

ÍNDICE

Prólogo	13
1. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	17
1.1. Energías Renovables	20
1.1.1. Sostenibilidad	22
1.1.2. Energía eólica	24
1.1.3. Energía hidráulica	25
1.1.4. Biomasa	27
1.1.5. Energía geotérmica	28
1.1.6. Otras energías renovables	30
1.1.7. Energía solar	31
1.2. Radiación Solar	33
1.2.1. Tipos de radiación solar	35
1.2.2. Movimiento del sol	36
1.3. Aplicaciones y Ventajas de la Energía Solar	39
1.4. Descripción de Sistemas Fotovoltaicos	41
1.4.1. Sistemas aislados	43
1.4.2. Sistemas de conexión a red	44
1.4.3. Sistemas híbridos	45
1.5. Evolución de las Instalaciones Fotovoltaicas	47
1.6. Ayudas y Subvenciones	51
2. CONVERSIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN ELECTRICIDAD	53
2.1. Efecto Fotovoltaico	56

2.1.1.	Conceptos básicos	56
2.1.2.	Materiales semiconductores	58
2.1.3.	Unión “p-n”	59
2.1.4.	Ancho de banda prohibida	61
2.2.	Células Fotovoltaicas	61
2.2.1.	Tipos de células fotovoltaicas	63
2.3.	Fabricación de Células Fotovoltaicas	66
2.3.1.	Fabricación de células de silicio monocristalino	66
2.3.1.1.	Elaboración del silicio	67
2.3.1.2.	Fabricación de la célula	67
2.3.2.	Fabricación de otro tipo de células	71
2.3.2.1.	Fabricación de células de silicio poli- cristalino	71
2.3.2.2.	Fabricación de células de película delgada. Células de deposición	71
2.3.3.	Estructura de las células fotovoltaicas	76
2.3.4.	Riesgos sobre el medio ambiente asociados a la fabricación de células fotovoltaicas	79
2.3.5.	Sistemas de concentración fotovoltaica	81
2.3.5.1.	Limitaciones	83
2.3.5.2.	Fabricantes	84
2.4.	Módulos Fotovoltaicos	84
2.4.1.	Fabricación de módulos fotovoltaicos	87

2.5. Curvas Características	88
2.5.1. Curvas de las células fotovoltaicas	88
2.5.2. Curvas de los módulos fotovoltaicos	91
3. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS	93
3.1. Sistemas de Generación Aislados	96
3.1.1. Directamente conectados a una carga	96
3.1.2. Sistemas con regulador y batería	97
3.1.3. Sistemas con regulador, batería e inversor	98
3.2. Acumuladores o Baterías Eléctricas	99
3.2.1. Conceptos generales	99
3.2.2. Conexión de baterías	103
3.2.3. Tipos de baterías	104
3.2.4. Baterías de plomo-ácido	105
3.2.5. Baterías de níquel-cadmio	106
3.2.6. Comprobación de baterías de plomo-ácido	107
3.2.7. Ubicación de las baterías	107
3.2.8. Normas para el mantenimiento de baterías ...	108
3.3. Reguladores de Carga	109
3.3.1. Funcionamiento	110
3.4. Inversores de Corriente	111
3.4.1. Pautas para inversores aislados	113

4. CÁLCULO DE INSTALACIONES AISLADAS	117
4.1. Dimensionado de una Instalación	120
4.2. Determinación del Consumo de Energía de la Instalación	121
4.2.1. Tipos de carga	122
4.2.1.1. Cargas en corriente continua	123
4.2.1.2. Cargas en corriente alterna	123
4.2.2. Bombeo de agua	124
4.2.2.1. Prueba de bombeo	126
4.2.2.2. Cálculo de la energía eléctrica requerida por la motobomba	126
4.2.3. Previsión de cargas	128
4.3. Período de Diseño y Factor de Irradiación	129
4.3.1. Orientación e inclinación óptimas	130
4.3.2. Factor de irradiación	131
4.4. Cálculo de Pérdidas por Sombras	132
4.4.1. Procedimiento	133
4.4.1.1. Tablas de Referencia para los Cálculos	136
4.4.2. Factor de llenado y factor de sombras.....	140
4.4.3. Ejemplo	141
4.5. Alineación de módulos solares	142
4.6. Dimensionado del Generador	144

4.7.	Elección de la Capacidad del Acumulador	147
4.7.1.	Consideraciones	149
4.8.	Elección de la Configuración de la Instalación	150
4.8.1.	Elección del inversor	151
4.8.2.	Regulador de carga	153
4.8.3.	Esquemas de conexionado básicos	153
4.9.	Hoja de Cálculo Excel	155
4.9.1.	Estructura de la hoja	155
4.9.2.	Pestaña de trabajo	156
4.9.3.	Pasos para cubrir la hoja	157
4.9.3.1.	Obtención de los datos geográficos y climatológicos	157
4.9.3.2.	Estimación de las cargas diarias previstas en la instalación	158
4.9.3.3.	Cálculo de la radiación prevista en la ubicación seleccionada	159
4.9.3.4.	Cálculo de la potencia necesaria en la instalación	159
4.9.3.5.	Resultados.....	160

**5. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED.
CÁLCULOS Y DIMENSIONAMIENTO** 163

5.1.	Instalaciones Fotovoltaicas de Conexión a Red	166
5.1.1.	Condiciones de diseño de una instalación conectada a red	168
5.1.2.	Sistemas generadores fotovoltaicos	168

5.1.3.	Inversores	170
5.1.4.	Protecciones	173
5.1.5.	Cableado	173
5.1.6.	Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas	174
5.1.7.	Comentarios generales	174
5.2.	Dimensionamiento de la Instalación	176
5.2.1.	Determinación de la cantidad de energía incidente disponible en la ubicación de la instalación: G _{dm}	178
5.2.2.	Determinación de pérdidas por orientación e inclinación y sombras	179
5.2.3.	Definir los principales elementos que constituyen la instalación	180
5.2.4.	Rendimiento energético de la instalación (PR)	183
5.2.5.	Estimación de la producción energética mensual y anual de la instalación	189
5.2.6.	Estructura de la hoja	193
5.2.7.	Cumplimiento de la HE5 del CTE	195
5.2.8.	Pasos para realizar dimensionamiento de instalaciones	197
5.2.9.	Pestaña “CTE HE5”	197
5.2.9.1.	Obtención de los datos geográficos y climatológicos	197
5.2.9.2.	Ámbito de aplicación. Tipo de uso del edificio	198
5.2.10.	Pestaña “cálculo”	203
5.2.10.1.	Obtención de los datos geográficos y climatológicos	203
5.2.10.2.	Cálculo de la radiación prevista en la ubicación seleccionada	204

5.2.10.3. Datos relativos al sistema	206
5.2.10.4. Pérdidas	208
5.2.10.5. Resultados	209
5.2.11. Pestaña “Régimen Económico”	213
6. MARCO LEGAL ECONÓMICO-ADMINISTRATIVO DE LA CONEXIÓN A RED	215
6.1. Evolución de la Legislación de Conexión a Red	218
6.2. Instalaciones Fotovoltaicas. Aplicación de la Legislación Actual	227
6.2.1. La HE 5 del código técnico de la edificación (CTE)	228
6.3. Procedimiento para la Conexión a Red de Instalaciones Fotovoltaicas	242
6.3.1. Solicitud del punto de conexión a la empresa distribuidora (E.D.)	243
6.3.2. Solicitud de autorización administrativa	245
6.3.3. Otros permisos	246
6.3.4. Inscripción en el registro de preasignación de retribución	246
6.3.4.1. Tipología de las instalaciones	248
6.3.4.2. Cupos de potencia	250
6.3.4.3. Potencia de los proyectos	251
6.3.4.4. Régimen económico	252
6.3.5. Ejecución y puesta en servicio de las instala- ciones	257
6.3.6. Formalización de contrato de venta de energía	257

6.3.7.	Inscripción de la instalación en el registro de instalaciones de producción de electricidad en régimen especial (RIPRE)	258
6.3.8.	Mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red	260
7.	EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN	263
7.1.	Integración Arquitectónica	266
7.1.1.	Integración arquitectónica y CTE	266
7.1.2.	Evolución y tendencias	268
7.1.3.	Ejemplos de integración	271
7.2.	Sistemas Soporte de Módulos Fotovoltaicos	272
7.3.	Ubicación del Resto del Equipamiento	274
7.4.	Dimensionado de Cables	275
7.5.	Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión	280
7.5.1.	Circuitos de corriente continua	281
7.5.2.	Circuitos de corriente alterna	284
ANEXO I.	TABLA DE IRRADIACIÓN	287
ANEXO II.	FACTOR DE CORRECCIÓN	291
ANEXO III.	GLOSARIO DE TÉRMINOS	307
ANEXO IV.	ENLACES RECOMENDADOS	313
ANEXO V.	ENTIDADES RELACIONADAS CON LA ENERGÍA SOLAR	317