cualquier ubicación

- .
- **PVGIS (UE):** Base de datos europea para análisis detallado de radiación solar.

## 5.2 Software de Simulación

- **PV\*SOL:** Simulación horaria y análisis financiero.
- **HOMER Pro:** Optimización económica de sistemas híbridos.
- **SolarEdge Designer:** Diseño gratuito basado en web.

## ANEXO 6: EJERCICIOS PRÁCTICOS RESUELTOS

### 6.1 Ejercicio: Dimensionamiento de Sistema Residencial

- **Datos:**
  - Consumo diario: 15 kWh.
  - Ubicación: Madrid (HSP = 4.5 h/día).
  - Presupuesto medio.
- **Solución:**

#### 1. Dimensionamiento de paneles:

$$P_{\text{paneles}} = 4.5 \times 0.8515,000 = 3,922 \text{ Wp}$$

Paneles necesarios (400 Wp):

$$4003,922 = 10 \text{ paneles}$$

#### 2. Dimensionamiento de baterías:

Capacidad requerida:

$$48 \times 0.815,000 = 391 \text{ Ah}$$

Baterías LiFePO4 recomendadas: 2 unidades de 200 Ah.

#### 3. Selección del inversor:

- Potencia nominal  $\geq 1.25 \times$  consumo pico.
- Inversor híbrido recomendado: 5 kW.

## ANEXO 7: NORMATIVAS Y LEGALIZACIÓN

### 7.1 Flujograma de Legalización

```
graph TD
    A[Inicio] --> B[Memoria técnica]
    B --> C[Licencia obras (ayuntamiento)]
    C --> D[Acceso red (distribuidora)]
    D --> E[Certificado fin de obra]
```

E --> F[Registro RAIPRE]

## 7.2 Documentos Obligatorios

- **España:** RD 244/2019.
- **México:** Ley de la Industria Eléctrica.
- **Colombia:** Resolución 030 CREG.

# ANEXO 7: NORMATIVAS Y LEGALIZACIÓN

## 1. Marco Normativo Internacional

El sector solar está regulado por normativas que varían según la región. A continuación, se presenta una comparativa de los principales marcos regulatorios.

### Comparativa Regional

<b>España</b>	RD 244/2019	Licencia de obras + Autorización ambiental	1-3 meses
<b>México</b>	Ley de la Industria Eléctrica	Registro SENER + Contrato interconexión	2-4 semanas
<b>Colombia</b>	Resolución 030 CREG	Certificado RETIE + Registro UPME	4-8 semanas
<b>Alemania</b>	EEG 2023	Registro Bundesnetzagentur	2-6 semanas

**Nota clave:** En la UE, la Directiva 2018/2001 establece que los trámites deben resolverse en menos de 3 meses para instalaciones de hasta 50 kW

---

## 2. Proceso de Legalización en España (Paso a Paso)

El proceso de legalización en España sigue un flujo estructurado. A continuación, se detalla cada fase:

### Fase 1: Documentación Técnica

- **Memoria técnica:** Descripción del proyecto y cálculos justificativos.
- **Certificado de Instalación Eléctrica (CIE):** Emitido por un electricista autorizado.
- **Esquemas unifilares:** Incluyen protecciones (ID, IG, ICP) y punto de conexión (CUPS).

### Fase 2: Permisos Administrativos

Ayuntamiento	Licencia de obras	€100-€500
Comunidad Autónoma	Autorización ambiental	€0-€300
Distribuidora eléctrica	Acceso y conexión	€200-€800*

( ) Depende de la potencia: Exento para sistemas  $\leq 10$  kW en muchas CCAA.\*

### Fase 3: Registro Final

- **Certificado de fin de obra:** Emitido por un técnico autorizado.
- **Boletín REBT:** Cumplimiento del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- **Inscripción en RAIPRE:** Registro Administrativo de Instalaciones de Producción de Energía Renovable
- .

---

## 3. Requisitos Técnicos Obligatorios

Las instalaciones fotovoltaicas deben cumplir con normas técnicas específicas para garantizar seguridad y eficiencia.

### Protecciones Exigidas (RD 244/2019):

**ICP** Interruptor de generación (obligatorio  $>10$  kW)

**ID** Diferencial  $\leq 30$  mA tipo B

**IG** Magnetotérmico adecuado a  $I_{sc}$

**SPD** Protección contra sobretensiones (Clase II)

### Normas de Instalación:

- **Distancias mínimas:** 1 m desde los bordes de los paneles al límite de la cubierta.
- **Estructuras:** Cálculo de cargas de viento según CTE DB-SE-AE.
- **Cableado:** Sección mínima de 4 mm<sup>2</sup> para strings (UNE-HD 60364-5-52)
- .

---

## 4. Ayudas y Subvenciones 2024

Existen múltiples incentivos para fomentar la instalación de sistemas fotovoltaicos.

### España (Plan NextGen EU):

- **Deducción IRPF:** 20-60% del coste (límite €15,000).
- **Subvenciones autonómicas:** Hasta €600/kWp (ej.: Andalucía).

### Latinoamérica:

<b>México</b>	100% deducción 1er año	CFE Interconexión
<b>Chile</b>	Exención IVA (19%)	Ley 20.571
<b>Argentina</b>	Créditos blandos (TNA 20%)	Procrear Solar

---

## 5. Caso Práctico: Legalización de una Instalación de 5 kW

### Escenario:

- Instalación residencial conectada a red.
- Ubicación: Madrid, España.

### Pasos:

1. **Presentar memoria técnica en ayuntamiento:** 15 días.
2. **Solicitar acceso a red con distribuidora:** Endesa/Naturgy.
3. **Instalación por empresa registrada:** Cumplimiento RITE.
4. **Certificar instalación y registrar en RAIPRE.**

**Coste total:** ~€1,200-€1,800 (incluye tasas y profesional).

---

## 6. Sanciones por Incumplimiento

Operar sin cumplir las normativas puede resultar en sanciones significativas.

Operar sin licencia	€2,000-€6,000
Conexión ilegal a red	€6,001-€60,000
Falsificación documentos	€60,001-€300,000

---

## 7. Tendencias Normativas 2024-2025

- **Simplificación de trámites:** Plataformas digitales únicas (ej.: España Already).
  - **Obligatoriedad solar:** Nueva construcción debe incluir energía renovable (CTE DB-HE 2024).
  - **Comunidades energéticas:** Marco jurídico en desarrollo para compartir energía entre usuarios
  - .
- 

## 8. Recursos Oficiales

- **España:** RD 244/2019.
- **México:** LIE 2014.

- **UE:** Directiva 2018/2001.

---

## **9. Conclusión Profesional**

"La correcta legalización no solo evita sanciones, sino que también garantiza acceso a subvenciones y mejora la revalorización de la propiedad. En 2024, los trámites se han agilizado un 40% respecto a 2020."

---