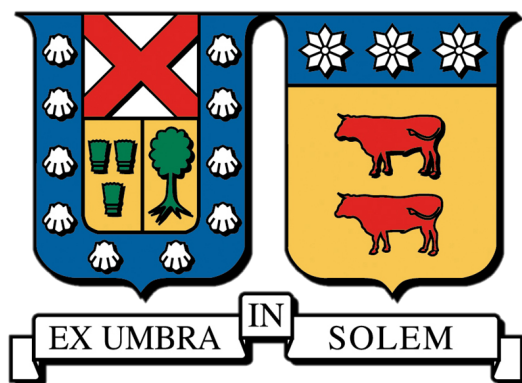


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



**HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA SELECCIÓN,
INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS SOLARES
DE BAJA POTENCIA EN LA EDUCACIÓN MEDIA**

DAVID ANDRÉS MONTES TORRES

**TRABAJO DE TÍTULO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

Guía: Dipl.-Ing. Udo Rheinschmidt
Co-referente: Mg.-Ing. Jaime Espinoza S.

DICIEMBRE - 2024

Dedicatoria

A mi querida familia,
por ser mi pilar fundamental en la vida,
y en especial a mis padres,
por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la dedicación y el amor incondicional.
Gracias por cada sacrificio, por cada palabra de aliento y por creer en mí, incluso cuando yo
dudaba.
Este logro no es solo mío, sino también de ustedes.

Con todo mi cariño y gratitud,
David

Agradecimientos

Durante este largo camino, he tenido el privilegio de contar con el apoyo de muchas personas que han sido fundamentales para alcanzar este logro.

A mi grupo de amigos, tanto en Chillán como en Valparaíso, quienes siempre estuvieron a mi lado, brindándome su compañía, ánimo y risas en los momentos más difíciles. Su amistad ha sido una fuente de fortaleza y motivación.

Al Preusm y sus voluntarios, por ser una luz de inspiración, mi segunda familia, por ser un refugio cuando estuve lejos de casa.

A mis profesores guía, por su paciencia, confianza y apoyo durante esta etapa final.

Al Colegio Friendly High School por brindar el apoyo y todas las facilidades para que este trabajo pudiera concretarse.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento. Este logro también es suyo.

Resumen

Este trabajo propone una serie de secuencias didácticas que los docentes del sistema escolar en educación técnica pueden realizar con el fin de que los estudiantes adquieran competencias de selección, diseño y mantención de sistemas fotovoltaicos de baja potencia.

Lo anterior responde al compromiso por parte del Estado para generar energía eléctrica por medio de tecnologías no contaminantes, como la fotovoltaica, para combatir el cambio climático. Además, en Chile existe un gran potencial para utilizar el recurso solar y ante este panorama, se requiere una cantidad de mano de obra técnica que pueda soportar la creciente demanda del sector.

Para lograr el objetivo de desarrollar una herramienta didáctica para los docentes de la educación media y articular módulos de energía fotovoltaica en los planes de estudio fue necesario, en un inicio, preparar un marco teórico que logre reunir tanto el aspecto técnico que aporta la ingeniería mecánica con el aspecto de la enseñanza y el aprendizaje que aporta la pedagogía. Con este marco se han diseñado 8 secuencias didácticas y propuestas de evaluación formativas y sumativas que se pueden materializar en 21 clases de dos horas pedagógicas cada una.

Con el afán de articular estas secuencias con el currículo escolar vigente, también se incluye una propuesta curricular que considera los contenidos y objetivos que pueden coincidir con algunas asignaturas de la especialidad de electricidad, esto producto del estudio de las Bases curriculares vigentes.

Finalmente, esperando que este trabajo pueda ser un aporte concreto en la formación de los estudiantes, se diseñó una lista de todos los materiales necesarios para que los colegios puedan crear e implementar un laboratorio fotovoltaico, que contenga todos los elementos necesarios para ser utilizados como material didáctico.

Abstract

This work proposes a series of didactic sequences that teachers in the technical education school system can carry out in order for students to acquire competencies in the selection, design, and maintenance of low power photovoltaic systems.

This responds to the State's commitment to generate electricity through non-polluting technologies, such as photovoltaic, to combat climate change. In addition, in Chile there is a great potential to use the solar resource and in view of this scenario, a number of technical labor is required to support the growing demand of the sector.

In order to achieve the objective of developing a didactic tool for secondary education teachers and to articulate photovoltaic energy modules in the study plans, it was necessary, at the beginning, to prepare a theoretical framework that could bring together both the technical aspect provided by mechanical engineering and the teaching and learning aspect provided by pedagogy. With this framework, 8 didactic sequences and formative and summative evaluation proposals have been designed, which can be materialized in 21 classes of two teaching hours each.

In order to articulate these sequences with the current school curriculum, a curricular proposal is also included that considers the contents and objectives that may coincide with some subjects of the electricity specialty, as a result of the study of the current curricular bases.

Finally, hoping that this work can be a concrete contribution to the training of students, a list of all the necessary materials was designed so that schools can create and implement a photovoltaic laboratory, containing all the necessary elements to be used as teaching material.

Nomenclatura

Símbolo	Significado, unidades
C_{banco_bat}	Capacidad del banco de baterías, Ah
C_{bat}	Capacidad unitaria de batería, Ah
DoD	Profundidad de descarga, -
FP	Factor de potencia, -
G_{sc}	Constante Solar, W/m ²
HSP	Hora Solar Peak, h
h_{max}	Altura máxima solar, °
h_{min}	Altura mínima solar, °
$I_{arreglo_PV}$	Corriente del arreglo fotovoltaico, -
I_{carga_bat}	Corriente de carga de batería, A
I_m	Corriente de máxima potencia, A
I_{sc}	Corriente de cortocircuito, A
$n_{baterias}$	Número de baterías, unidades
$n_{baterias_serie}$	Número de baterías en serie, unidades
$n_{ramas_paralelo}$	Ramas de baterías en paralelo, unidades
P_{max}	Potencia máxima requerida, W
P_{MPP}	Punto de máxima potencia, W
$S_{inversor}$	Potencia aparente del inversor, VA
V_{banco_bat}	Tensión nominal del banco de baterías, V
V_m	Tensión de máxima potencia, V
$V_{mppt_regulador}$	Tensión de máxima potencia del regulador, V
V_{oc}	Tensión de circuito abierto, V
w_{ac}	Energía diaria demandada, Wh
$w_{arreglo_PV}$	Energía del arreglo fotovoltaico, Wh
w_{banco_bat}	Energía del banco de baterías, Wh
β	Ángulo de inclinación óptimo, °
η_{bat}	Eficiencia de la batería, -
$\eta_{inversor}$	Eficiencia del inversor, -
$\eta_{regulador}$	Eficiencia del regulador, -
ϕ	Latitud, °

Siglas	Significado
APP	Aplicación o programa de software
CAD	Diseño asistido por computadora
CAM	Manufactura asistida por computador
CNC	Máquinas de control numérico
EPP	Elementos de protección personal
FV	Fotovoltaico
MIG	Soldadura por gas inerte metálico
OA	Objetivo de aprendizaje
ONU	Organización de las Naciones Unidas
SEC	Superintendencia de Electricidad y Combustible
SENCE	Servicio Nacional de Capacitación y Empleo
TIC	Tecnología de la Información y las Comunicaciones
TIG	Soldadura por gas inerte de tungsteno

Índice

1	Introducción	1
2	Objetivos	2
3	Estado del arte	3
4	Marco Teórico	5
4.1	Marco disciplinar	5
4.1.1	Energía solar	5
4.1.2	Movimientos de la Tierra	7
4.1.3	Criterios de orientación e inclinación	8
4.1.4	Tecnología fotovoltaica	9
4.1.5	Diseño de sistemas fotovoltaicos off-grid	16
4.1.6	Montaje y mantenimiento general de sistemas FV	20
4.2	Marco pedagógico	23
4.2.1	Aprender a enseñar ciencias	23
4.2.2	Elaboración de una secuencia didáctica	26
5	Diseño de las secuencias didácticas	33
5.1	Currículo chileno de educación técnico profesional	33
5.1.1	Especialidad mecánica industrial	34
5.1.2	Especialidad electricidad	37
5.2	Secuencias didácticas	39
5.2.1	Primera sesión	39
5.2.2	Energía solar	40
5.2.3	Movimientos relativos Tierra-Sol	42
5.2.4	Circuitos y conexiones	44
5.2.5	Tecnología Fovovoltaica	46
5.2.6	Selección y diseño de sistemas fotovoltaicos	47

5.2.7	Mantenimiento y normativa de sistemas off-grid	53
5.2.8	Selección, diseño y mantenimiento de sistema FV off-grid (práctico)	54
5.2.9	Propuesta de evaluación	58
5.3	Propuesta curricular	62
5.4	Material didáctico: Laboratorio FV	63
6	Conclusiones	64
	Referencias	65
A	Memoria de cálculo	I
A.1	Parámetros de ubicación	I
A.2	Demanda y potencia máxima	III
A.3	Selección del inversor	IV
A.4	Selección del banco de baterías	V
A.4.1	Uso de baterías de 24 V	V
A.4.2	Uso de baterías de 12 V (alternativa)	VI
A.5	Selección del regulador de carga	VII
A.6	Selección del arreglo de paneles fotovoltaicos	VIII
A.6.1	Alternativa	IX

Lista de Tablas

5.1	Evaluaciones formativas	59
5.2	Rúbrica del portafolio. fuente: Elaboración propia.	60
5.3	Escala de notas rúbrica de portafolio en tres partes. Fuente: Elaboración propia. . .	60
5.4	(a) Parte 1	60
5.5	(b) Parte 2	60
5.6	(c) Parte 3	60
5.7	Rúbrica del proyecto final. Fuente: Elaboración propia.	61
5.8	Escala de notas rúbrica de proyecto final. Fuente: Elaboración propia	61
5.9	(a) Parte 1	61
5.10	(b) Parte 2	61
5.11	(c) Parte 3	61
5.12	(d) Parte 4	61
5.13	(e) Parte 5	61
5.14	Propuesta curricular. Fuente: Elaboración propia.	62
5.15	Laboratorio FV: lista del material didáctico.	63
A.1	Demanda de energía eléctrica en la localización seleccionada. Fuente: Elaboración propia.	III

Lista de Figuras

4.1	Relación Tierra-Sol. Fuente: Duffie and Beckman (2013).	5
4.2	Irradiancia horizontal incidente por hora, para la ciudad de Valparaíso. Fuente: Explorador Solar. Ministerio de Energía (2024).	6
4.3	Radiación promedio mensual horizontal e inclinada para la ciudad de Valparaíso. Fuente: Explorador Solar. Ministerio de Energía (2024).	6
4.4	Coordenadas ecuatoriales y horizontales. Fuente: Duffie and Beckman (2013). . . .	7
4.5	Esquema de las partes de un panel fotovoltaico. Fuente: Manual sobre instalación de plantas fotovoltaicas. Ayllu Solar (2024).	10
4.6	(a) panel monocristalino, (b) panel policristalino, (c) Panel flexible. Fuente: Manual sobre instalación de plantas fotovoltaicas. Ayllu Solar (2024).	11
4.7	Curva corriente vs. tensión (I-V) en diferentes condiciones de temperatura e irradiación. Fuente: Ruiz et al. (2019).	12
4.8	Curva potencia vs. tensión (P-V) en diferentes condiciones de temperatura e irradiación. Fuente: Ruiz et al. (2019).	12
4.9	Esquema instalación fotovoiltaica on-grid. Fuente: Instaladores de placas solares. SotySolar (2024).	13
4.10	Esquema instalación fotovoiltaica off-grid. Fuente: Instaladores de placas solares. SotySolar (2024).	14
4.11	Esquema fuentes conectadas en serie. Fuente: Rohde-Schwarz.	15
4.12	Esquema fuentes conectadas en paralelo. Fuente: Rohde-Schwarz.	15
4.13	Kit de montaje que incluye rieles, bases ajustables (inclinación), sujeciones finales (extremo panel) y sujeciones centrales (entre paneles). Fuente: Catálogo paneles solares. SolarStore (2024).	20
4.14	Esquema de conexión entre los elementos del sistema off-grid. Fuente: RichSolar. . .	21
4.15	Limpieza de paneles. Fuente: AylluSolar.	22
4.16	La Didáctica de las Ciencias: un campo de estudio multidisciplinar. Fuente: Sanmartí (2002).	23

4.17	Enseñar Ciencias en la educación secundaria obligatoria. Fuente: Sanmartí (2002).	24
4.18	Modelo de planeación en un enfoque de competencias. Fuente: Díaz Barriga (2014).	27
4.19	formato propuesta para construir una secuencia didáctica. Fuente: Díaz Barriga (2014).	32
5.1	Eclíptica solar desde Valparaíso. Fuente: Stellarium.	43
5.2	Carta solar de Valparaíso. Fuente: Universidad de Oregon.	43
5.3	Perfil de consumo. Fuente: Fundación energía comunitaria (2017).	48
5.4	Especificación inversor VICTRON Serie Phoenix con 12V y 250 VA. Fuente: Catálogo paneles solares. SolarStore (2024).	49
5.5	Especificación batería NIMAC Serie 6-GFM-55J con 12V y 55Ah. Fuente: Catálogo paneles solares. SolarStore (2024).	50
5.6	Especificación inversor BlueSolar Serie PWM-LCD&USB 12/24V y 48V. Fuente: Catálogo paneles solares. SolarStore (2024).	51
5.7	Especificación panel monocristalino Resun Serie RSM-100M 100W y 12V. Fuente: Catálogo paneles solares. SolarStore (2024).	52
5.8	(a) Conector MC4 simple, (b) conector MC4 doble, (c) conector MC4 triple. Fuente: Catálogo paneles solares. SolarStore (2024).	55
5.9	Conexión paneles en serie. Fuente: Solar fácil.	55
5.10	Conexión paneles en paralelo. Fuente: AutoSolar.	56
5.11	Vista conexiones de entrada inversor VICTRON Phoenix 250VA-12V. Fuente: SolarStore	56
5.12	Vista conexiones de salida inversor VICTRON Phoenix 250VA-12V. Fuente: SolarStore.	57
5.13	Vista conexiones de controlador VICTRON SmartSolar 250V-100A. Fuente: SolarStore.	57
5.14	Ejemplo de banco y maquetas laboratorio fotovoltaico. Fuente: (Ruiz et al., 2019).	63
A.1	Mapa del sitio seleccionado. Fuente: Explorador Solar.	I
A.2	Promedio mensual de la radiación diaria del sitio seleccionado. Fuente: Explorador Solar.	II
A.3	Hora solar peak promedio. Fuente: Data access viewer, NASA.	II
A.4	Especificación inversor VP 3000-24. Fuente: SolarStore.	IV
A.5	Especificación batería Pylontech RT2450-24V. Fuente: SolarStore.	V
A.6	Especificaciones de la batería Taiyo TYG12-33 de 12 V. Fuente: SolarStore.	VI
A.7	Especificaciones del regulador Victron SmartSolar 250/100. Fuente: SolarStore.	VIII
A.8	Especificaciones del panel monocristalino RESUN RSM-100M. Fuente: SolarStore.	IX
A.9	Especificaciones del panel monocristalino Restarsolar RT7I-M 450W. Fuente: SolarStore.	X

1

Introducción

Chile tiene la meta de alcanzar un 70% de generación eléctrica proveniente de fuentes renovables para el año 2050, como aspecto clave en la lucha contra el cambio climático y un futuro más sostenible. Para diversificar la matriz energética chilena, es esencial el uso de la energía solar, fuente de la que nuestro país goza de especial privilegio debido a su clima y geografía. No obstante, para expandir la industria solar se hace necesario contar con una fuerza laboral capacitada y especializada, siendo clave la alianza entre la educación técnico profesional y las energías renovables. En Chile, tres de cada cuatro empleos en el sector corresponden a técnicos profesionales y se requieren entre 600 mil y 700 mil técnicos para suplir la actual demanda laboral.

La educación técnico profesional ofrece oportunidades para articular el quehacer laboral con el área energética solar, aunque en la actualidad, los planes de estudio que han sido adaptados y actualizados a nuestra realidad país en materia de energía solar, pertenecen solo a la educación técnica de nivel superior, dejando a la educación técnica de nivel medio fuera de la ecuación. Esto se debe a que el currículum escolar de educación técnica no consideraba el auge de las energías renovables basadas en recurso solar, no ha sido modificado desde el año 2016 y los docentes no tienen formación técnica o pedagógica suficiente para dirigir un proceso de enseñanza y aprendizaje que permita a los jóvenes estudiantes desarrollar las competencias necesarias para sumarse laboralmente a sus pares universitarios.

Este trabajo pretende entonces, desarrollar una herramienta didáctica para aquellos docentes que se desempeñan en educación media técnico profesional, que les permita planificar y conducir clases en sus establecimientos en proyectos solares, proponiendo desde las secuencias didácticas hasta los activos necesarios para que sus estudiantes desarrollen las competencias para diseñar y mantener sistemas solares de baja potencia y, en un futuro, insertarse al mercado laboral creciente.

2

Objetivos

El objetivo de este trabajo es desarrollar una herramienta didáctica para docentes de educación media, para articular módulos de energía solar fotovoltaica en los planes de estudio, proponiendo secuencias que permitan a los estudiantes adquirir las competencias necesarias para el diseño, instalación y mantenimiento de proyectos solares de baja potencia.

Para realizar este trabajo de título, se deben completar los siguientes objetivos:

- Identificar las estructuras de programas existentes que promuevan educación sobre energía solar y que sean aplicables a la educación media.
- Sintetizar los conocimientos de ciencias básicas e ingeniería mecánica afines a la temática para determinar los niveles donde sea aconsejable la intervención.
- Diseñar secuencias didácticas que permitan al docente conducir un proceso en que los estudiantes adquieran las competencias necesarias para el diseño de proyectos de energía solar de baja potencia.
- Proponer instancias para articular la propuesta didáctica con los planes de estudio actuales.
- Proponer instancias para articular las secuencias, considerando los objetivos de aprendizaje de las bases curriculares relacionadas con el uso de energías renovables, diseño de proyectos, diseño de sistemas eléctricos, entre otros.
- Describir los equipos y elementos básicos necesarios para el desarrollo de la propuesta didáctica.

3

Estado del arte

Chile se ha consolidado como un referente en energías renovables, destacándose especialmente en la adopción de la energía solar. Este desarrollo ha sido impulsado por condiciones geográficas únicas, como el Desierto de Atacama, una de las zonas con mayor irradiancia solar del mundo. En este contexto, la formación y enseñanza en diseño e instalación de paneles solares ha crecido significativamente, respondiendo a la necesidad de profesionales capacitados para satisfacer la creciente demanda de soluciones energéticas sostenibles.

Diversas instituciones de educación superior en Chile han desarrollado programas especializados en energía solar. Estos incluyen cursos de pregrado y postgrado que permiten a los estudiantes adquirir competencias clave en el diseño, instalación y mantenimiento de proyectos solares fotovoltaicos. Entre las iniciativas destacadas se encuentran el Instituto Solar Chile, que ofrece cursos como "Dimensionamiento On y Off-grid", que capacita en el diseño de sistemas solares conectados y no conectados a la red eléctrica, con énfasis en el dimensionamiento y selección de equipos, y "Desarrollo de Proyectos Utility Scale", que aborda el diseño y la gestión de grandes proyectos solares fotovoltaicos, dirigidos a quienes buscan operar a escala industrial. Ambos cursos se imparten de forma presencial e incluyen clases expositivas y prácticas adaptadas para profesionales y estudiantes de educación superior.

Otra organización destacada es Estudio Solar, que ofrece formación en modalidad presencial y en línea, combinando clases teóricas y prácticas. Sus programas incluyen certificaciones avaladas por instituciones como SENCE y ACESOL, garantizando altos estándares de calidad.

Además de las instituciones formales, existen iniciativas que buscan democratizar el conocimiento sobre energía solar. Solartex Chile y Generation Chile ofrecen cursos gratuitos en modalidad presencial, diseñados para introducir a jóvenes de 18 años y público general en el diseño e instalación

de sistemas solares fotovoltaicos. Portales como UdeMy y Coursera también ofrecen una amplia gama de cursos relacionados con diseño y mantenimiento de proyectos solares fotovoltaicos. Sin embargo, su modalidad 100% online y la falta de proyectos prácticos pueden limitar la experiencia de aprendizaje.

A pesar del avance en la formación técnica y profesional, existen pocas oportunidades para que estudiantes en edad escolar accedan a conocimientos relacionados con la energía solar. En el currículo de especialidades como electricidad y mecánica, vigente desde 2016, no se han encontrado objetivos de aprendizaje ni contenidos específicos sobre proyectos solares fotovoltaicos. Esto representa una oportunidad para que colegios y liceos integren estos módulos en su currículo emergente, con las adaptaciones necesarias.

El desarrollo de competencias en energía fotovoltaica en el ámbito escolar podría contribuir significativamente al fortalecimiento de la educación técnica en Chile. Integrar este tipo de formación desde edades tempranas permitiría fomentar una cultura de sostenibilidad y conciencia energética, preparar a los estudiantes para responder a las demandas del mercado laboral emergente, y potenciar el liderazgo de Chile en energías renovables a nivel global. Ejemplo de ello es que se ha encontrado evidencia que, en Colombia, algunas universidades han formado alianzas con establecimientos de secundaria de modo que tengan acceso a laboratorios de energías renovables, pero no como cursos o visitas realizables, sino que de manera formal integrándose en los currículos escolares de dicho país. Esto es lo que se espera proyectar en nuestro país y que este trabajo pueda aportar en dicha línea.

Si bien Chile ha avanzado considerablemente en la enseñanza de energía fotovoltaica en el ámbito profesional y técnico, existe un área poco explorada en el sistema escolar. Diseñar e implementar programas educativos dirigidos a estudiantes de educación media podría marcar una diferencia significativa en el desarrollo del sector y en la preparación de las futuras generaciones para enfrentar los desafíos energéticos y ambientales.

Cualquier esfuerzo por integrar el diseño de proyectos solares al sistema educativo chileno será un aporte valioso para consolidar la transición hacia un modelo energético más sustentable.

4

Marco Teórico

4.1 Marco disciplinar

4.1.1 Energía solar

En el núcleo del Sol se producen continuamente reacciones nucleares de fusión que son la fuente de su energía y que mantienen su núcleo entre $8 \cdot 10^6$ y $40 \cdot 10^6$ K. Así como mencionan Duffie and Beckman (2013), la excentricidad de la órbita terrestre es tal que la distancia entre el Sol y la Tierra varía en un 1,7%. A una distancia de una unidad astronómica, $1,495 \cdot 10^{11}$ m, la distancia media entre la Tierra y el Sol, éste forma un ángulo de 32° (Figura 4.1). La constante solar G_{sc} es la energía del Sol por unidad de tiempo recibida en una unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación a la distancia media Tierra-Sol fuera de la atmósfera. Actualmente, el Centro Mundial de Radiación ha adoptado un valor de 1367 W/m^2 para dicha constante.

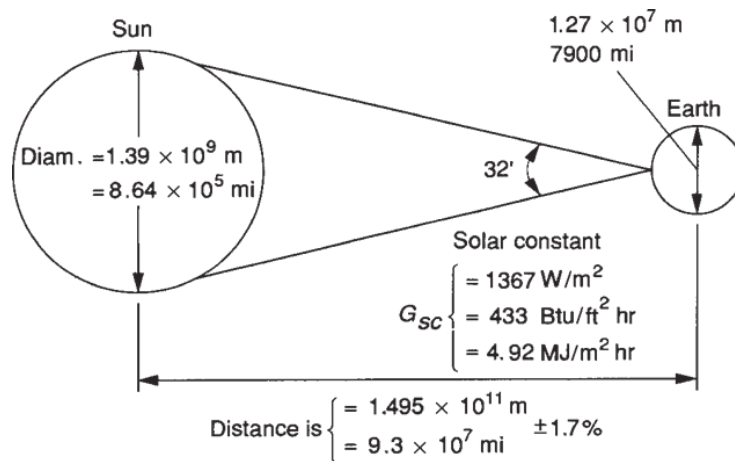


Figura 4.1: Relación Tierra-Sol. Fuente: Duffie and Beckman (2013).

Irradiancia

La irradiancia se define como la relación de la potencia incidente por unidad de superficie de cualquier onda electromagnética con la superficie que la recibe (Duffie and Beckman, 2013). La Figura 4.2 muestra la irradiancia horizontal incidente para la ciudad de Valparaíso.

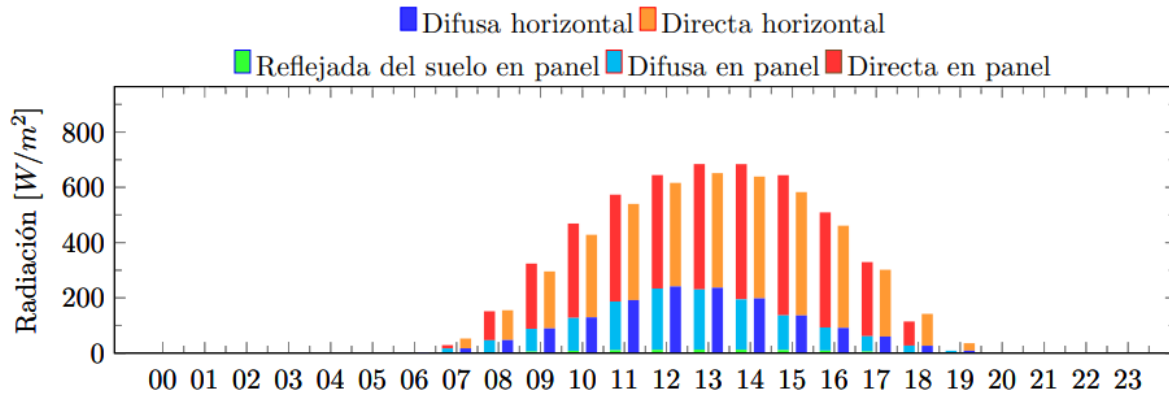


Figura 4.2: Irradiancia horizontal incidente por hora, para la ciudad de Valparaíso. Fuente: Explorador Solar. Ministerio de Energía (2024).

Radiación

La radiación es la cantidad de irradiancia recibida en un tiempo determinado, por lo tanto, es una medida de energía. (Duffie and Beckman, 2013). La Figura 4.3 muestra la radiación promedio mensual incidente de forma horizontal e inclinada, para la ciudad de Valparaíso.

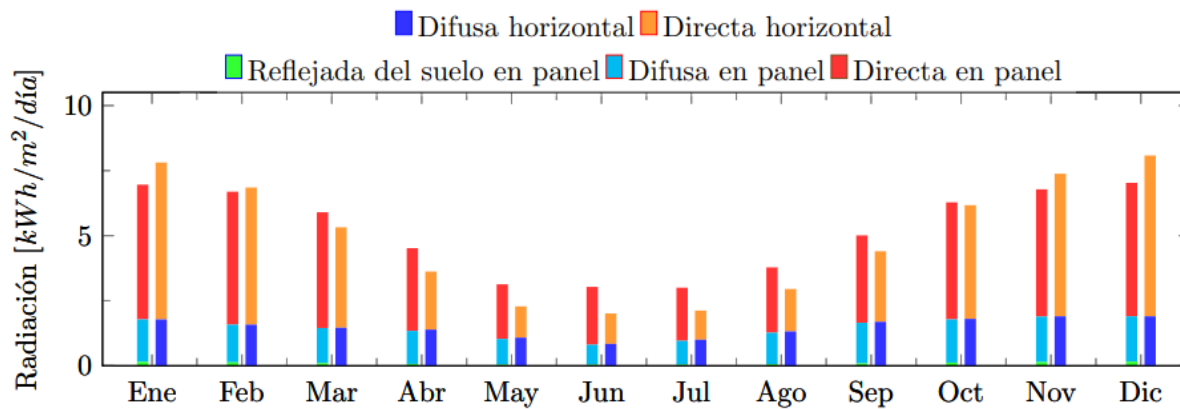


Figura 4.3: Radiación promedio mensual horizontal e inclinada para la ciudad de Valparaíso. Fuente: Explorador Solar. Ministerio de Energía (2024).

La hora solar peak HSP corresponde a la energía recibida por una radiación de 1.000 W/m^2 durante 1 hora. Como el punto geográfico es una variable a tener en cuenta, la HSP puede cambiar drásticamente entre ciudades del mismo país. La HSP se estima mediante la Ecuación 4.1.

$$HSP = \frac{Radiation}{1000} [h] \quad (4.1)$$

4.1.2 Movimientos de la Tierra

A nivel global, el movimiento de la Tierra con respecto al Sol no es circular, sino elíptico. La distancia mínima del Sol con la Tierra es en los meses de verano, mientras que la mayor distancia corresponde a los meses de invierno. Además, el eje de rotación de la Tierra tiene una inclinación de 23.45° . Conocer la posición del Sol sirve para saber cuáles van a ser las distancias de las sombras que se produzcan a lo largo del día y año, producidas por las obstrucciones naturales y artificiales que existan en el lugar de instalación de los sistemas solares (Duffie and Beckman, 2013). Para conocerla, existen dos tipos de coordenadas:

- **Coordenadas Ecuatoriales:** El plano fundamental de medida es el Ecuador Celeste.
- **Coordenadas Horizontales:** El plano fundamental de medida es el horizonte del observador.

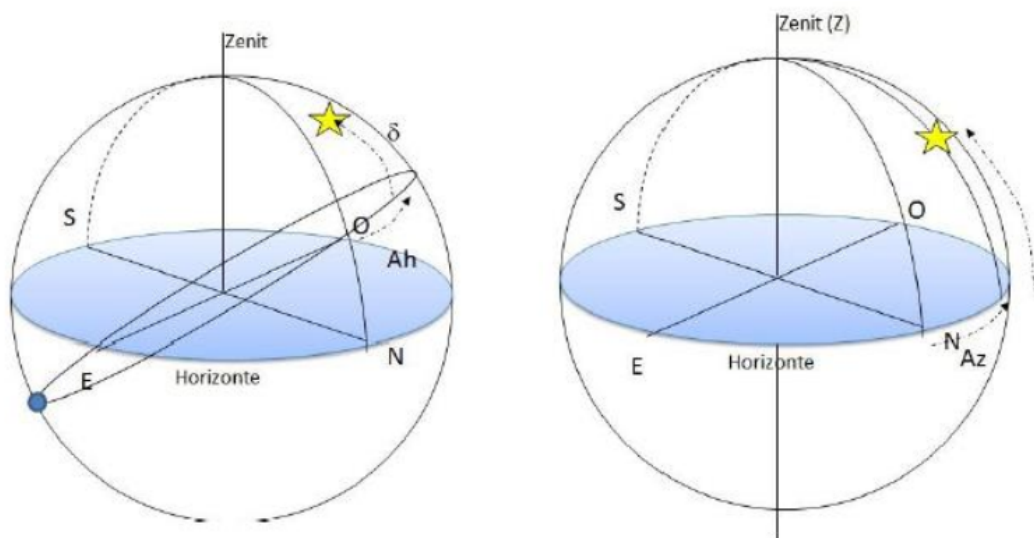


Figura 4.4: Coordenadas ecuatoriales y horizontales. Fuente: Duffie and Beckman (2013).

Altura solar

La altura solar toma como referencia el plano horizontal del observador, y corresponde al ángulo formado entre el plano horizontal y la posición del sol en la bóveda celeste. También se conoce como ángulo de elevación solar al valor que varía en cada momento del día, siendo en un día su valor máximo cuando el sol corta el meridiano del lugar coincidente con el mediodía solar (Duffie and Beckman, 2013). La altura solar máxima y mínima en un lugar geográfico determinado se puede calcular geométricamente con las ecuaciones 4.2 y 4.3.

$$h_{max} = 90^\circ - 23,45^\circ + |\phi| [^\circ] \quad (4.2)$$

$$h_{min} = 90^\circ - 23,45^\circ - |\phi| [^\circ] \quad (4.3)$$

Donde ϕ es la latitud del lugar geográfico.

La información de altura solar es de suma importancia para calcular la ubicación óptima del sistema de captación solar y calcular las sombras que se producen debido a las sombras de obstrucciones naturales y artificiales. El azimut corresponde al ángulo formado entre el norte geográfico (azimut 0°) y la posición del sol proyectada en el plano horizontal de la observación. Son valores de 0° a $\pm 180^\circ$, valores negativos al este y positivos al oeste del norte geográfico. Conociendo la declinación solar (ángulo formado entre el ecuador celeste y la posición del sol); la altura solar, se puede comenzar a trabajar con los diagramas de elevación solar y los diagramas estereográficos.

4.1.3 Criterios de orientación e inclinación

La instalación del sistema de captación en cuanto a inclinación y orientación en un lugar determinado (Latitud), según Duffie and Beckman (2013), debe ser realizada para optimizar la mayor captación de la radiación solar según el tipo de usuario. Definido lo anterior, se procede a utilizar la “Altura solar” para realizar los cálculos de pérdidas por sombras, debido a los mismos captadores o producidas por otras obstrucciones naturales o artificiales (montañas, cerro, árboles, etc.). Para la ubicación de un sistema de captación solar, se debe tener en cuenta:

- En verano, el sol tiene una mayor altura, es decir, un mayor ángulo de elevación.
- En invierno, el sol tiene menor altura.
- En verano, las sombras son más cortas.

- En invierno, las sombras son más largas.
- La orientación óptima siempre será el norte geográfico, con una variación máxima de (+,-) 15° al este u oeste.
- La salida y puesta del sol, variará en azimut todos los días del año.
- Realizar un levantamiento de las obstrucciones del lugar en cuento a altura y azimut de las mismas.

Con esta información, como indica Duffie and Beckman (2013), se debe hacer un análisis exhaustivo del recurso solar y emplazamiento donde se va a hacer la instalación para saber cuál es el lugar óptimo para el panel fotovoltaico. El ángulo de inclinación óptimo (β) de un sistema de captación está dado por la Ecuación 4.4.

$$\beta = 3.7^\circ + 0,69^\circ \cdot |\phi| [^\circ] \quad (4.4)$$

4.1.4 Tecnología fotovoltaica

Celdas fotovoltaicas

Los fotones de un rayo de luz tienen cierto nivel de energía que está determinado por su frecuencia, y al incidir sobre el metal, los electrones de éste pueden absorber la energía de los fotones, siendo excitados. Si la energía es mayor que la función de trabajo propia del material, entonces el electrón es liberado y se pueden desplazar influenciados por la diferencia de tensión, creándose una corriente. Cuando la intensidad de la luz aumenta, aumenta la cantidad de electrones que se liberan, pero no la energía cinética con que se libera cada uno.

Tanto los materiales conductores, semiconductores y aisladores a nivel atómico están formados por bandas de energía, donde la más externa es la banda de conducción y la que sigue es la de valencia, y entre las diferentes bandas existen bandas prohibidas, que son niveles de energía que los electrones no pueden tener. En un conductor, los electrones se caracterizan por estar ligados débilmente a la banda de valencia, por lo que pueden pasar con gran facilidad a la banda de conducción que está a medio llenar, donde los electrones se pueden mover libremente, cuando se aplica una tensión externa. En cambio, en un material aislante, los electrones de la banda de valencia están fuertemente ligados en enlaces interatómicos. En un material semiconductor, la banda de conducción está vacía y la de valencia es ocupada completamente y sus electrones forman enlaces que no son demasiado fuertes. Con una diferencia de tensión suficiente, pueden pasar de la

banda de valencia a la de conducción.

Para mejorar la conductividad de un semiconductor se utiliza la técnica del dopaje, que consiste en agregar a un semiconductor como el silicio, otro material que posea un electrón de valencia más, como fósforo o arsénico, obteniendo un material tipo N, en que los electrones saltan más fácilmente a la banda de conducción, mejorando su conductividad. También al semiconductor se le puede agregar un material con un electrón menos en la banda de valencia como boro o galio, así se tiene un material tipo P con más huecos para conducir electricidad. Al crear una unión de materiales tipo N y P, los electrones libres se difunden desde N hacia P creando un campo eléctrico en la unión debido al gradiente de la carga; en una juntura de silicio, la diferencia de potencial de equilibrio tiene un valor de 0,7 V aproximadamente. Al aplicar una tensión externa, donde el lado N tiene mayor potencial que el lado P, los electrones libres son alejados de la unión, lo que se traduce en ausencia de flujo de cargas, pero si se conecta de forma inversa, los portadores son empujados hacia el lado opuesto de la juntura, dándose la conducción de corriente (Duffie and Beckman, 2013).

Paneles fotovoltaicos

Las células se encapsulan en una resina, y se colocan entre dos láminas para formar los módulos fotovoltaicos. La lámina exterior es de vidrio y la posterior puede ser de plástico opaco o de vidrio, si se quiere hacer un módulo semitransparente (Méndez and Cuervo, 2007).



Figura 4.5: Esquema de las partes de un panel fotovoltaico. Fuente: Manual sobre instalación de plantas fotovoltaicas. Ayllu Solar (2024).

En el mercado se pueden encontrar 3 tipos de paneles fotovoltaicos (Catálogo paneles solares. SolarStore, 2024):

- Monocristalino: se reconoce a simple vista, ya que su superficie es uniforme. Expuestas a la luz actúan como un espejo grisáceo. Su eficiencia se encuentra entre 18% y 22%.

- Policristalino: Refleja la luz en forma no uniforme, pudiéndose observar las imperfecciones del cristal. Presentan una coloración azulada. Su eficiencia se encuentra entre 14% y 17%.
- Capa fina (flexible): Como su nombre lo indica estas células no poseen una estructura cristalina. Son más económicos. Se usa línea de producción continua. (Paneles transparentes y flexibles). Su eficiencia se encuentra entre 8% y 12%.

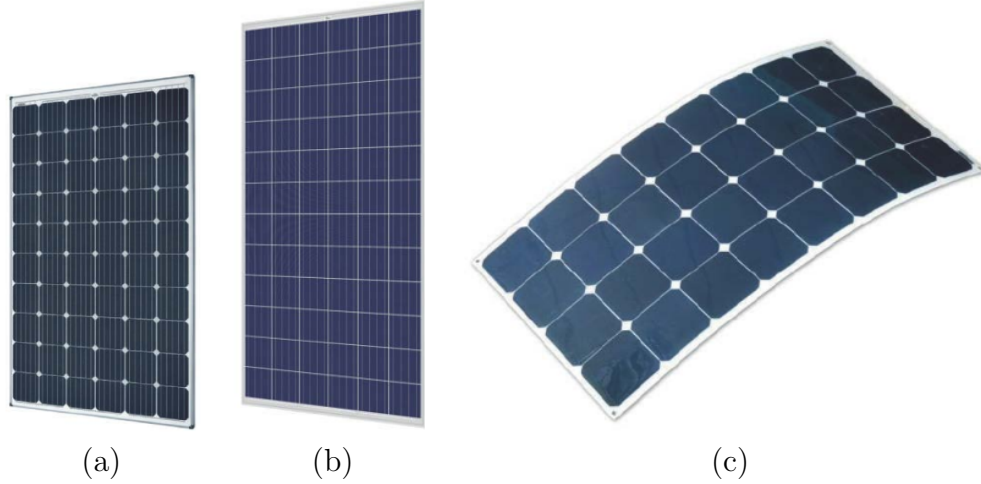


Figura 4.6: (a) panel monocristalino, (b) panel policristalino, (c) Panel flexible. Fuente: Manual sobre instalación de plantas fotovoltaicas. Ayllu Solar (2024).

Las celdas fotovoltaicas producen corriente continua, y su curva I-V se caracteriza por generar una intensidad de corriente constante para un amplio rango de tensiones. Pero, alcanzado cierto valor, la corriente disminuye asintóticamente a cero.

La corriente de cortocircuito I_{sc} es la máxima corriente que puede fluir por un panel, cuando la tensión en los terminales es cero. Mientras que el máximo voltaje que alcanza el panel es el voltaje de circuito abierto V_{oc} .

En la curva I-V existe un punto conocido como “punto de máxima potencia” (P_{MPP} por sus siglas en inglés), donde se obtiene la máxima potencia posible, y las coordenadas de dicho punto son designadas por I_m y V_m , teniendo que:

$$P_{MPP} = I_m \cdot V_m [W] \quad (4.5)$$

Es importante operar en este punto porque es donde se alcanza la máxima eficiencia del panel, pudiendo generar mayor cantidad de energía en cada instante.

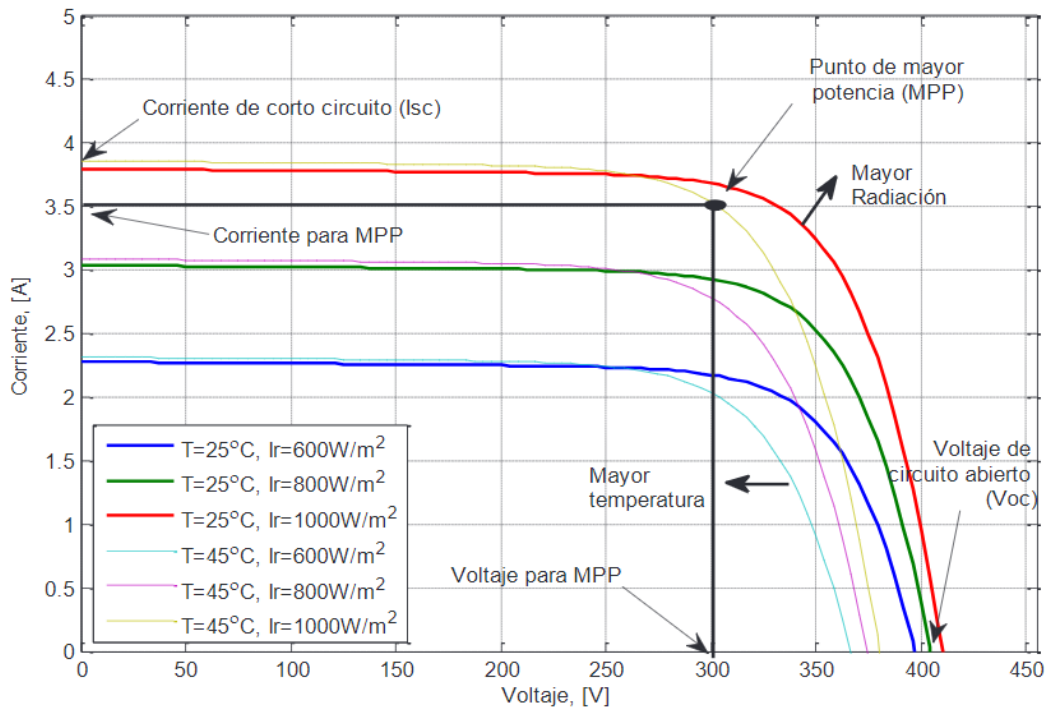


Figura 4.7: Curva corriente vs. tensión (I-V) en diferentes condiciones de temperatura e irradiación. Fuente: Ruiz et al. (2019).

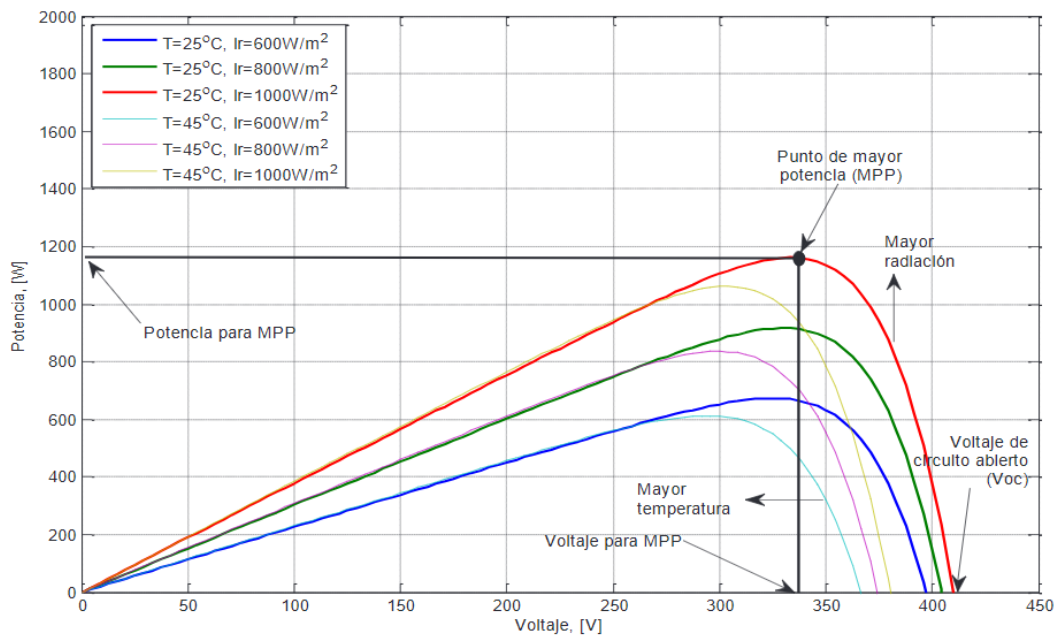


Figura 4.8: Curva potencia vs. tensión (P-V) en diferentes condiciones de temperatura e irradiación. Fuente: Ruiz et al. (2019).

Instalación on-grid

A grandes rasgos, este tipo de sistema está compuesto por módulos fotovoltaicos, inversor y medidor bidireccional.

En Chile existe una ley que regula estos sistemas, la Ley Net Billing (20.571 y 21.118), que establece las condiciones de inyección de excedentes a la red eléctrica y su valorización. Estos sistemas se rigen por la “INSTRUCCIÓN TÉCNICA RGR N°01: PROCEDIMIENTO DE COMUNICACIÓN DE ENERGIZACIÓN DE GENERADORAS RESIDENCIALES.” y por la “INSTRUCCIÓN TÉCNICA RGR N°02: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A REDES DE DISTRIBUCIÓN”, también se debe considerar aplicar los pliegos técnicos o RICs necesarios para cumplir con los estándares exigidos por la SEC. Este sistema debe ser declarado en la SEC a través de la declaración TE4, trámite que solo pueden realizar los electricistas autorizados por la SEC.

Una característica del sistema on-grid es que los excedentes de energía inyectados a la red son valorizados y posteriormente descontados de la factura eléctrica (si es que aplica).

Al estar regido por una ley eléctrica y al estar conectados a la red de distribución, es obligatorio que el inversor se desconecte de la red de distribución si esta no funciona en forma normal, ya sea por desperfectos técnicos, cortes de cables o corte de suministro por mantención. En otras palabras, si no hay tensión de la red de distribución, el sistema on-grid deja de funcionar hasta que este se restablezca (Ley Chile. Biblioteca del Congreso Nacional, 2024).

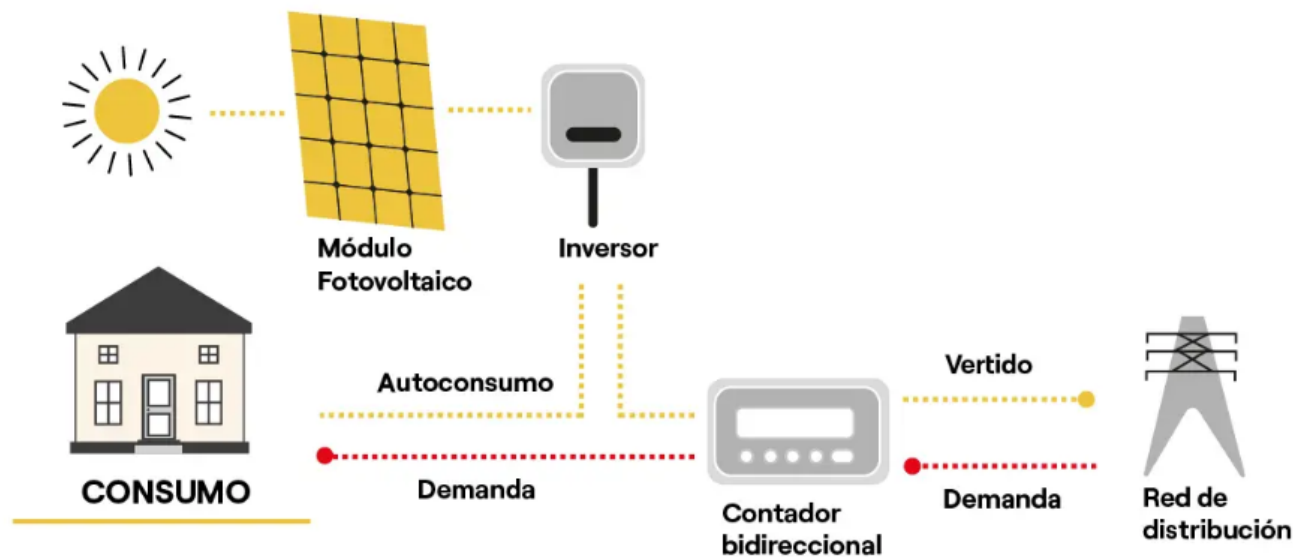


Figura 4.9: Esquema instalación fotovoltaica on-grid. Fuente: Instaladores de placas solares. SotySolar (2024).

Instalación off-grid

El sistema fotovoltaico aislado de la red, también conocido como sistema off-grid, es uno de los más usados en la técnica fotovoltaica y permite generar electricidad para cualquier componente eléctrico si la necesidad de contar con una fuente de generación de energía adicional. Este sistema está compuesto típicamente por: los módulos fotovoltaicos, el controlador de carga, el banco de baterías y el inversor.

Este sistema no está regido por ninguna ley en particular, no obstante, existen exigencias emanadas de la SEC para su puesta en servicio, de ellas, la “INSTRUCCIÓN TÉCNICA GENERAL RIC N°9.1: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS AISLADAS DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN” y la INSTRUCCIÓN TÉCNICA RGR N°06: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE INSTALACIONES DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA A TRAVÉS DE BATERÍAS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS. También se deben aplicar los pliegos técnicos o RIC correspondientes cuando sea necesario.

Este sistema debe ser declarado ante la SEC, actualmente no existe una plataforma de declaración idónea, por lo que se debe realizar a través de la declaración TE1, trámite que solo pueden realizar los electricistas autorizados por la SEC (Ley Chile. Biblioteca del Congreso Nacional, 2024).

Al no depender de ningún sistema adicional, lo hace idóneo para lugares apartados o donde la compañía distribuidora no cuenta con cobertura, pero técnicamente, puede ser utilizado en cualquier lugar, siempre de forma aislada.

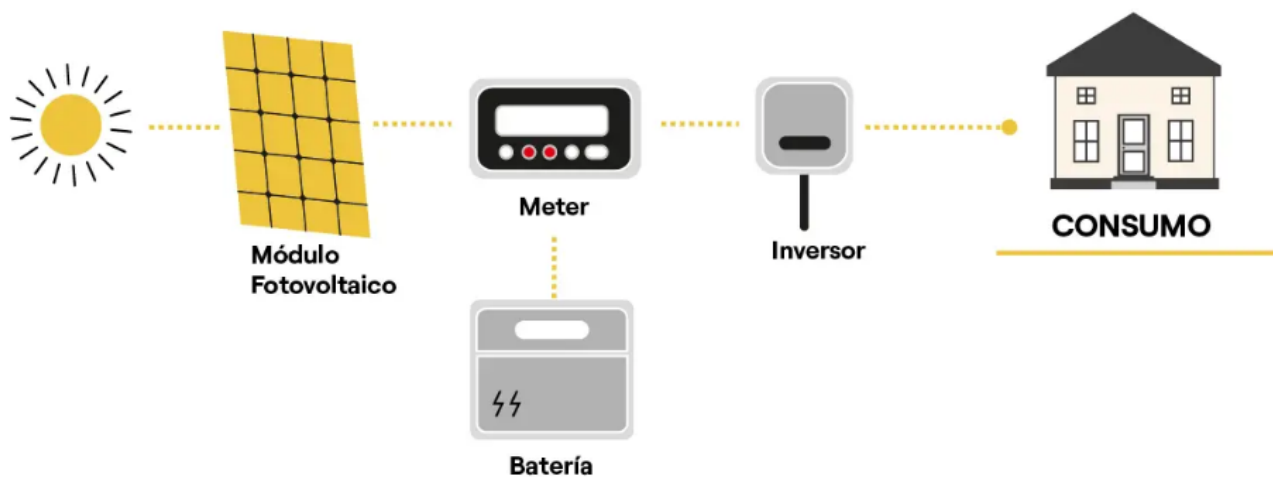


Figura 4.10: Esquema instalación fotovoltaica off-grid. Fuente: Instaladores de placas solares. SotySolar (2024).

Circuitos y conexión serie y paralelo

Un circuito eléctrico es un conjunto de componentes interconectados de manera cerrada permitiendo el flujo de electricidad. Estos componentes incluyen dispositivos como interruptores, resistencias, condensadores, inductores y generadores de electricidad, como los paneles solares o las baterías.

Las fuentes de alimentación se pueden conectar en serie o en paralelo para cumplir con los diferentes requisitos de salida de voltaje o corriente para diversas aplicaciones:

- Las fuentes de alimentación están conectadas en serie para aumentar la salida de voltaje.
- Las fuentes de alimentación están conectadas en paralelo para aumentar la capacidad de corriente.

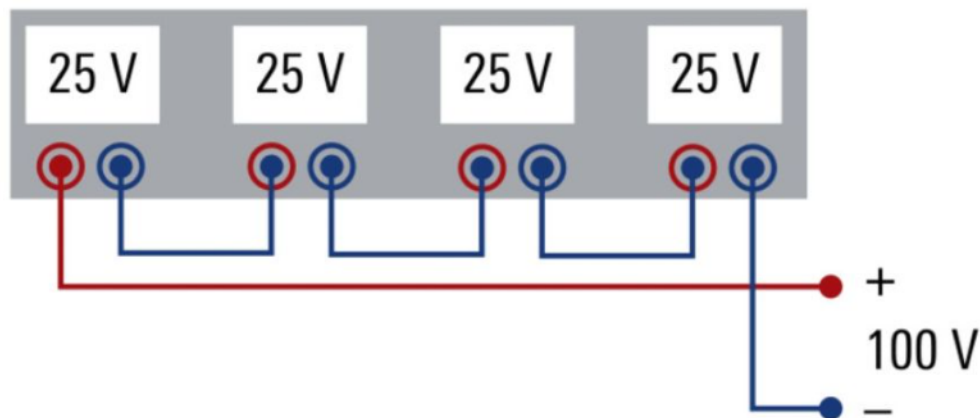


Figura 4.11: Esquema fuentes conectadas en serie. Fuente: Rohde-Schwarz.

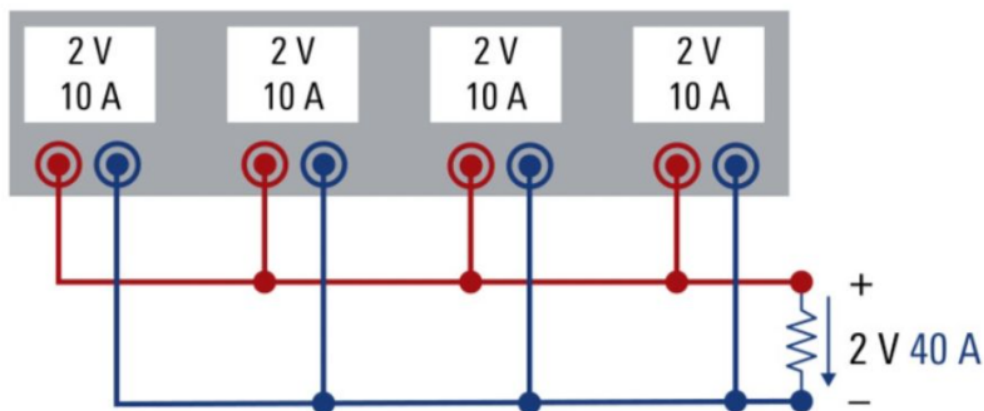


Figura 4.12: Esquema fuentes conectadas en paralelo. Fuente: Rohde-Schwarz.

4.1.5 Diseño de sistemas fotovoltaicos off-grid

Demanda y potencia máxima

El diseño del sistema debe comenzar determinando la energía que este deberá producir para cubrir los requerimientos de las cargas. Para esto se debe realizar una auditoría energética en conjunto con el cliente en la cual se establezcan los equipos que serán alimentados, sus datos de placa y cuál será su régimen de uso. La potencia máxima (P_{max}) requerida por el sistema se obtiene al sumar la potencia de placa en modo activo de todos los equipos conectados. Por otro lado, la energía diaria (w_{ac}) demandada por el sistema se obtiene al sumar los valores calculados para cada equipo (Fundación energía comunitaria, 2017).

Selección del inversor

En la guía de instalación de la Fundación energía comunitaria (2017), se indica que prácticamente todas las cargas que se conectarán a un sistema off-grid son en corriente alterna, por ello para hacer la interfaz con el arreglo de paneles fotovoltaicos se requiere de un inversor. Este puede ser de dos tipos, de onda sinusoidal o bien de onda rectangular. Generalmente el primero es más costoso que el segundo, por lo que deberá determinarse en función de la auditoría energética qué tipo de forma de onda es la que mejor se adapta a las cargas. Como regla general, en este punto, puede tenerse en cuenta que equipos electrónicos, que tienen en su entrada una fuente de poder en la cual se rectifica la tensión de alimentación, no tienen mayores inconvenientes en operar con un voltaje no sinusoidal. La potencia aparente que deberá tener el inversor a utilizar puede ser calculada a partir de la Ecuación 4.6.

$$S_{inversor} = \frac{P_{max}}{FP} [VA] \quad (4.6)$$

Donde, P_{max} es la potencia máxima y FP es el factor de potencia de la carga. Para este cálculo, habitualmente se puede tomar un valor de 0,8 para el factor de potencia. El inversor a seleccionar deberá ser de potencia aparente igual o inmediatamente superior a la calculada. Asimismo, en este punto es recomendable determinar en conjunto con el cliente si es que se espera que el consumo de la carga aumente en el mediano plazo, de forma de poder contemplar dicho consumo en la selección del inversor.

Selección del banco de baterías

La especificación del banco de baterías necesario para abastecer la carga, que se encuentra en el manual de la Fundación energía comunitaria (2017), consiste en determinar la capacidad energética requerida, la tensión del banco, tipo de batería, y el número de baterías a utilizar. La energía a suministrar por el banco de baterías corresponde a la energía requerida por la carga más la energía que se pierde en el inversor debido a su operación, y puede ser calculada con la Ecuación 4.7.

$$w_{banco.bat} = \frac{w_{ac}}{\eta_{inversor}} [Wh] \quad (4.7)$$

Donde, w_{ac} es la energía obtenida a partir de la auditoría energética y $\eta_{inversor}$ la eficiencia de placa del inversor seleccionado anteriormente.

La capacidad que deberá tener el banco de baterías seleccionado es calculada con la Ecuación 4.8.

$$C_{banco.bat} = \frac{w_{banco.bat}}{\eta_{inversor} \cdot DoD \cdot V_{banco.bat}} [Ah] \quad (4.8)$$

Donde, $w_{banco.bat}$ es la energía que deberá suministrar el banco y que fue calculada en el punto anterior, η_{bat} es la eficiencia del banco de baterías, DoD la profundidad de descarga de las baterías a utilizar y $V_{banco.bat}$ la tensión nominal del banco. La eficiencia de ciclo cerrado de las baterías depende de la batería a utilizar y habitualmente se encuentra entre 0,8 y 0,9. De la misma forma, la profundidad de descarga depende del tipo de baterías a utilizar y en baterías de ciclo profundo puede ir de 0,5 a 0,7. Por otro lado, la tensión del banco deberá ser la misma que la tensión de entrada del inversor seleccionado, por lo que este valor se obtiene al elegir el inversor. En este punto se debe tener el cuidado de que la tensión de entrada mínima del inversor calce con el valor de tensión obtenido del banco de baterías cuando esta está descargada.

Los valores de capacidad para las baterías presentes en el mercado se especifican en valores estándar, por ello se deberá configurar el banco de tal forma que se especifique un banco de capacidad inmediatamente superior al calculado. Ahora bien, el número de baterías necesario para construir el banco se determinará en función de la capacidad individual de cada una de las baterías a utilizar, de forma que puede ser calculada con la Ecuación 4.8.

$$n_{baterias} = \frac{C_{banco.bat}}{C_{bat}} [unidades] \quad (4.9)$$

Donde C_{bat} corresponde a la capacidad de cada una de las baterías que compondrá el banco. En este

punto es conveniente sobredimensionar el tamaño del banco de baterías multiplicando el número de baterías requeridas por la cantidad de días que se considere que las condiciones de irradiación no serán capaces de suministrar la carga. Valores típicos para esto están entre 2 y 3. El número de baterías conectadas en serie y paralelo que componen el banco de baterías se calculan con las ecuaciones 4.10 y 4.11.

$$n_{baterias_serie} = \frac{V_{banco_bat}}{V_{bat}} [unidades] \quad (4.10)$$

$$n_{ramas_paralelo} = \frac{n_{baterias}}{n_{baterias_serie}} [unidades] \quad (4.11)$$

En este último cálculo se deberá aumentar el número de baterías requeridas de forma que la cantidad de ramas en paralelo sea un número entero.

Selección del regulador de carga

La selección del regulador de carga debe tener en cuenta que este debe ser capaz de manejar tanto la corriente de cortocircuito del arreglo de paneles fotovoltaicos como la máxima corriente de carga del banco de baterías. En este contexto, la corriente de carga del banco de baterías se calcula con la Ecuación 4.12.

$$I_{carga_bat} = \frac{P_{max}}{V_{banco_bat}} [A] \quad (4.12)$$

El controlador de carga seleccionado deberá ser de capacidad de manejo de corriente dos veces la corriente calculada y la corriente de cortocircuito del arreglo de paneles. Por otro lado, la tensión de placa del regulador de carga deberá ser la misma que la del banco de baterías (Fundación energía comunitaria, 2017).

Selección del arreglo de paneles FV

Antes de determinar la cantidad y configuración de los paneles que compondrán el arreglo, el manual de la Fundación energía comunitaria (2017) recomienda recolectar información sobre el lugar donde estos serán instalados. Es así que se debe conocer la superficie que está disponible para la instalación de los paneles. Para poder hacer un buen aprovechamiento de la energía del

Sol se deberá contar con una superficie orientada hacia el norte. Por otro lado, se hace necesario conocer datos meteorológicos respecto de cuántos días al año se tiene días despejados, en qué meses se tiene la máxima radiación solar y cuál entrega la mínima, y cuál es la insolación promedio en el lugar. Esta información puede obtenerse del Explorador Solar del Ministerio de Energía o bien, del mapa meteorológico mundial. En un sistema off-grid, se deberá considerar la insolación correspondiente al peor mes para el diseño del arreglo de paneles fotovoltaicos, de forma de asegurar que los requerimientos de la carga podrán ser cumplidos. Una vez conocidos los datos anteriores y utilizando la cantidad de horas equivalentes a sol peak se puede determinar la energía que deberá proveer el arreglo de paneles solares y la corriente que estos deberán entregar diariamente con las ecuaciones 4.13 y 4.14.

$$w_{arreglo_PV} = \frac{w_{banco_bat}}{\eta_{regulador}} [Wh] \quad (4.13)$$

$$I_{arreglo_PV} = \frac{w_{arreglo_PV}}{HSP \cdot V_{mppt_regulador}} [A] \quad (4.14)$$

Donde, HSP corresponde a las horas equivalentes de sol nominal que se tendrá en el lugar de instalación, y $V_{mppt_regulador}$ de carga es la tensión en donde el regulador de carga puede seguir el punto de máxima potencia. Este valor debe corresponder con el valor medio del rango de seguimiento del punto de máxima potencia que especifique el regulador de carga. Ahora bien, el número de paneles en serie y paralelo que serán necesarios para construir el arreglo puede calcularse en función de las ecuaciones 4.15 y 4.16.

$$n_{paneles_serie} = \frac{V_{mppt_regulador}}{V_m} [unidades] \quad (4.15)$$

$$n_{ramas_paralelo} = \frac{I_{arreglo_PV}}{I_m} [unidades] \quad (4.16)$$

4.1.6 Montaje y mantenimiento general de sistemas FV

Según indica el Manual sobre instalación de plantas fotovoltaicas. Ayllu Solar (2024), el tipo de montaje es una decisión que puede pasar por muchas aristas, por ejemplo, la eficiencia del sistema, las características técnicas del recinto, la estética y el costo. Estos pueden ser:

- Coplanar: Es un tipo de montaje que básicamente consiste en instalar los módulos en paralelo a la techumbre, siguiendo su orientación e inclinación.
- A techo con inclinación: Es un tipo de montaje que consiste en instalar los módulos a la techumbre, permitiendo un cambio en la inclinación.
- A piso: como su nombre lo indica, la estructura va directamente el piso, se suele usar cuando hay área disponible o cuando los techos no son adecuados. Se debe procurar un cerco perimetral, para restringir el acceso a la unidad generadora.
- Estructura de Soporte: Las principales tareas que se realizan en la estructura o seguidor es inspección de daños, como los causados por oxidación y su deterioro por agentes ambientales.

En la Figura 4.13 se muestran los elementos básicos de montaje de los paneles.



Figura 4.13: Kit de montaje que incluye rieles, bases ajustables (inclinación), sujetores finales (extremo panel) y sujetores centrales (entre paneles). Fuente: Catálogo paneles solares. SolarStore (2024).

Las conexiones entre los elementos se realizan según el tipo de arreglo de las baterías y paneles como resultado del diseño. Se utilizará cable solar o RB-K (baterías) para una corriente 50% mayor a la de los elementos a conectar, y los conectores de tipo MC4 (paneles) o terminales de batería deben ser seleccionados según el diámetro del cable a utilizar.

En la Figura 4.14 se observa un esquema que detalla cómo es la conexión entre los elementos: baterías, inversor, controlador y paneles. Contiene dos arreglos de paneles en serie, conectados en paralelo; además, dos baterías conectadas en paralelo.

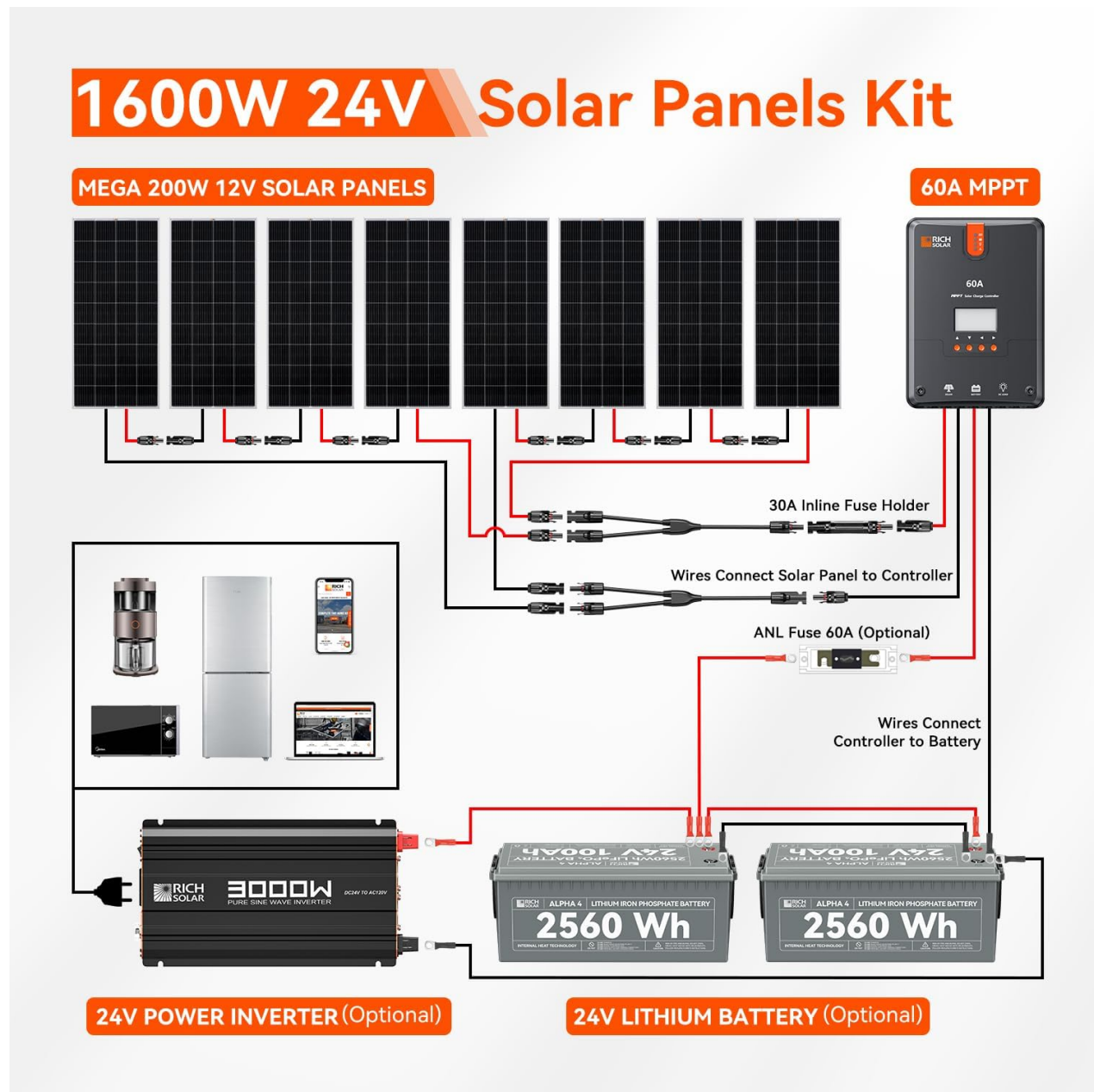


Figura 4.14: Esquema de conexión entre los elementos del sistema off-grid. Fuente: RichSolar.

El mantenimiento de plantas fotovoltaicas es indispensable para garantizar su buen funcionamiento. El mantenimiento dependerá de factores como la complejidad de la instalación o la climatología de la localización donde se ubica (Fundación energía comunitaria, 2017). Las principales tareas de mantenimiento son:

- Limpieza paneles: Se limpian los paneles fotovoltaicos, se revisa en qué estado se encuentran los elementos constructivos. Esta función se debe realizar de forma periódica dependiendo del grado de suciedad. Es distinto según la zona geográfica, ya que en el sur las lluvias permiten la autolimpieza de los paneles.
- Apriete de conexiones: Inspección de las conexiones y todos los cables, el estado de las cajas de los cuadros y su estanqueidad. Revisión de equipos de mando y protección. Es recomendable realizar cada 1 año. Si el sistema está mal conexionado presentará fallas de conexión de forma inmediata, los equipos a diferencia de las máquinas rotativas no necesitan grandes intervenciones.
- Estructura de Soporte: Las principales tareas que se realizan en la estructura o seguidor es inspección de daños, como los causados por oxidación y su deterioro por agentes ambientales.

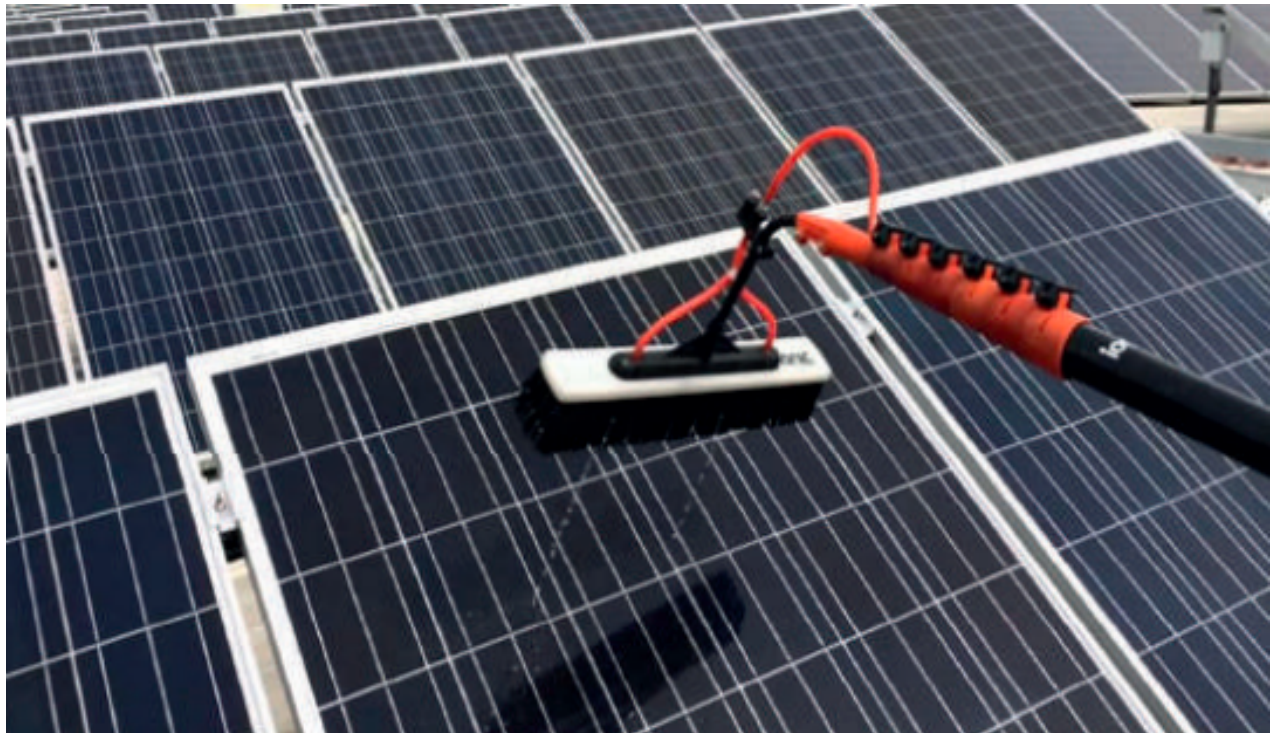


Figura 4.15: Limpieza de paneles. Fuente: AylluSolar.

4.2 Marco pedagógico

4.2.1 Aprender a enseñar ciencias

La formación necesaria para ejercer con competencia la profesión de enseñar Ciencias es compleja. Es evidente que se necesitan conocimientos científicos sólidos en relación con los contenidos a enseñar, así como conocimientos didácticos tanto de tipo teórico como práctico (Sanmartí, 2002). Estos conocimientos didácticos son a su vez síntesis de campos de estudio muy diversos, ya que para la formulación de sus conceptos se parte, entre otros, de:

- Cada una de las disciplinas científicas, que tienen una problemática y una estructura específica.
- La Psicología de la Educación que aporta el conocimiento sobre cómo aprenden los individuos.



Figura 4.16: La Didáctica de las Ciencias: un campo de estudio multidisciplinario. Fuente: Sanmartí (2002).

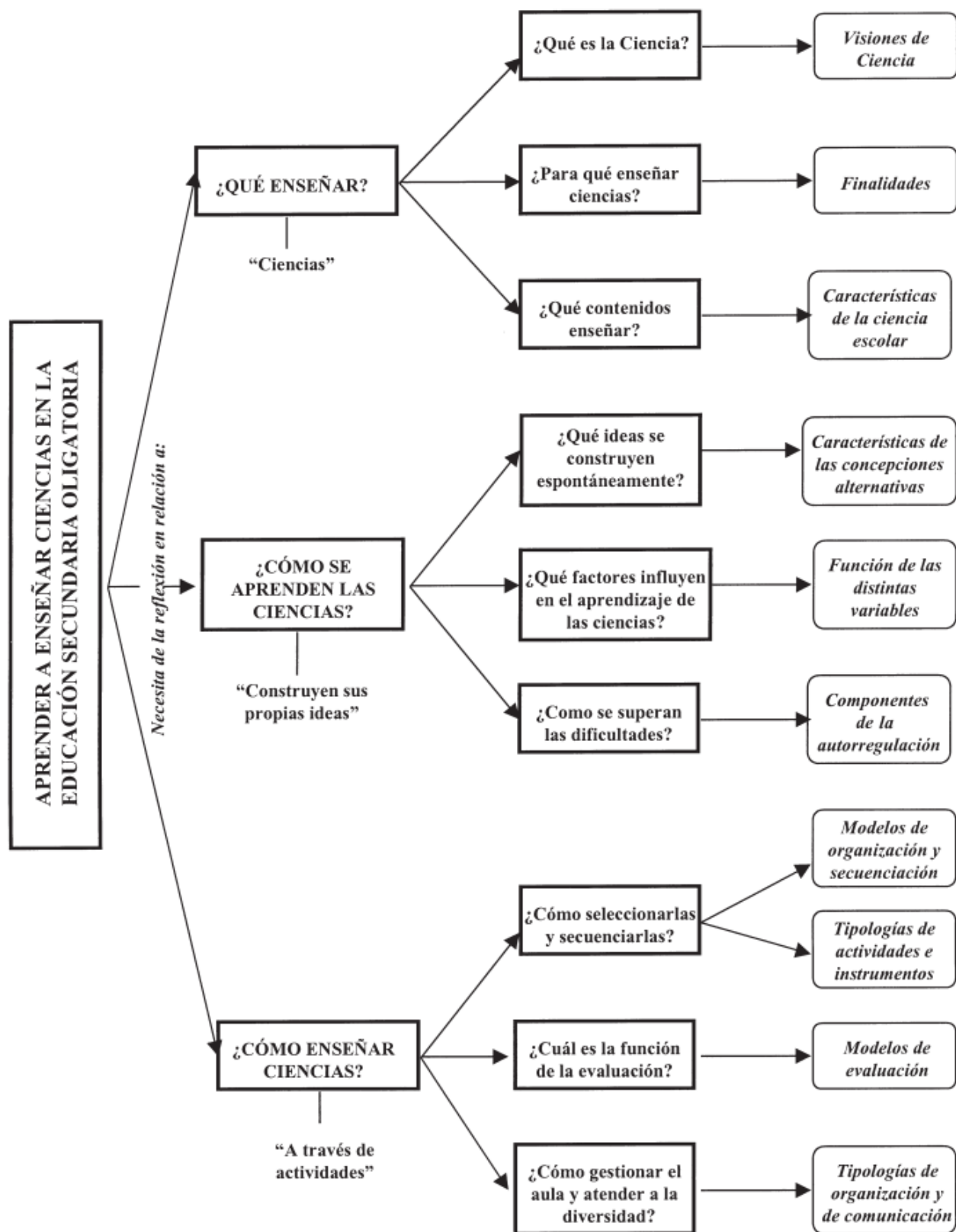


Figura 4.17: Enseñar Ciencias en la educación secundaria obligatoria. Fuente: Sanmartí (2002).

Las situaciones de enseñanza-aprendizaje son muy distintas y cambiantes, por lo que es difícil llegar a decidir cuál o cuáles de los factores de los que depende un aprendizaje son los más significativos. Más bien actúan interrelacionándose de forma que el sistema evoluciona a partir de todos ellos. En cada grupo-clase y en cada aprendizaje influyen, además del tipo de contenido a enseñar y de las características del grupo, variables como el tiempo y el material disponible, el espacio, qué se ha hecho en la clase anterior, el horario, el tiempo atmosférico, las características de la escuela y del equipo de profesores, etc., por lo que unas mismas actividades de aprendizaje pueden dar lugar a resultados muy diversos (Sanmartí, 2002).

La ciencia a enseñar

las distintas disciplinas científicas llamadas también Ciencias de la Naturaleza, son el punto de partida y condicionan la respuesta a las otras preguntas. Anteriormente, se pensaba que la ciencia de referencia daba directamente la respuesta a la pregunta sobre ¿qué enseñar? y a todo el problema de la enseñanza científica, ya que se opinaba que con saber de la materia, bastaba. Pero los conocimientos que se enseñan no son nunca exactamente los de la ciencia experta, por lo que se puede hablar de una ciencia escolar, resultado de procesos de transposición didáctica.

Además, para poder responder a la pregunta sobre qué enseñar, se debe profundizar en el para qué enseñar ciencias. La democratización de la sociedad y los cambios sociales y económicos han hecho que esta pregunta tenga respuestas muy distintas a las que se daban hace relativamente pocos años. El objetivo de la enseñanza de las Ciencias ya no es solamente preparar a los que en el futuro serán estudiantes universitarios de ciencias, sino a todos los ciudadanos en general, por lo que se tienen que revisar a fondo planteamientos tradicionales.

Cualquier propuesta que se haga tiene que profundizar en la visión de ciencia implícita, qué se entiende por esta forma de cultura y cómo se genera. Los estudios sobre Epistemología de la Ciencia ponen en cuestión los puntos de vista positivistas que, en cambio, son la base de muchos programas de ciencias. Por ello, los modelos de enseñanza de las Ciencias innovadores tienen que plantearse su grado de coherencia con los modelos epistemológicos vigentes (Sanmartí, 2002).

Cómo los estudiantes aprenden

Cómo los estudiantes aprenden Ciencias, es decir, cómo influye en la construcción de su conocimiento científico la forma de percibir los hechos, sus razonamientos, sus sentimientos y actitudes, las interacciones con otras personas y con la cultura, su contexto, etc. Anteriormente, se pensaba que, si se proporcionaba al estudiante una buena información y observaciones estimulantes (y si él o ella

se aplicaban en el estudio), el saber se construía sin ninguna dificultad. Pero hoy sabemos que la apropiación del conocimiento científico establecido a lo largo de siglos no es un proceso tan simple, ni tan lineal. Las personas construyen, al margen de la escuela, ideas de sentido común o ideas alternativas, y la apropiación del conocimiento científico requiere llevar a cabo reestructuraciones en la forma de pensar que no son espontáneas ni fáciles. Para aprender Ciencias se necesita cambiar las formas de percibir los fenómenos, de hablar sobre ellos, de razonar, e incluso de sentir. Entre las condiciones que pueden favorecer estos cambios y reestructuraciones es importante destacar las que tienen que ver con los procesos de autorregulación, ya que es el propio alumno el que ha de aprender a reconocer las incoherencias y a regularlas (Sanmartí, 2002).

Cómo enseñar

Cómo enseñar para favorecer el aprendizaje de las Ciencias y, por tanto, qué actividades promover y por qué. Los alumnos construyen sus ideas de ciencia a partir de su actividad, que sin duda ha de ser coherente con la actividad científica. Por ello, no tienen sentido los modelos basados sólo en la explicación del profesorado y en la realización de ejercicios de aplicación. Para aprender, el alumnado debe y puede llevar a cabo un gran número de tareas diversas, y el profesorado ha de conocer muchas técnicas y recursos. Pero estas actividades se han de seleccionar, organizar y secuenciar en función de criterios fundamentados en modelos didácticos. No existe un modelo de enseñanza que se pueda aplicar de forma que queden garantizados unos buenos resultados. Se sabe, en cambio, qué ideas y prácticas no sirven. Por su especificidad en la enseñanza científica, las actividades de tipo experimental y de resolución de problemas son objeto fundamental de la investigación en Didáctica de las Ciencias. Pero, para enseñar, también se debe profundizar en la función de las explicaciones del profesorado, en cómo utilizar los recursos informáticos y audiovisuales o en el interés de distintos instrumentos didácticos (Sanmartí, 2002).

4.2.2 Elaboración de una secuencia didáctica

La secuencia didáctica es el resultado de establecer una serie de actividades de aprendizaje que tengan un orden interno entre sí, con ello se parte de la intención docente de recuperar aquellas nociones previas que tienen los estudiantes sobre un hecho, vincularlo a situaciones problemáticas y de contextos reales con el fin de que la información a la que va a acceder el estudiante en el desarrollo de la secuencia sea significativa, esto es, tenga sentido y pueda abrir un proceso de aprendizaje. La secuencia demanda que el estudiante realice cosas, no ejercicios rutinarios o monótonos, sino acciones que vinculen sus conocimientos y experiencias previas, con algún interrogante que provenga

de lo real y con información sobre un objeto de conocimiento (Díaz Barriga, 2013).

Así como menciona Díaz Barriga (2014), la estructura de la secuencia se integra con dos elementos que se realizan de manera paralela: la secuencia de las actividades para el aprendizaje y la evaluación para el aprendizaje inscrita en esas mismas actividades. Ambas líneas se abordarán como paralelas, aunque en su desarrollo en el aula ambos elementos, aprendizaje y evaluación, están profundamente imbricados. Detectar una dificultad o una posibilidad de aprendizaje permite reorganizar el avance de una secuencia, mientras que los resultados de una actividad de aprendizaje, los productos, trabajos o tareas que el alumno realiza constituyen elementos de evaluación. La secuencia integra de esta manera principios de aprendizaje con los de evaluación, en sus tres dimensiones diagnóstica, formativa y sumativa.

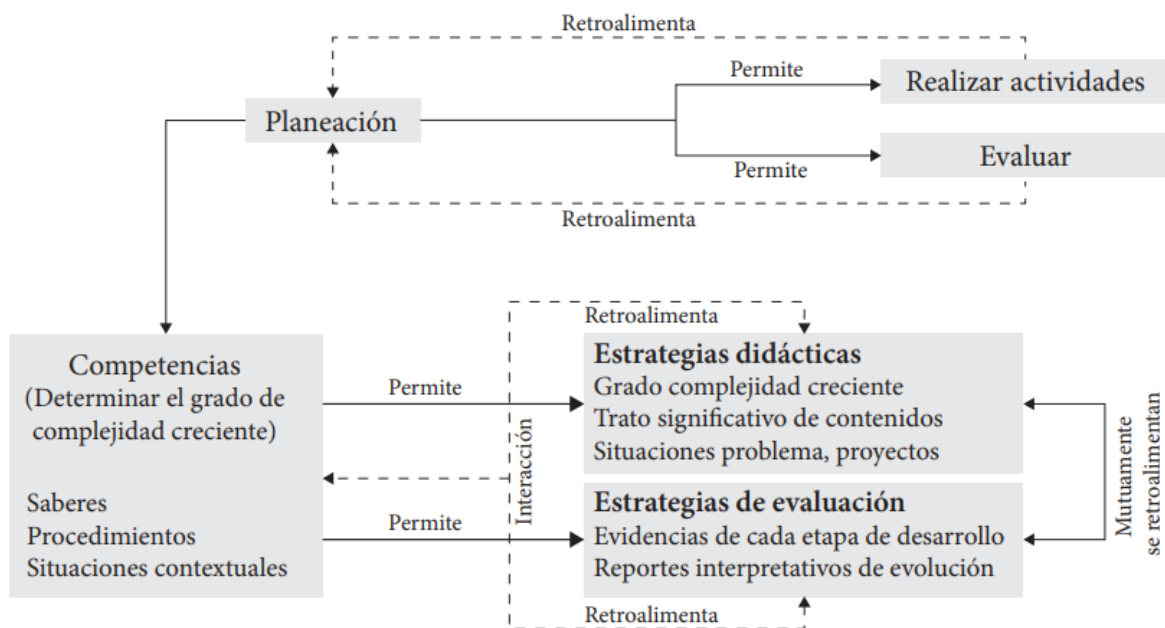


Figura 4.18: Modelo de planeación en un enfoque de competencias. Fuente: Díaz Barriga (2014).

Se inicia con una reflexión vinculada a las actividades para el aprendizaje, pero desde el principio de la secuencia es necesario tener claridad de las actividades de evaluación para el aprendizaje, incluso es importante lograr una visión integral de las evidencias de aprendizaje, superar la perspectiva de sólo aplicar exámenes, sin necesidad de eliminarlos completamente, pero sobre todo reconociendo que los principios trabajo por problemas y perspectiva centrada en el aprendizaje significan lograr una articulación entre contenidos (por más abstractos que parezcan) y algunos elementos de la realidad que viven los alumnos. De esta manera, construcción de una secuencia de aprendizaje y evaluación son elementos que van de la mano y se influyen mutuamente (Díaz Barriga, 2013).

Las secuencias didácticas presentan una estructura básica que se asemeja a la de una clase: apertura, desarrollo y cierre. Para organizar dicha estructura, es necesario pensar en la selección y secuencia de los contenidos, los objetivos de aprendizaje, las tareas y actividades con sus tiempos, y los modos de evaluar. De esta manera, las secuencias de clase establecen no solo un orden en los contenidos y tiempos de trabajo, sino también un orden lógico para estudiantes y docentes.

Apertura

El sentido de las actividades de apertura es variado, en un primer momento permiten abrir el clima de aprendizaje si el docente logra pedir que trabajen con un problema de la realidad, o bien, abrir una discusión en pequeños grupos sobre una pregunta que parta de interrogantes significativas para los alumnos, éstos reaccionarán trayendo a su pensamiento diversas informaciones que ya poseen, sea por su formación escolar previa, sea por su experiencia cotidiana. Establecer actividades de apertura en los temas (no en cada sesión de clase) constituye un reto para el docente, pues como profesor le es más fácil pensar en los temas o pedir a los alumnos que digan qué recuerdan de un tema, que trabajar con un problema que constituya un reto intelectual para los estudiantes (Díaz Barriga, 2014).

La actividad de apertura no necesariamente debe realizarse en la sala de clase, se puede desarrollar a partir de una tarea que se les pida a los estudiantes, tales como: hacer entrevistas, buscar información en internet o en los periódicos, buscar contraejemplos de un tema, buscar información sobre un problema establecido, buscar información en YouTube o una APP de las que existen de manera libre en internet. Sin embargo, los resultados de estas u otras actividades tendrán que ser retroalimentadas en alguna parte de la sesión de clase. Estas actividades pueden ser realizadas de manera individual, por pequeños grupos. De acuerdo al número de alumnos que se tengan en el salón de clases se puede realizar una actividad de intercambio entre grupos de trabajo sobre lo que encontraron, pedir que dos o tres grupos comenten a todos sus compañeros su trabajo y reflexiones (Díaz Barriga, 2014).

Desarrollo

Las actividades de desarrollo tienen la finalidad de que el estudiante interaccione con una nueva información. Afirmamos que hay interacción porque el estudiante cuenta con una serie de conocimientos previos (en mayor o menor medida adecuados y/o suficientes) sobre un tema, a partir de los cuáles le puede dar sentido y significado a una información. Para significar esa información se requiere lograr colocar en interacción: la información previa, la nueva información y

hasta donde sea posible un referente contextual que ayude a darle sentido actual. La fuente de la información puede ser diferente a una exposición docente, la realización de una discusión sobre una lectura, un video de origen académico, los recursos que el docente puede utilizar también son muy variados, puede valerse de aplicaciones a las que puedan acceder sus estudiantes. Incluso con el apoyo de las TIC es factible ofrecer diferentes accesos de información a estudiantes de suerte que tengan elementos para discutir distintas explicaciones o afirmaciones sobre un tema.

En estos casos es conveniente que apoye la discusión de los alumnos con determinadas preguntas guía. Durante las actividades de desarrollo del contenido, el profesor puede realizar una exposición sobre los principales conceptos, teorías, habilidades. No necesariamente todas estas actividades tienen que ser realizadas en el salón de clases, pero es conveniente que las tareas que realicen los alumnos no se limiten a la realización de ejercicios rutinarios o de poca significatividad. La capacidad de pensar en ejercicios o tareas problema constituye en sí misma una posibilidad motivacional para los alumnos.

Dos momentos son relevantes en las actividades de desarrollo, el trabajo intelectual con una información y el empleo de esa información en alguna situación problemática. El problema puede ser real o formulado por el docente, el problema puede formar parte de un proyecto de trabajo más amplio del curso, es importante que no se limite a una aplicación escolar de la información, a responder un cuestionario de preguntas sobre el texto o a realizar ejercicios de los que vienen en los textos escolares, sino que es conveniente que esta aplicación de información sea significativa. Por ello, un caso, problema o proyecto puede tener más relevancia para el alumno.

Si el docente desde el principio del curso tiene claridad sobre algunos elementos integrales de la evaluación, esto es, de una serie de evidencias que se pueden conjuntar en el caso de un portafolio o que se pueden resolver por etapas cuando se trabaja por casos, proyectos o problemas, algunas de estas actividades pueden constituirse en evidencias de aprendizaje para ser consideradas en la evaluación, tanto en la perspectiva formativa, como sumativa, que es la vinculada con la calificación (Díaz Barriga, 2014).

Cierre

Las actividades de cierre se realizan con la finalidad de lograr una integración del conjunto de tareas realizadas, permiten realizar una síntesis del proceso y del aprendizaje desarrollado. A través de ellas se busca que el estudiante logre reelaborar la estructura conceptual que tenía al principio de la secuencia, reorganizando su estructura de pensamiento a partir de las interacciones que ha generado con las nuevas interrogantes y la información a la que tuvo acceso. Estas actividades de síntesis pueden consistir en reconstruir información a partir de determinadas preguntas, realizar ejercicios que impliquen emplear información en la resolución de situaciones específicas (entre más inéditas

y desafiantes, mejor). Pueden ser realizadas en forma individual o en pequeños grupos, pues lo importante es que los alumnos cuenten con un espacio de acción intelectual y de comunicación y diálogo entre sus pares. En el caso de trabajar por casos, proyectos o problemas, puede ser el avance de una etapa prevista previamente.

Como en los otros casos, no necesariamente todas las actividades de cierre se deben realizar en la sala de clases, en ocasiones esto puede formar parte de las acciones que se demandan de manera previa a la clase e incluso pueden ser objeto de actividades posteriores a la misma, cuando se puedan materializar en representaciones, exposiciones o diversas formas de intercambio entre los estudiantes.

De alguna forma, las actividades de cierre, posibilitan una perspectiva de evaluación para el docente y el estudiante, tanto en el sentido formativo, como sumativo. De esta manera las actividades propuestas pueden generar múltiple información tanto sobre el proceso de aprender de los alumnos, como para la obtención de evidencias de aprendizaje. De manera simultánea entonces se puede analizar lo que se viene logrando, así como las deficiencias y dificultades que se encuentran en los alumnos y en el grupo en general. Ello permite valorar el grado en que los estudiantes pueden avanzar en el curso, así como las dificultades que enfrenta su proceso de aprendizaje (habilidades y conocimientos previos), como del compromiso que asumen con su responsabilidad de aprender. En caso de que el profesor pida a sus alumnos que integren un portafolio de evidencias, varias de estas actividades pueden incorporarse al mismo. De acuerdo a los procesos intelectuales que el docente abrió en la secuencia, se pueden estructurar algunas de sus preguntas (Díaz Barriga, 2014).

Evaluación para el aprendizaje

El papel de la evaluación y la forma de materializarla en evidencias, se desarrolla en líneas de secuencias de aprendizaje. Buscamos con ello mostrar la estrecha relación que existe entre ambos elementos. La evaluación para el aprendizaje es una actividad compleja. Se puede concebir desde que se precisa la finalidad, propósito y objetivo de la secuencia, incluso desde que se piensa el curso en general o la unidad temática correspondiente. Es necesario vincular las dos líneas de trabajo de manera articulada: la de construcción de secuencias, con la de construcción de evidencias de evaluación, éstas últimas cumpliendo una función de evaluación formativa con la evaluación sumativa.

Partir de un problema, caso o proyecto es un elemento que ayuda a concebir cuáles son las evidencias de evaluación que se pueden registrar en cada secuencia de aprendizaje. En este caso es necesario determinar la relación que pueden tener las etapas o avances en relación con esa determinación, con los contenidos de las unidades del curso. Su temporalidad puede ser mensual, bimestral o la que defina el profesor. Lo importante es considerar que si el aprendizaje requiere

vincular nueva información con conocimientos previos y, si a partir de la idea de trabajar con elementos de la realidad, contruidos como situaciones problema, casos o proyectos, las acciones de evaluación también deben reflejar esta articulación entre información y situaciones reales.

En caso de no ser posible, es conveniente que el profesor, al establecer las finalidades, propósitos u objetivos de una sección de su curso (unidad o bimestre) según considere más adecuado trabajar, tenga claridad de lo que espera que sus estudiantes puedan realizar.

En todos los casos, la evaluación final (la sumativa) es el resultado de la integración de múltiples evidencias: resolución del problema o caso; presentación de avances parciales; presentación de determinado tipo de ensayos o ejercicios vinculados con situaciones concretas; e incluso exámenes (siempre y cuando estos demanden la realización de una tarea compleja que no se limite a la mera repetición de una información).

Lo importante en la estructura de la evaluación es que se realice estrechamente vinculada a los propósitos del curso y se encuentre anclada en las secuencias didácticas. Toda evidencia de evaluación cumple con una función didáctica, ya que en primer término sirve para retroalimentar el proceso de aprendizaje que realiza el estudiante, mientras que para el docente se constituye en una posibilidad de interrogarse sobre lo que está funcionando en el desarrollo del curso, de una secuencia, o de una actividad. Analizar las razones por las cuales los estudiantes muestran determinados desempeños sirve para reorientar el curso de las acciones que realiza en el curso, por ello cumple con una función formativa.

Es importante que desde el principio del curso el docente exprese con claridad los elementos que retomará para integrar la calificación: Tareas que se soliciten (como hemos visto, estas evidencias pueden obtenerse de las actividades de desarrollo y actividades de cierre de una secuencia); reportes de laboratorio; trabajos individuales y/o en pequeños grupos (siempre y cuando se especifique la responsabilidad de cada uno de los integrantes del grupo), e incluso exámenes.

Los docentes no necesariamente tienen que renunciar a realizar exámenes, estos pueden ser instrumentos de gran utilidad por su función didáctica, pero precisamente esta función es la que hay que reivindicar en la educación. En primer término, es necesario reconocer que los exámenes pueden cumplir la función de ayudar al estudiante a revisar hasta dónde han logrado un dominio necesario de cierta información. Por otro lado, el reto de los profesores es construir preguntas significativas en los exámenes, esto es, preguntas que vayan más allá de una mera repetición memorística de lo que se encuentra en un texto.

A partir del examen se pueden realizar otro tipo de actividades de carácter didáctico, como por ejemplo abrir una discusión con los alumnos en pequeños grupos sobre las preguntas y respuestas que se obtuvieron, de suerte que puedan razonar, argumentar, discutir y con ello avanzar en su proceso de aprendizaje. Estas actividades de co-evaluación son importantes en el proceso de aprender de los alumnos (Díaz Barriga, 2014).

Propuesta indicativa para construir una secuencia didáctica³

Asignatura: Unidad temática o ubicación del programa dentro del curso general: Tema general:
Contenidos:
Duración de la secuencia y número de sesiones previstas:
Nombre del profesor que elaboró la secuencia:
Finalidad, propósitos u objetivos:
Si el profesor lo considera, elección de un problema, caso o proyecto:
Orientaciones generales para la evaluación: estructura y criterios de valoración del portafolio de evidencias; lineamiento para la resolución y uso de los exámenes:

Secuencia didáctica

Se sugiere buscar responder a los siguientes principios: vinculación contenido-realidad; vinculación contenido conocimientos y experiencias de los alumnos; uso de las Apps y recursos de la red; obtención de evidencias de aprendizaje

Línea de Secuencias didácticas Actividades de apertura: Actividades de desarrollo: Actividades de Cierre:
Línea de evidencias de evaluación del aprendizaje Evidencias de aprendizaje (En su caso evidencias del problema o proyecto, evidencias que se integran a portafolio)
Recursos: bibliográficos; hemerográficos y cibergráficos

³ Nota esta propuesta es indicativa y no significa que el profesor deba llenarla en todos sus elementos. Cada docente puede incorporar aquellos elementos que le sean más significativos en su trabajo con los estudiantes

Figura 4.19: formato propuesta para construir una secuencia didáctica. Fuente: Díaz Barriga (2014).

5

Diseño de las secuencias didácticas

En las próximas secciones se plantearán las secuencias didácticas necesarias que sirvan como guía al docente, para orientar un proceso de enseñanza-aprendizaje con estudiantes de educación media técnico profesional, que les permita adquirir los conocimientos y competencias para seleccionar, instalar y mantener sistemas solares de baja potencia.

Se ha optado por que el sistema solar sea de tipo fotovoltaico off-grid, ya que es el más sencillo de realizar a baja escala, presenta riesgos moderados para los estudiantes y, al ser aislado, es ideal para crear bancos de prueba como material didáctico.

Antes de diseñar las secuencias didácticas, es preciso conocer el currículo chileno de educación técnico profesional vigente, para así identificar oportunidades para articular las secuencias en alguna asignatura y que al mismo tiempo, permita cubrir uno o más objetivos de aprendizaje propuestos en los planes de estudio.

5.1 Currículo chileno de educación técnico profesional

Al realizar una revisión de las Bases curriculares de la educación técnico-profesional. Ministerio de Educación (2016), se declaran los objetivos de aprendizaje (OA) como perfiles de egreso en términos de competencias para cada una de las especialidades a las que puede optar un estudiante que cursará 3° o 4° Medio en la educación media técnico profesional. En él se expresan las siguientes competencias que se alinean con el propósito de esta propuesta didáctica:

- Comunicarse oralmente y por escrito con claridad, utilizando registros de habla y de escritura pertinentes a la situación laboral y a la relación con los interlocutores.
- Leer y utilizar distintos tipos de textos relacionados con el trabajo, tales como especificaciones técnicas, normativas diversas, legislación laboral, así como noticias y artículos que enriquezcan

su experiencia laboral.

- Realizar las tareas de manera prolija, cumpliendo plazos establecidos y estándares de calidad, y buscando alternativas y soluciones cuando se presentan problemas pertinentes a las funciones desempeñadas.
- Trabajar eficazmente en equipo, coordinando acciones con otros in situ o a distancia, solicitando y prestando cooperación para el buen cumplimiento de sus tareas habituales o emergentes.
- Manejar tecnologías de la información y comunicación para obtener y procesar información pertinente al trabajo, así como para comunicar resultados, instrucciones e ideas.
- Utilizar eficientemente los insumos para los procesos productivos y disponer cuidadosamente los desechos, en una perspectiva de eficiencia energética y cuidado ambiental.
- Prevenir situaciones de riesgo y enfermedades ocupacionales, evaluando las condiciones del entorno del trabajo y utilizando los elementos de protección personal según la normativa correspondiente.

Luego, se ha realizado una revisión de los OA de las especialidades de electricidad y mecánica industrial, las cuales a priori son las más afines a la propuesta didáctica que desarrollará este trabajo. Como resultado final se analizará la pertinencia y las oportunidades para articular esta propuesta con dichas especialidades y sus módulos (asignaturas).

5.1.1 Especialidad mecánica industrial

Los estudiantes que estén matriculados en la especialidad de mecánica, pueden optar, si el colegio lo permite, hasta tres menciones: mantenimiento electromecánico, máquinas y herramientas y matricería. Se listan a continuación todos los OA generales de la especialidad y las de cada mención.

- OA de la especialidad.
 1. Leer y utilizar especificaciones técnicas, planos elaborados con herramientas computacionales, lecturas de instrumentos análogos y digitales y simbología, relacionados con el trabajo a realizar.
 2. Realizar mediciones y controles de verificación de distintas magnitudes para la ejecución de trabajos de fabricación, mantenimiento y reparación de piezas y partes de conjuntos mecánicos y electromecánicos.

3. Unir y reparar elementos mediante actividades de corte y soldadura en posición plana, horizontal y vertical, con equipos de oxígeno y arco manual, soldadura TIG y MIG, utilizando adecuadamente las herramientas, las máquinas y los elementos de protección personal.
 4. Realizar el mantenimiento preventivo de herramientas mecánicas, hidráulicas, neumáticas, eléctricas y manuales, y de útiles y componentes propios de la especialidad de Mecánica Industrial, de acuerdo a pautas de mantenimiento y especificaciones del fabricante.
 5. Realizar trabajos de sujeción, pulido y ajuste, utilizando herramientas eléctricas y manuales, considerando las medidas de seguridad y de protección del medio ambiente.
 6. Aplicar constantemente la normativa pertinente de higiene, de seguridad industrial y medioambiental correspondiente al tipo de faenas y al sector productivo, para prevenir riesgos de accidentes, enfermedades profesionales, daños ambientales y de los equipos.
 7. Aplicar los procedimientos establecidos y las normativas nacionales e internacionales de fabricación que correspondan al tipo de producto o faena en ejecución.
- OA mantenimiento electromecánico.
 1. Realizar mantenimiento preventivo de la máquina, tanto en funcionamiento como detenida, empleando pautas entregadas por el fabricante y la bitácora de funcionamiento de la máquina, aplicando la normativa de seguridad y de protección del medio ambiente.
 2. Comprobar el funcionamiento de partes y componentes, detectando problemas eléctricos y mecánicos de equipos, sistemas mecánicos, electromecánicos, hidráulicos y neumáticos de procesos industriales, mediante el uso de instrumentos y el manual del fabricante.
 3. Instalar componentes, equipos, sistemas eléctricos, electrónicos y automatizados empleados en el control de procesos, utilizando las herramientas, instrumentos y materiales apropiados, considerando los principios y fundamentos de la electricidad, la condición física del lugar, los planos, los elementos de fijación, la conexión y la normativa eléctrica y de seguridad.
 4. Reponer o reparar partes y piezas de equipos, máquinas automáticas y de alta producción, sistemas mecánicos, electromecánicos, hidráulicos y neumáticos de procesos industriales que hayan cumplido su vida útil o que hayan sufrido desgaste o deterioro, de acuerdo al manual del fabricante, respetando las normas de seguridad y de protección del medio ambiente.
 5. Poner en funcionamiento equipos, sistemas mecánicos, electromecánicos, hidráulicos y neumáticos de procesos industriales, realizando las mediciones correspondientes con los

instrumentos apropiados, comprobando su correcto funcionamiento, de acuerdo a las tablas de tolerancia establecidas por el fabricante y respetando las normas de seguridad y de protección del medio ambiente.

- OA máquinas-herramientas.

1. Fabricar partes y piezas de conjuntos mecánicos con máquinas-herramientas convencionales, de acuerdo al manual del fabricante, las especificaciones técnicas, los principios de la mecanización, las normas de seguridad y de protección del medio ambiente.
2. Fabricar partes y piezas de conjuntos mecánicos con fresadora universal de acuerdo a las indicaciones del fabricante, las especificaciones técnicas, los principios de la mecanización con fresa, las normas de seguridad y de protección del medio ambiente.
3. Utilizar máquinas rectificadoras y taladradoras para la fabricación o reparación de partes y piezas de conjuntos mecánicos, de acuerdo a las indicaciones del fabricante, las especificaciones técnicas, los principios de la mecanización, las normas de seguridad y de protección del medio ambiente.
4. Programar y utilizar máquinas de control numérico (CNC) y manufactura asistida por computación (CAM) para la fabricación de piezas y partes de conjuntos mecánicos, de acuerdo a los procedimientos establecidos, a las indicaciones del fabricante y a las especificaciones técnicas.
5. Programar y utilizar centros de mecanizado para la fabricación de piezas y partes de conjuntos mecánicos, de acuerdo a las indicaciones del fabricante y a las especificaciones técnicas.

- OA matricería.

1. Elaborar, montar y desmontar matrices en máquinas y equipos industriales, para la fabricación de piezas de diferentes materiales, de acuerdo a las especificaciones técnicas y a las normas de matricería.
2. Elaborar, montar y desmontar moldes de inyección de diversos materiales en máquinas y equipos industriales, de acuerdo a las especificidades del modelo y de la máquina.
3. Detectar fallas en matrices y moldes, y controlar la calidad de los procesos, insumos y productos, de acuerdo a normas y parámetros establecidos.
4. Ejecutar el mantenimiento preventivo y correctivo, y el retocado de matrices, moldes y útiles de matricería, utilizando productos y máquinas, herramientas y máquinas-herramientas programadas apropiadas, de acuerdo a las características de los materiales, el modelo y la muestra.

5. Dibujar moldes mediante uso de software de diseño.
6. Manipular residuos y desechos de las matrices y moldes, aplicando técnicas compatibles con el cuidado del medio ambiente.

Son adecuados para articular la propuesta didáctica los OA 1, 6 y 7 de la especialidad, los OA 1, 2, 3 y 4 de la mención de mantenimiento electromecánico. El resto de los OA no guardan relación directa con la propuesta de este trabajo (Bases curriculares de la educación técnico-profesional. Ministerio de Educación, 2016).

Con esta información se busca en detalle en qué módulos sería factible articular esta propuesta, de modo que, preliminarmente, ningún módulo del plan común contiene los OA suficientes para llevar a cabo el objetivo. Por otro lado, en la mención de mantenimiento tampoco se aprecian oportunidades.

Finalmente se descarta realizar la propuesta en esta especialidad técnico-profesional.

5.1.2 Especialidad electricidad

Se listan a continuación todos los OA generales de la especialidad.

- OA de la especialidad.
 1. Leer y utilizar especificaciones técnicas, planos, diagramas y proyectos de instalación eléctricos.
 2. Dibujar circuitos eléctricos con software de CAD en planos de plantas libres, aplicando la normativa eléctrica vigente.
 3. Ejecutar instalaciones de alumbrado en baja tensión con un máximo de 10 kW de potencia instalada total, sin alimentadores, aplicando la normativa eléctrica vigente, de acuerdo a los planos, a la memoria de cálculo y a los presupuestos con cubicación de materiales y mano de obra.
 4. Ejecutar instalaciones de calefacción y fuerza motriz en baja tensión, con un máximo de 5 kW de potencia total instalada, sin alimentadores, aplicando la normativa eléctrica vigente, de acuerdo a los planos, a la memoria de cálculo y a los presupuestos con cubicación de materiales y mano de obra.
 5. Cubicar materiales e insumos para instalaciones eléctricas de baja tensión, de acuerdo a los planos y a las especificaciones técnicas y aplicando los principios matemáticos que correspondan.

6. Mantener y reemplazar componentes, equipos y sistemas eléctricos monofásicos y trifásicos, utilizando las herramientas, los instrumentos y los insumos apropiados, considerando las pautas de mantenimiento, los procedimientos, las especificaciones técnicas, las recomendaciones de los fabricantes, la normativa y los estándares de seguridad.
7. Ejecutar sistemas de control, fuerza y protecciones eléctricas de máquinas, equipos e instalaciones eléctricas según los requerimientos del proyecto y las especificaciones del fabricante, respetando la normativa eléctrica y de control del medio ambiente vigente.
8. Modificar programas y parámetros en equipos y sistemas eléctricos y electrónicos, utilizados en control de procesos, según los requerimientos operacionales del equipo o de la planta y la normativa eléctrica vigente.

Habiendo realizado el estudio de los OA de la especialidad, la mayoría presenta oportunidades, por lo que es factible indagar en las oportunidades que presentan los módulos de ésta. El módulo que permite llevar a cabo la propuesta es el de Emprendimiento y empleabilidad, el cual no tiene OA asociados, pero en su lugar se indica que: Este módulo, en su diseño inicial, no está asociado a Objetivos de Aprendizaje de la Especialidad, sino a Genéricos. No obstante, para su desarrollo, puede asociarse a un Objetivo de la Especialidad como estrategia didáctica (Bases curriculares de la educación técnico-profesional. Ministerio de Educación, 2016). Este módulo se presenta al final del nivel de 4° Medio, con una duración de 76 horas y con la ventaja de que los estudiantes han adquirido las competencias de los otros OA durante su etapa escolar previa a este módulo, lo cual es un aspecto clave.

Los OA escogidos son:

- OA3: Ejecutar instalaciones de alumbrado en baja tensión con un máximo de 10 kW de potencia instalada total, sin alimentadores, aplicando la normativa eléctrica vigente, de acuerdo a los planos, a la memoria de cálculo y a los presupuestos con cubicación de materiales y mano de obra.
- OA5: Cubicar materiales e insumos para instalaciones eléctricas de baja tensión, de acuerdo a los planos y a las especificaciones técnicas y aplicando los principios matemáticos que correspondan.
- OA6: Mantener y reemplazar componentes, equipos y sistemas eléctricos monofásicos y trifásicos, utilizando las herramientas, los instrumentos y los insumos apropiados, considerando las pautas de mantenimiento, los procedimientos, las especificaciones técnicas, las recomendaciones de los fabricantes, la normativa y los estándares de seguridad.

Finalmente, la propuesta puede llevarse a cabo en el nivel de 4° Medio de la especialidad de electricidad, principalmente en el módulo de Emprendimiento y empleabilidad con los indicadores previamente descritos. También se puede llevar a cabo en los otros módulos, integrando de manera estratégica los que se dicten el mismo semestre.

5.2 Secuencias didácticas

En este apartado se encuentran las secuencias didácticas propuestas para lograr el objetivo de que los estudiantes desarrollen las competencias para seleccionar, diseñar y mantener sistemas solares fotovoltaicos.

La primera sesión tiene como objetivo que los estudiantes conozcan el contexto y los objetivos que perseguirán en las semanas que dure la propuesta. Se les indicarán también las evaluaciones sumativas, las cuales se sugiere sean dos, la primera de la elaboración de un portafolio que contendrá los productos obtenidos clase a clase y la segunda, una evaluación final donde tendrán que realizar un diseño real fuera de la sala de clases con las maquetas y material disponible.

5.2.1 Primera sesión

Asignatura: Emprendimiento y empleabilidad - Instalaciones eléctricas domiciliarias - Elaboración de proyectos eléctricos - Mantenimiento de máquinas, equipos y sistemas eléctricos.

Contenidos: Cambio climático - Energías renovables.

Duración: 2 horas pedagógicas.

Objetivos: Conocer el contexto del proyecto y su importancia para combatir el cambio climático
- Conocer el método de evaluación del módulo.

Secuencia:

Esta sesión es importante porque servirá para entregar toda la información necesaria a los estudiantes para llevar a cabo sus proyectos.

- **Apertura:** Invite a los estudiantes a leer el recurso "Energías renovables: energías para un futuro más seguro" de ClimateChange de la Organización de las Naciones Unidas, con el fin de generar una discusión posterior sobre la importancia de impulsar el uso de energías renovables como la solar, para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Desarrollo:** Desplace al grupo curso hacia donde están las maquetas del laboratorio FV, para promover la curiosidad y motivación de los estudiantes. Muéstreles todas las

partes y piezas del conjunto invitándolos a desarrollar un proyecto fotovoltaico durante las próximas semanas. Explíqueles que las próximas sesiones tendrán un carácter teórico - activo, mediante las cuales poco a poco desarrollarán las competencias para que por sí solos, puedan seleccionar, diseñar y mantener sistemas fotovoltaicos de baja potencia.

Posteriormente, los estudiantes deben conformar los grupos de trabajo, se sugiere una cantidad no mayor a cuatro integrantes y el criterio para formarlos dependerá de su propio contexto educativo.

En la parte final explicita el método de evaluación. Aquí se sugiere dos evaluaciones sumativas, la primera es por medio de un portafolio, donde cada estudiante irá integrando los productos obtenidos clase a clase o secuencia a secuencia, cualquiera sea la elección del docente. La segunda evaluación es práctica, donde los estudiantes tendrán que realizar el diseño y mantenimiento de su propia instalación FV, la que tendrá que responder a un caso o necesidad diferente para cada grupo.

- **Cierre:** Con los últimos 15 minutos, junto a los estudiantes, hagan un resumen de lo conversado y de cualquier acuerdo que haya tomado con el grupo curso.

Recursos:

- Ir a Mentimeter
- Ir a recurso ONU
- Laboratorio Fotovoltaico

5.2.2 Energía solar

Asignatura: Emprendimiento y empleabilidad - Instalaciones eléctricas domiciliarias - Elaboración de proyectos eléctricos - Mantenimiento de máquinas, equipos y sistemas eléctricos.

Contenidos: Energía solar - Irradiación.

Duración: 4 horas pedagógicas.

Objetivos: Reconocer que el Sol es la fuente principal de energía en la Tierra - Analizar gráficos de irradiación solar.

Secuencia:

Se espera que a lo largo de esta secuencia los estudiantes valoren la importancia del Sol como fuente principal de la energía en la Tierra, que puedan trabajar en equipos y reflexionen sobre el uso que se le puede dar a la energía solar como potencial recurso energético.

- **Apertura:** Comience la clase comentando cuáles son los objetivos a los estudiantes, invitándolos a dar ideas sobre la importancia del Sol para las personas y los demás seres vivos. Es de importancia que apoye la actividad mostrando imágenes de redes tróficas que incluyan el flujo de energía desde el Sol hasta los descomponedores. Propicie la reflexión científica preguntándoles: ¿qué representan las flechas?, ¿cuál es la principal fuente de energía del planeta?, ¿por qué?; destine 10 minutos más en esta reflexión. Puede utilizar la Figura 4.1, u otra similar como apoyo.
- **Desarrollo:** Pídale a los estudiantes que se reúnan en los grupos creados previamente y que mediante alguna TIC puedan realizar una breve investigación que les permita responder las siguientes preguntas: ¿Qué es la irradiación solar?, ¿Cómo es posible medirla?, ¿Cómo varía a lo largo de la superficie terrestre? y ¿Cómo se determina la energía solar que se puede aprovechar? Destine 30 minutos para que lleven a cabo la investigación y otros 10 para que discutan sus resultados con el resto del curso.

En una segunda parte asígneles dos ciudades chilenas y pídale que determinen la irradiancia por hora y de radiación mensual utilizando el Explorador solar del ministerio de energía (use como referencia las figuras 4.2 y 4.3). Es importante que valoren esta herramienta como una forma práctica de determinar la irradiación local de un lugar como alternativa a los cálculos matemáticos que podrían realizar en su lugar. Aquí deben comparar la información de irradiación para ambas zonas y responder a preguntas como ¿Entre qué horas existe radiación en las zonas que estudiaron?, ¿Por qué el gráfico es más alto en el centro? o ¿podría ser de otra forma? Con la información de radiación se pueden utilizar preguntas como: ¿Qué diferencias hay entre la radiación de ambas ciudades? ¿Cómo lo explicarías? y ¿Por qué la radiación es menor en el centro del gráfico?, ¿Puede ser de otra forma? Vaya guiando el avance y orientando las respuestas en cada uno de los grupos.

- **Cierre:** Con los últimos 15 o 20 minutos solicite a los grupos que adjunten los gráficos a un documento Word y agreguen las respuestas de la segunda parte. Para cerrar recuérdelos lo importante del ejercicio que han realizado, tanto para el objetivo final, como para su formación académica.

Evidencias de evaluación:

- Reporte solar.
- Resumen de la sesión para portafolio.

Recursos:

- Ir a cadena trófica
- Ir a Explorador solar
- Microsoft Word

5.2.3 Movimientos relativos Tierra-Sol

Asignatura: Emprendimiento y empleabilidad - Instalaciones eléctricas domiciliarias - Elaboración de proyectos eléctricos - Mantenimiento de máquinas, equipos y sistemas eléctricos.

Contenidos: Movimientos relativos Tierra-Sol - La eclíptica - Hora solar peak.

Duración: 4 horas pedagógicas.

Objetivos: Reconocer los movimientos relativos entre la Tierra y el Sol - Conocer la eclíptica solar y el ángulo de elevación solar - Determinar la hora solar peak. Analizar cartas solares.

Secuencia:

En esta sesión los estudiantes conocerán la geometría inicial necesaria para orientar los paneles solares hacia el cielo, para ello aplicarán modelos matemáticos o analizarán cartas solares.

- **Apertura:** Inicie la clase comentando los objetivos de la misma, los cuales permitirán, en el contexto de su proyecto, conocer las orientaciones que deben tener los paneles FV hacia el cielo. Luego active conocimientos con las siguientes preguntas ¿Cuál es la forma de la trayectoria del Sol en el cielo durante el día?, ¿Es efectivamente el Sol quién se mueve respecto a la Tierra?. Durante el año, ¿el Sol siempre llega a la misma altura?, ¿Es al mediodía cuando el Sol logra su máxima altura? Registre las mejores respuestas en la pizarra o un lugar visible, puesto que serán útiles durante el desarrollo.
- **Desarrollo:** Pídale a los estudiantes que se reúnan en los grupos creados previamente y que mediante alguna TIC como Stellarium puedan visualizar el recorrido del Sol durante el día trazando la eclíptica e identificando el punto más alto sobre el Norte.



Figura 5.1: Eclíptica solar desde Valparaíso. Fuente: Stellarium.

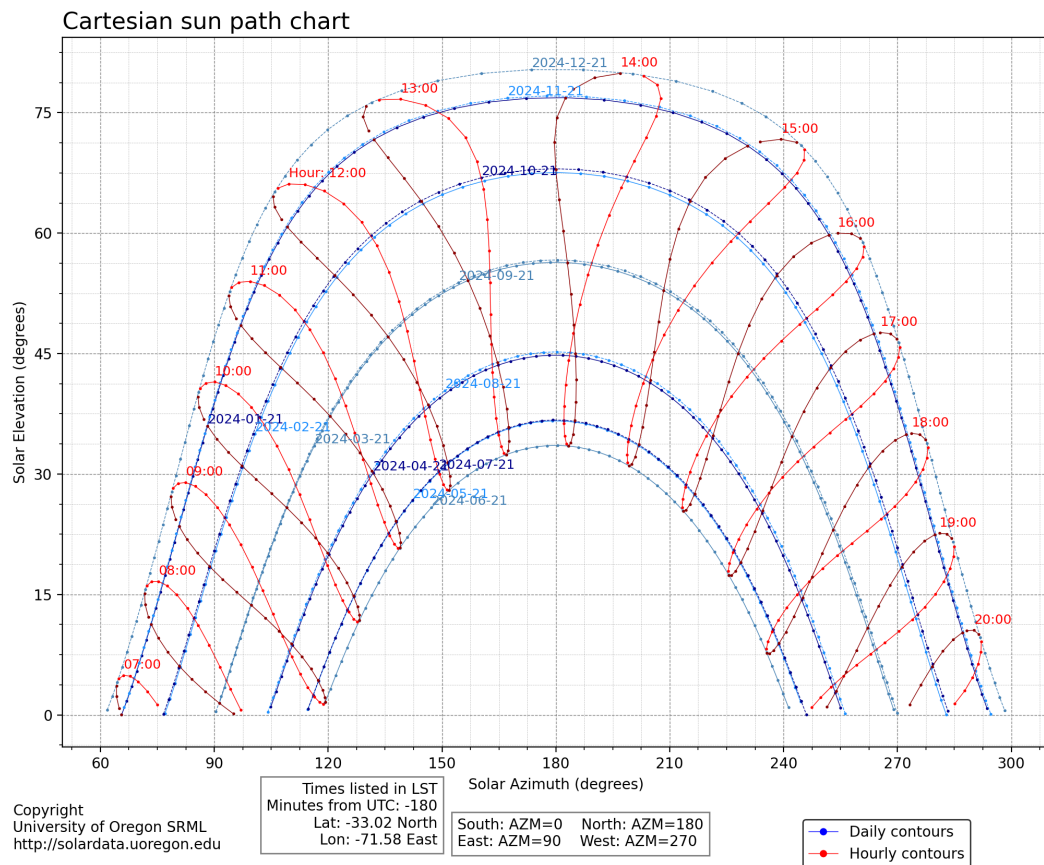


Figura 5.2: Carta solar de Valparaíso. Fuente: Universidad de Oregon.

Una vez que no existan dudas entre los estudiantes respecto de la eclíptica y las estaciones del año (altura del Sol) muestreles la carta solar, como una herramienta que reúne la información de la posición del Sol para los diferentes meses del año. Puede utilizar como

recurso el sitio de la Universidad de Oregon que permite generar cartas solares si se conocen las coordenadas geográficas del lugar que se quiere explorar. Indique que aquella universidad utiliza las coordenadas del hemisferio norte, por lo que el norte se indica como azimut 180° , tal como se muestra en la figura 5.2. Asegúrese que los estudiantes, reunidos en sus grupos de trabajo, generen sus propias cartas solares con las coordenadas de las ciudades que trabajaron la sesión anterior. Invite a los estudiantes a determinar la hora solar peak (*HSP*) con la Ecuación 4.1 y compararla con los datos que puedan obtener del Power Project de la NASA, que entrega información específica de este dato. Guíe a los estudiantes a que descarguen el archivo en formato ASCII y discutan cuál es el valor de hora solar peak que debiesen elegir para el dimensionamiento futuro (el mes más crítico es el de menor valor). Posteriormente pídales que determinen el ángulo óptimo de inclinación, primero estimándolo considerando la altura solar máxima y mínima (ecuaciones 4.2 y 4.3) y luego calculándolo con la Ecuación 4.4.

- **Cierre:** Com los últimos 15 minutos invite a los estudiantes, guiados por usted, a hacer una lista con las conclusiones que pueden sacar al final de la sesión, considerando qué elementos de los vistos en la sesión les ayudarán en su proyecto y que deben considerar (estos son, orientar paneles hacia el norte y que la hora solar dependerá de la época del año para ser óptima).

Evidencias de evaluación:

- Obtiene eclíptica.
- Carta solar para portafolio.

Recursos:

- Ir a Generador carta solar Universidad de Oregon
- Ir a Explorador solar
- Ir a Datos de la NASA

5.2.4 Circuitos y conexiones

Asignatura: Emprendimiento y empleabilidad - Instalaciones eléctricas domiciliarias - Elaboración de proyectos eléctricos - Mantenimiento de máquinas, equipos y sistemas eléctricos.

Contenidos: Circuitos eléctricos - Conexión serie paralelo.

Duración: 3 o 4 horas pedagógicas.

Objetivos: Diseñar circuitos eléctricos con conexiones en serie, paralelo y mixto.

Secuencia:

Esta secuencia aportará a los estudiantes las nociones que necesitan recordar sobre las conexiones en serie y paralelo de algunos elementos del circuito, como las fuentes, y cómo eso impacta sobre la magnitud de la tensión o corriente eléctrica medida en el mismo. Como la sesión está pensada para estudiantes de la especialidad de electricidad, se espera que recuerden y apliquen lo aprendido en años y módulos anteriores, de lo contrario, deberá extenderse esta sesión el tiempo suficiente que sea necesario para que los estudiantes puedan diseñar circuitos eléctricos.

- **Apertura:** Inicie la clase declarando los objetivos de la misma. Luego pídale a los estudiantes que participen en una lluvia de ideas, las que pueden ser registradas en la pizarra, o bien por medio de una TIC, como Mentimeter. Guíelos de modo que aparezcan conceptos como corriente, tensión, voltaje, amperes, Ley de Ohm, entre otras. antes comenzar con las otras actividades, recuerdeles que el proyecto es análogo un circuito, donde la forma de realizar las conexiones es igual e importante. Pídale a los estudiantes que se reúnan en los grupos creados previamente y que definan esos conceptos y que los compartan con el curso. Asegúrese de que todos registren las mejores respuestas.
- **Desarrollo:** Utilizando maquetas o kits de laboratorio pídale que diseñen un circuito simple, uno con más baterías conectadas en serie y otro con más baterías conectadas en paralelo. Pueden utilizar TICs como la simulación Phet, que permite los mismos resultados. Invítelos a comparar los circuitos en serie y paralelo respondiendo las siguientes preguntas: ¿Qué sucede con la ampolleta al conectar otra batería en serie?, ¿y en paralelo?. Para lograr un correcto análisis los estudiantes deben calcular todo los parámetros de un circuito antes y después de realizar las conexiones de las baterías en serie y paralelo. Los cálculos son: corriente del circuito, tensión del banco de baterías y potencia disipada por la ampolleta. como actividad final, invite a los estudiantes a realizar conexiones en serie y paralelo reales con las baterías y paneles del laboratorio FV asegurándose que lo hagan de manera correcta. Como sugerencia, realice esa actividad utilizando elementos de seguridad EPP, de modo que los estudiantes se puedan familiarizar con ellos. Pueden guiarse por las figuras 4.11, 4.12 y 4.14. Los paneles solares tienen los conectores macho y hembra en la parte posterior y su longitud está pensada para conectarlos en serie, para una conexión en paralelo es necesario utilizar conectores MC4 dobles.

- **Cierre:** Al finalizar, deje unos 10 o 15 minutos para que los estudiantes reflexionen respecto de como influirá la forma de las conexiones de los paneles o las baterías en el circuito del proyecto (conexión en serie aumenta la tensión, conexión en paralelo, aumenta la corriente). La memoria de cálculo debe ser adjuntada al portafolio.

Evidencias de evaluación:

- Diseña y analiza circuitos.
- Memoria de cálculo para portafolio.

Recursos:

- Ir a Mentimeter
- Ir a kit de construcción de circuitos, Phet
- Kit circuitos eléctricos
- Laboratorio FV

5.2.5 Tecnología Fotovoltaica

Asignatura: Emprendimiento y empleabilidad - Instalaciones eléctricas domiciliarias - Elaboración de proyectos eléctricos - Mantenimiento de máquinas, equipos y sistemas eléctricos.

Contenidos: Tecnología fotovoltaica.

Duración: 2 horas pedagógicas.

Objetivos: Conocer el funcionamiento de los módulos fotovoltaicos - Conocer las diferentes alternativas de paneles solares en el mercado.

Secuencia:

En esta secuencia los estudiantes podrán conocer los diferentes tipos de paneles solares que existen en el mercado, su funcionamiento y los tipos de proyectos que se realizan con ellos a nivel residencial.

- **Apertura:** Comiense la sesión comentando los objetivos. Explíqueles que hoy conocerán los tipos de paneles y sus parámetros. Esto es importante para lograr el objetivo del proyecto, debido a que en algún momento tendrán que seleccionar la mejor alternativa para resolver las necesidades de su problema. Pregúnteles si en sus hogares poseen sistemas fotovoltaicos, o bien, si los han visto en alguna parte y comenten sus experiencias. Invítelos a observar los paneles del banco de laboratorio y sus etiquetados.

- **Desarrollo:** Invite a los estudiantes a realizar la lectura del recurso "¿Cómo funcionan los paneles solares fotovoltaicos?" de la empresa Heliux. Luego pídale a los estudiantes que se reúnan en los grupos creados previamente y que respondan preguntas como: ¿cómo funcionan los paneles solares?, ¿Qué son los materiales semiconductores? y ¿Por qué es importante contar con un inversor en el circuito? Para que puedan familiarizarse con los parámetros de los paneles, pueden utilizar los gráficos del banco de laboratorio, a modo de ejemplo las figuras 4.7 y 4.8.

Posteriormente, explíqueles que de todos los proyectos solares que existen, ellos diseñarán un sistema off-grid, por temas de simplicidad y normativo.

Como última actividad, los estudiantes relizarán una breve investigación sobre los elementos básicos necesarios para una instalación off-grid y su funcionamiento. deben registrar sus respuestas juntos a la de la actividad anterior para adjuntarlas al portafolio.

- **Cierre:** Al cierre de la clase, deje unos 10 o 15 minutos para que los estudiantes reflexionen respecto del aporte que tendrá lo que aprendieron hoy para avanzar en su proyecto.

Para motivar la próxima clase, méncíoneles que en esa oportunidad comenzarán con la selección de los elementos para diseñar el proyecto FV.

Evidencias de evaluación:

- Bitácora de la clase para portafolio.

Recursos:

- Ir a Paneles fotovoltaicos, Heliux

5.2.6 Selección y diseño de sistemas fotovoltaicos

Asignatura: Emprendimiento y empleabilidad - Instalaciones eléctricas domiciliarias - Elaboración de proyectos eléctricos - Mantenimiento de máquinas, equipos y sistemas eléctricos.

Contenidos: Sistemas FV off-grid - Componentes de un Sistema FV off-grid - Diseños de sistemas FV off-grid.

Duración: 6 horas pedagógicas.

Objetivos: Calcular la demanda de energía eléctrica - Seleccionar los componentes del sistema off-grid - Diseñar la conexión de los componentes del sistema off-grid.

Secuencia:

Esta secuencia es la de mayor duración de las sesiones teóricas. Acá los estudiantes aplicarán todo lo que han aprendido en las secciones anteriores para realizar el diseño del sistema. En el Apéndice A podrá encontrar una guía con un problema resuelto y su memoria de cálculo que puede servir para orientar su quehacer.

- **Apertura:** Utilice el inicio para comunicar los objetivos con los estudiantes. Pídales que hagan un repaso de todas las actividades que han realizado hasta la fecha. Pueden apoyarse revisando sus portafolios.
- **Desarrollo:** Para comenzar, los estudiantes deben reunirse en los grupos designados junto a una de las ciudades que le fueron asignadas las clases anteriores. como datos iniciales deberán recuperar los gráficos obtenidos del explorador solar y la carta solar de su localidad.

	A	B	C	D	E	F	G	H
#	Equipo	Potencia de placa	Número de horas en uso	Energía requerida en uso (B*C)	Potencia consumo fantasma	Número de horas en stand-by	Energía en stand-by (E*F)	Energía total (D+H)
1								
2								
3								
4								
5								
	Potencia máxima, $P_{\text{máx}}$	$\sum_{i=1}^n B_i$				Requerimiento energético, w		$\sum_{i=1}^n H_i$

Figura 5.3: Perfil de consumo. Fuente: Fundación energía comunitaria (2017).

Como primera actividad, deben calcular la demanda total de energía eléctrica, considerando como ejemplo los aparatos eléctricos de su propio hogar, pero siempre considerando que su proyecto está emplazado en la localidad asignada previamente. Como no tendrán acceso a los datos de los aparatos electricos, pueden realizar una investigación para buscar etiquetados de cada aparato presente en su hogar. Los datos deben ser rescatados en una

tabla como la que muestra en la Figura 5.3 (pueden utilizar TIC como Excel para los cálculos).

Al completar dicha tabla, obtendrán dos parámetros importantes, la potencia máxima P_{max} y la energía mínima requerida w_{ac} .

Para la siguiente actividad los estudiantes deben seleccionar el inversor correcto para su proyecto. Para ello determinarán la capacidad del inversor, utilizando la Ecuación 4.6 con $FP = 0,8$. Seleccionarán los elementos del sitio SolarStore. Asegúrese de que el inversor seleccionado corresponde a lo solicitado y que sus criterios de selección son adecuados. Es importante que guarden las especificaciones técnicas del inversor.

Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont a 25°C (1)		250VA	375VA	500VA	800VA	1200VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C		200 / 175W	300 / 260W	400 / 350W	650 / 560W	1000 / 850W
Pico de potencia		400W	700W	900W	1500W	2200W
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)		230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%				
Rango de tensión de entrada		9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V				
Desconexión por CC baja (ajustable)		9,3 / 18,6 / 37,2V				
Dinámica (dependiente de la carga)		Desconexión dinámica, ver				
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)		https://www.victronenergy.com/live/ve.direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff				
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)		10,9 / 21,8 / 43,6V				
Detector de batería cargada (ajustable)		14,0 / 28,0 / 56,0V				
Eficacia máx.		87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%
Consumo en vacío		4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)		0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO		Ajustable				
Protección (2)		a - f				
Rango de temperatura de trabajo		-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)				
Humedad (sin condensación)		máx. 95%				

Figura 5.4: Especificación inversor VICTRON Serie Phoenix con 12V y 250 VA. Fuente: Catálogo paneles solares. SolarStore (2024).

Lo siguiente es seleccionar el banco de baterías que pueda satisfacer la demanda energética. Para conocer la energía requerida del banco o grupo de baterías, los estudiantes utilizarán la Ecuación 4.7, donde la eficiencia del inversor $\eta_{inversor}$, se obtiene de las especificaciones del inversor. Posteriormente, invite a los estudiantes a determinar la carga del banco, mediante la Ecuación 4.8, utilicen η_{bat} como 0,8 y DoD como 0,6 mientras que V_{banco_bat} debe ser igual a la tensión de entrada del inversor previamente seleccionado. Verifique que los datos estén correctos, luego pida a los estudiantes que seleccionen alguna batería cuya tensión sea menor o igual a la del inversor, para finalmente determinar la cantidad de baterías, mediante la Ecuación 4.9. En este punto, antes que seleccionen la cantidad

final, planteles la situación en que el sistema no recibe sol durante uno o dos días y cómo solucionarían el problema. Guíelos para que relacionen el número de baterías con el tiempo de disponibilidad de la energía. Superada esta etapa están en capacidad de sobredimensionar el banco de baterías para lograr la demanda esperada. Luego de eso planteles la pregunta: ¿Es posible reducir los costos utilizando baterías de otras especificaciones? Responder esta pregunta les ayudará a comprender que elegir baterías de distinta Tensión por ejemplo, cambiará el número final de baterías necesarias, y posiblemente el costo. Haga que todos los grupos al menos realice una vez el ejercicio alternativo, si su diseño lo permite. Lo que falta por realizar es el diseño del modo de conexión de las baterías, lo cual se puede realizar con las ecuaciones 4.10 y 4.11, las que arrojan la cantidad de baterías que se deben conectar en serie y en paralelo respectivamente. Pídale a los estudiantes que hagan este ejercicio con el segundo tipo de baterías escogidas. De ser necesario, el número de baterías debe aproximarse al entero que crean conveniente.

 Specification	
Nominal Voltage	12V
Number of cell	6
Nominal Capacity	55Ah@10hr-rate (5.5A to 1.80V/cell @25°C)
Weight	Approx.16.1Kg
Terminal	M6,Ø=14
Container Material	ABS (UL94-HB), Flammability resistance of UL94-V1 can be available upon request.
Rated Capacity	56.8Ah 20hr-rate (2.84A to 1.80V/cell @25°C)
	55.0Ah 10hr-rate (5.5A to 1.80V/cell @25°C)
	47.6Ah 5hr-rate (9.52A to 1.75V/cell @25°C)
	35.8Ah 1hr-rate (35.8A to 1.60V/cell @25°C)
Max. Discharge Current	550A(5sec)
Internal Resistance	Approx.6.2mΩ(Fully charged)
Operating Temp. Range	Discharge: -20 °C~50 °C
	Charge : -10°C~50°C
	Storage : -20°C~40°C
Cycle Use	Charging Current: ≤16.5A
	Voltage:14.6V ~14.8V
	Temperature compensation:-30mV/°C
Standby Use	Charging Current:No limit
	Voltage:13.6V ~13.8V
	Temperature compensation:-20mV/°C
Self-Discharge	less than 3% at 25C
Design Life	15 years (floating charge)

Figura 5.5: Especificación batería NIMAC Serie 6-GFM-55J con 12V y 55Ah. Fuente: Catálogo paneles solares. SolarStore (2024).

En este punto es posible seleccionar el regulador de carga, esto se realiza en función de la potencia máxima P_{max} y $V_{banco.bat}$, debido a que debe ser capaz de manejar la máxima corriente de carga. Así, la corriente de carga de la batería se obtiene mediante la Ecuación 4.12. Indique a los estudiantes que la corriente del regulador, debe ser igual al doble de la corriente calculada $I_{carga.bat}$, mientras que la tensión, debe ser igual a la del banco de baterías $V_{banco.bat}$. Solicite a los estudiantes que deben guardar la tabla de especificaciones del regulador de carga.

BlueSolar PWM Controlador de carga	12/24-5	12/24-10	12/24-20	12/24-30	48-10	48-20	48-30
Tensión de la batería	12/24 V con detección automática de la tensión de entrada				48V		
Corriente de carga nominal	5A	10A	20A	30A	10A	20A	30A
Desconexión automática de las cargas consumidoras	Sí						
Tensión solar máxima	28V / 55V (1)				100V (1)		
Autoconsumo	< 10 mA						
Salida de carga	Control manual + desconexión por baja tensión + temporizador						
Protección	Inversión de la polaridad de la batería (fusible)		Cortocircuito de salida		Sobretensión		
Protección contra sobrecarga	Desconexión tras 60 s en caso de alcanzar el 130% de carga						
	Desconexión tras 5 s en caso de alcanzar el 160% de carga						
	Desconexión inmediata en caso de cortocircuito						
Puesta a tierra	Positivo común						
Rango de temp. de funcionamiento	-35 to +60°C (carga completa)						
Humedad (sin condensación)	Máx. 95%						

Figura 5.6: Especificación inversor BlueSolar Serie PWM-LCD&USB 12/24V y 48V. Fuente: Catálogo paneles solares. SolarStore (2024).

Como actividad final, los estudiantes deben seleccionar y diseñar el arreglo de paneles. Para ello deben determinar el ángulo óptimo de inclinación utilizando la Ecuación 4.4 para su localidad en particular. Además deben rescatar la HSP hallada en sesiones anteriores para así calcular la energía eléctrica que debe generar el arreglo FV durante esas horas de peak solar (Ecuación 4.13). Pida a los estudiantes que luego calculen, utilizando la Ecuación 4.14, la corriente que el arreglo FV debe entregar diariamente y $V_{mppt.regulador}$ es la tensión del regulador en su punto de máxima potencia. Verifique que los cálculos son correctos e invite ahora a comenzar con la selección de los paneles, teniendo en mente que la tensión de máxima potencia $V_{mp.panel}$ de los mismos debe ser igual o menor a la del regulador $V_{mppt.regulador}$. El número de paneles que conformarán el arreglo se calculan mediante las ecuaciones 4.15 y 4.16, donde $V_{mp.panel}$ y $I_{mp.panel}$ son

parámetros de los paneles que se encuentran en las tablas de especificación. Pida a los estudiantes que guarden toda esa información. Para finalizar, propóngales hacer el mismo ejercicio que realizaron con las baterías, que intenten hacer los cálculos con paneles de otra especificación y evaluar si existe algún ahorro.

ELECTRICAL DATA(STC)	
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	100W
Open Circuit Voltage-Voc(V)	21.95V
Short Circuit Current-Isc(A)	5.87A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	17.90V
Maximum Power Current-Imp(A)	5.59A
Module Efficiency (%)	15.44%

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

Figura 5.7: Especificación panel monocristalino Resun Serie RSM-100M 100W y 12V. Fuente: Catálogo paneles solares. SolarStore (2024).

- **Cierre:** Antes de terminar la clase felicite a los estudiantes, puesto que han dado un gran paso para conseguir el objetivo final y nuestreles que han llegado al final de esta larga sesión. Propicie un ambiente de reflexión que permita a los estudiantes valorar lo que han aprendido a lo largo de todas estas clases.

Evidencias de evaluación:

- Selecciona y dimensiona los componentes del proyecto.
- Memoria de cálculo para portafolio.

Recursos:

- Ir a SolarStore
- Ir a Explorador solar
- Ir a Datos de la NASA
- Laboratorio FV

5.2.7 Mantenimiento y normativa de sistemas off-grid

Asignatura: Emprendimiento y empleabilidad - Instalaciones eléctricas domiciliarias - Elaboración de proyectos eléctricos - Mantenimiento de máquinas, equipos y sistemas eléctricos.

Contenidos: Mantenimiento de sistemas FV off-grid - Normativa de sistemas FV off-grid.

Duración: 2 o 3 horas pedagógicas.

Objetivos: Realizar mantenimiento de sistemas FV off-grid - Conocer la normativa aplicable a sistemas FV off-grid.

Secuencia:

En esta secuencia los estudiantes conocerán la normativa aplicable a su tipo de proyecto, y tendrán la oportunidad de realizar el mantenimiento necesario para la óptima operación del sistema. Esta será la última clase teórica y se sugiere evaluar el portafolio al finalizar esta sesión.

- **Apertura:** Socialice los objetivos con los estudiantes y pregúnteles por la importancia de conocer la normativa y el mantenimiento en los sistemas eléctricos en general. Puede registrar las ideas para que queden visibles durante la clase utilizando TIC como Mentimeter. Las respuestas deben rondar respecto al cumplimiento de las leyes vigentes y que los sistemas estén siempre en condiciones óptimas de funcionamiento, respectivamente.
- **Desarrollo:** Para comenzar, los estudiantes deben reunirse en los grupos designados. Pídales que lean el recurso "Declaración de instalaciones fotovoltaicas" de la SEC, que contiene la normativa de proyectos FV. Guíe a los grupos a discutir cuáles son los lineamientos de la Ley y cuáles aplican directamente a su tipo de proyecto.

Posteriormente lleve a los estudiantes hacia el laboratorio FV, con el fin de realizar la charla de mantenimiento, la cual se basa en la limpieza de los paneles, el apriete y revisión visual de las conexiones, revisión de los soportes. Para el desarrollo de la actividad es necesario que todos los estudiantes cumplan con el uso de los EPP de manera correcta.

Finalmente pida a los estudiantes que hagan un resumen de los EPP necesarios para llevar a cabo las instalaciones y cuáles son las mantenciones mínimas que requieren los sistemas FV. Este resumen irá agregado al portafolio.

- **Cierre:** Puede dediciar 10 o 15 minutos a motivar la reflexión de los estudiantes en torno a cómo lo que han aprendido viene a complementar los que realizaron la clase

anterior y su importancia. Recuerde a los estudiantes que el portafolio será evaluado.

Evidencias de evaluación:

- Mantenimiento de los sistemas FV.
- Resumen EPP y mantenimiento para portafolio.

Recursos:

- Ir a Mentimeter
- Laboratorio FV

5.2.8 Selección, diseño y mantenimiento de sistema FV off-grid (práctico)

Asignatura: Emprendimiento y empleabilidad - Instalaciones eléctricas domiciliarias - Elaboración de proyectos eléctricos - Mantenimiento de máquinas, equipos y sistemas eléctricos.

Contenidos: Selección de componentes sistema FV - Diseño de un sistema FV - Mantenimiento de un sistema FV.

Duración: 8 horas pedagógicas.

Objetivos: Seleccionar, diseñar y mantener sistemas fotovoltaicos off-grid.

Secuencia:

En esta secuencia los estudiantes pondrán a prueba todos los conocimientos que han adquirido a la fecha. Apoyados con su portafolio y su retroalimentación, llevarán a cabo la selección de los elementos, diseñarán el proyecto final y luego simularán el mantenimiento de su sistema de manera práctica en el laboratorio FV. Es importante que a esta altura los portafolios hayan sido calificados y retroalimentados.

- **Apertura:** Reúna a los estudiantes en grupo y llévelos al laboratorio FV con sus portafolios. Coménteles que a cada grupo se le asignarán casos de distinta naturaleza (diferente localización y demanda energética), de modo que deben seleccionar los elementos del sistema, harán el diseño para luego simular el mantenimiento, utilizando los equipos del laboratorio.
- **Desarrollo:** Por grupos realizarán el ejercicio del diseño de sus sistema, recuerde que deben tener acceso al Explorador solar y base de datos de la NASA, así como acceso a la tienda SolarStore. Supervise y guíe a los estudiantes sin proporcionar demasiada ayuda,

puesto que el ejercicio que realizarán será evaluado en la próxima oportunidad.

Entrégueles la rúbrica de la segunda evaluación, y hágales notar que esta sesión será un ensayo, de modo que puede utilizar dicha rúbrica como evaluación formativa. Por último, hágales notar cualquier error que pueda observar y bríndeles el consejo necesario para resolver sus problemas.

Para realizar las conexiones pueden guiarse por las figuras 4.11, 4.12 y 4.14. Además deben seleccionar correctamente el tipo de cable (según corriente) y conector (según sección del cable) para cada elemento.

En la Figura 5.8 se muestran los conectores simples que incluyen los paneles solares en su cara posterior. los conectores dobles y triples que sirven para conectar paneles en paralelo. existen en el mercado conectores de hasta 5 o 6 terminales. En las figuras 5.9 y 5.10 se muestra la conexión serie y paralelo de paneles utilizando sus conectores MC4 correspondientes.



Figura 5.8: (a) Conector MC4 simple, (b) conector MC4 doble, (c) conector MC4 triple. Fuente: Catálogo paneles solares. SolarStore (2024).



Figura 5.9: Conexión paneles en serie. Fuente: Solar fácil.

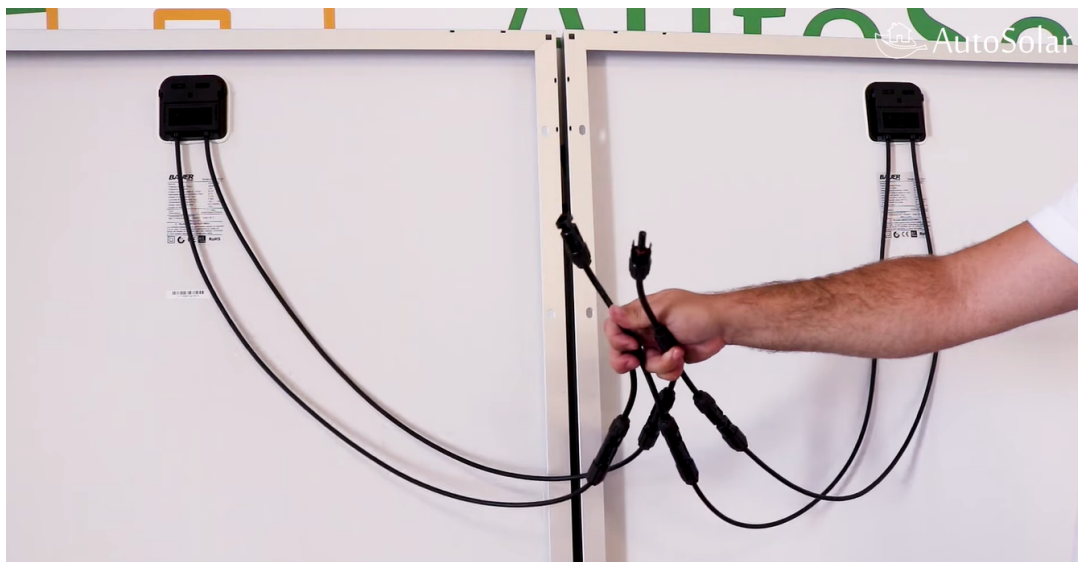


Figura 5.10: Conexión paneles en paralelo. Fuente: AutoSolar.

El inversor está conectado directamente con el grupo de baterías en su entrada (Figura 5.11), donde transforma la corriente continua a corriente alterna a la salida (figura 5.12), donde se conectarán las cargas de los usuarios.

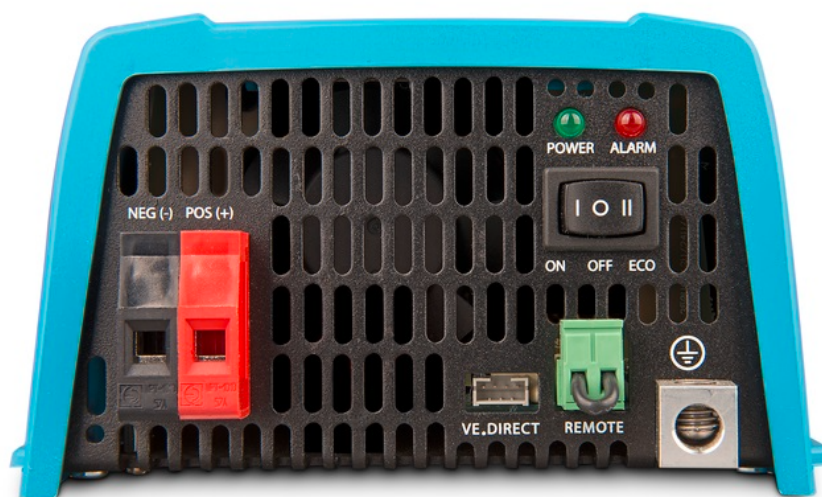


Figura 5.11: Vista conexiones de entrada inversor VICTRON Phoenix 250VA-12V. Fuente: SolarStore



Figura 5.12: Vista conexiones de salida inversor VICTRON Phoenix 250VA-12V. Fuente: SolarStore.

Al controlador van conectados los paneles en su entrada y las baterías en la salida, como se muestra en la figura 5.13.



Figura 5.13: Vista conexiones de controlador VICTRON SmartSolar 250V-100A. Fuente: SolarStore.

- **Cierre:** Habiendo concluido todos los trabajos, bríndeles un ambiente de reflexión de modo que puedan socializar las dificultades que encontraron al realizar el ejercicio de manera autónoma y que lo compartan con el resto del curso. Recuérdeles que la siguiente oportunidad deberán realizar el mismo ejercicio evaluado.

Evidencias de evaluación:

- Realiza la selección, diseño y mantenimiento de los sistemas FV.

Recursos:

- Ir a SolarStore
- Ir a Explorador solar
- Ir a Datos de la NASA
- Laboratorio FV

5.2.9 Propuesta de evaluación

Como se indicó en secciones anteriores, se han propuesto tanto evaluaciones formativas y sumativas. En esta sección encontrará los indicadores de evaluación para las evaluaciones formativas y se propondrá una rúbrica para evaluar el portafolio de las clases teóricas y otra para evaluar las prácticas.

Evaluaciones formativas

Las siguientes evaluaciones formativas han sido propuestas en las secuencias anteriores como una manera de monitorear el avance y consecución de los objetivos de cada una de ellas. Se consideran algunos indicadores de evaluación extraídos de las Bases Curriculares y otros propios de esta propuesta. Sin perjuicio de lo anterior, el docente puede disponer de otros instrumentos de evaluación adicionales o reemplazarlos por otros que considere relevantes y se adapten a su propio contexto escolar.

Evaluaciones sumativas

Acá encontrará las rúbricas que se proponen para evaluar tanto el portafolio como la instalación del sistema en el laboratorio. Al igual que con las evaluaciones formativas, esto solo representa una guía y puede agregar otros aspectos, como también escoger otro tipo de instrumento que se

Tabla 5.1: Evaluaciones formativas

Evaluaciones formativas		
Sesión	Evidencia	Indicador
Energía solar	Reporte Solar	Obtiene el repote solar de su localidad mediante Explorador Solar y analiza corerectamente los gráficos de irradiación y radiación solar.
Movimientos relativos Tierra - Sol	Obtiene eclíptica	Obtiene la eclíptica de invierno y verano trazándola mediante Stellarium.
Circuitos y conexiones	Diseña y analiza circuitos	Diseña circuitos simples de manera correcta y su análisis es coherente respecto a cada tipo de conexión de las fuentes.
Selección y diseño de sistemas FV	Selecciona y dimensiona los componentes del proyecto	Selecciona correctamente cada elemento indicando claramente su criterio para su diseño final.
Mantenimiento y normativa	Mantenimiento de los sistemas FV	Realiza mantención de equipos y sistemas para restablecer o mejorar su funcionamiento de acuerdo a las pautas de mantenimiento.
Selección, diseño y mantenimiento de sistemas FV	Selecciona, diseña y realiza mantenimiento de sistemas FV	Según rúbrica de evaluación sumativa 2.

adecúe de mejor manera a su contexto educativo. Se sugiere agregar, por parte del docente, una componente de evaluación que influya en la calificación final, que tenga carácter autoevaluativo y/o coevaluativo.

En la Tabla 5.2 encontrará en detalle la rúbrica propuesta para evaluar el portafolio, mientras que en la Tabla 5.3 se ha preparado una escala de notas que puede utilizar para calificar. Esta considera un 60% de dificultad, comenzando con nota 1,0 hasta nota 7,0.

En las tablas 5.7 y 5.8 hallará la rúbrica propuesta para el proyecto final y su escala de notas, al 60% de dificultad.

Tabla 5.2: Rúbrica del portafolio. fuente: Elaboración propia.

Rúbrica portafolio (52 puntos)				
Criterio de Evaluación	Excelente (4)	Bien (3)	Regular (2)	Insuficiente (1)
Organización y estructura	La información está organizada, es coherente y fácil de seguir. Sin errores visibles.	Casi no hay errores. La estructura es clara.	Faltan algunos elementos, y la organización no es completamente clara.	Desorganizado, incompleto y difícil de seguir.
Resumen Sesión Energía solar	Se adjuntan los gráficos y se responde de forma correcta todas las preguntas.	Se adjuntan los gráficos y se responde de forma correcta la mayoría de las preguntas.	Se adjuntan los gráficos, pero se evidencia errores en muchas preguntas.	No se adjuntan los gráficos o se evidencia errores importantes en muchas preguntas.
Carta Solar (pondera x2)	Obtienen la HSP de manera correcta y se adjunta la carta solar de su localidad.	Obtienen la HSP de manera correcta y se adjunta la carta solar de otra localidad.	Obtienen la HSP de manera incorrecta y se adjunta la carta solar de su localidad.	Obtienen la HSP de manera incorrecta y se adjunta la carta solar de otra localidad
Memoria de cálculo circuitos eléctricos (pondera x2)	Todos los cálculos son correctos.	La mayoría de los calculos son correctos.	La mayoría de los cálculos son incorrectos.	Todos los cálculos son incorrectos.
Bitácora clase Tecnología fotovoltaica	Todas las respuestas son correctas. Explica fielmente qué es un sistema off-grid.	Todas las respuestas son correctas. Explica con algunas omisiones qué es un sistema off-grid.	La mayoría de las respuestas son correctas. Explica vagamente qué es un sistema off-grid.	Presenta errores importantes en las respuestas. No explica qué es un sistema off-grid o lo hace de manera errada.
Resumen EPP y mantenimiento (pondera x2)	Realiza un resumen completo de los EPP y menciona las tareas más importantes de mantenimiento de sistemas FV.	Realiza un resumen completo de los EPP y menciona algunas tareas de mantenimiento de sistemas FV.	Realiza un resumen parcial de los EPP y menciona algunas tareas de mantenimiento de sistemas FV.	Realiza un resumen vago de los EPP y/o menciona de forma insuficiente las tareas de mantenimiento de sistemas FV.
Memoria de cálculo selección y diseño FV (pondera x4)	Todos los cálculos son correctos.	La mayoría de los calculos son correctos.	La mayoría de los cálculos son incorrectos.	Todos los cálculos son incorrectos.

Tabla 5.3: Escala de notas rúbrica de portafolio en tres partes. Fuente: Elaboración propia.

Puntaje	Nota
0	1.0
1	1.1
2	1.2
3	1.3
4	1.4
5	1.5
6	1.6
7	1.7
8	1.8
9	1.9
10	2.0
11	2.1
12	2.2
13	2.3
14	2.3
15	2.4
16	2.5
17	2.6

Puntaje	Nota
18	2.7
19	2.8
20	2.9
21	3.0
22	3.1
23	3.2
24	3.3
25	3.4
26	3.5
27	3.6
28	3.7
29	3.8
30	3.9
31	4.0
32	4.1
33	4.3
34	4.4
35	4.5

Puntaje	Nota
36	4.7
37	4.8
38	5.0
39	5.1
40	5.3
41	5.4
42	5.6
43	5.7
44	5.8
45	6.0
46	6.1
47	6.3
48	6.4
49	6.6
50	6.7
51	6.9
52	7.0

Tabla 5.4: (a) Parte 1

Tabla 5.5: (b) Parte 2

Tabla 5.6: (c) Parte 3

Tabla 5.7: Rúbrica del proyecto final. Fuente: Elaboración propia.

Rúbrica portafolio (68 puntos)				
Criterio	Excelente (4)	Bien (3)	Regular (2)	Insuficiente (1)
Recurso solar	Determina correctamente HSP, ángulo óptimo y radiación.	Determina correctamente HSP, pero presenta errores en la radiación obtenida	Determina correctamente HSP, pero presenta errores en ángulo óptimo	No determina HSP ni radiación ni ángulo óptimo.
Demanda y potencia máxima e inversor	Determina correctamente la demanda energética y la potencia total.		No determina correctamente la potencia total o la demanda energética.	No determina ni la potencia ni la demanda energética.
Inversor	Selecciona correctamente el inversor.			No selecciona correctamente el inversor.
Baterías (Pondera x2)	Selecciona correctamente el tipo de batería. Diseña correctamente el arreglo.		No selecciona correctamente el tipo de batería o no diseña correctamente el arreglo.	No selecciona ni diseña correctamente.
Regulador	Selecciona correctamente el regulador.			No selecciona correctamente el regulador.
Paneles (Pondera x2)	Selecciona correctamente el tipo de panel. Diseña correctamente el arreglo.		No selecciona correctamente el tipo de panel o no diseña correctamente el arreglo.	No selecciona ni diseña correctamente.
Diseño FV in situ (Pondera x4)	El diseño es coherente con su memoria de cálculo. Los elementos están bien montados. Las conexiones son firmes.	El diseño es coherente con su memoria de cálculo. Los elementos están bien montados. Las conexiones no son firmes.	El diseño es coherente con su memoria de cálculo. Los elementos no están bien montados ni las conexiones son firmes.	El diseño no es coherente con su memoria de cálculo.
Elementos de Protección Personal (pondera x 3)	Utiliza correctamente todos sus EPP		Utiliza correctamente una parte de sus EPP.	No utiliza correctamente sus EPP
Mantenimiento (Pondera x2)	Realiza o menciona las tareas más importantes de mantenimiento de sistemas FV.		Realiza o menciona una parcialidad de las tareas más importantes de mantenimiento.	Realiza un mantenimiento vago de los sistemas FV.

Tabla 5.8: Escala de notas rúbrica de proyecto final. Fuente: Elaboración propia

Puntaje	Nota	Puntaje	Nota	Puntaje	Nota	Puntaje	Nota	Puntaje	Nota
0	1.0	14	2.0	28	3.1	42	4.1	56	5.7
1	1.1	15	2.1	29	3.1	43	4.2	57	5.8
2	1.1	16	2.2	30	3.2	44	4.4	58	5.9
3	1.2	17	2.3	31	3.3	45	4.5	59	6.0
4	1.3	18	2.3	32	3.4	46	4.6	60	6.1
5	1.4	19	2.4	33	3.4	47	4.7	61	6.2
6	1.4	20	2.5	34	3.5	48	4.8	62	6.3
7	1.5	21	2.5	35	3.6	49	4.9	63	6.4
8	1.6	22	2.6	36	3.6	50	5.0	64	6.6
9	1.7	23	2.7	37	3.7	51	5.1	65	6.7
10	1.7	24	2.8	38	3.8	52	5.2	66	6.8
11	1.8	25	2.8	39	3.9	53	5.3	67	6.9
12	1.9	26	2.9	40	3.9	54	5.5	68	7.0
13	2.0	27	3.0	41	4.0	55	5.6		

Tabla 5.9: (a) Tabla 5.10: (b) Tabla 5.11: (c) Tabla 5.12: (d) Tabla 5.13: (e)
 Parte 1 Parte 2 Parte 3 Parte 4 Parte 5

5.3 Propuesta curricular

Llegada esta parte del trabajo, solo queda organizar toda la información en una propuesta curricular, que sirva como ayuda y guía en la planificación de las clases.

Tabla 5.14: Propuesta curricular. Fuente: Elaboración propia.

Propuesta curricular (21 clases)					
Sesión	Objetivos	Contenidos	Tiempo	Clases	Evaluación
Primera sesión	Conocer el contexto del proyecto y su importancia para combatir el cambio climático. Conocer el método de evaluación del módulo.	Cambio climático. Energías renovables.	2 horas	1 clase	-
Energía solar	Reconocer que el Sol es la fuente principal de energía en la Tierra. Analizar gráficos de irradiación solar.	Energía solar. Irradiación.	4 horas.	2 clases.	Reporte solar. Resumen de la sesión para portafolio.
Movimientos relativos Tierra - Sol	Reconocer los movimientos relativos entre la Tierra y el Sol. Conocer la eclíptica solar y el ángulo de elevación solar. Determinar la hora solar peak. Analizar cartas solares.	Movimientos relativos Tierra - Sol. La eclíptica. Hora solar peak.	4 horas.	2 clases.	Obtiene eclíptica. Carta solar para portafolio.
Circuitos y conexiones	Diseñar circuitos eléctricos con conexiones en serie, paralelo y mixto.	Circuitos eléctricos. Conexión serie paralelo.	4 horas.	2 clases.	Diseña y analiza circuitos. Memoria de cálculo para portafolio.
Tecnología fotovoltaica	Conocer el funcionamiento de los módulos fotovoltaicos. Conocer las diferentes alternativas de paneles solares en el mercado.	Tecnología fotovoltaica.	2 horas.	1 clase.	Bitácora de la clase para portafolio.
Selección y diseño de sistemas fotovoltaicos	Calcular la demanda de energía eléctrica. Seleccionar los componentes del sistema off-grid. Diseñar la conexión de los componentes del sistema off-grid.	Sistemas FV off-grid. Componentes de un Sistema FV off-grid. Diseños de sistemas FV off-grid.	6 horas.	3 clases.	Selecciona y dimensiona los componentes del proyecto. Memoria de cálculo para portafolio.
Mantenimiento y normativa de sistemas off-grid	Realizar mantenimiento de sistemas FV off-grid. Conocer la normativa aplicable a sistemas FV off-grid.	Mantenimiento de sistemas FV off-grid. Normativa de sistemas FV off-grid.	2 horas.	1 clase	Mantenimiento de los sistemas FV. Resumen EPP y mantenimiento para portafolio.
Selección, diseño y mantenimiento de sistema FV off-grid (práctico)	Seleccionar, diseñar y mantener sistemas fotovoltaicos off-grid.	Selección de componentes sistema FV. Diseño de un sistema FV. Mantenimiento de un sistema FV.	8 horas.	4 clases.	Realiza la selección, diseño y mantenimiento de los sistemas FV.
Evaluaciones					
Portafolio	Realizar retroalimentación de trabajo de portafolio, otorgando oportunidad de aprender del error y favorecer la metacognición.	Todos los vistos en sesiones teórica.	2 horas.	1 clase	Según rúbrica.
Proyecto final	Seleccionar, diseñar y mantener sistemas fotovoltaicos off-grid.	Selección de componentes sistema FV. Diseño de un sistema FV. Mantenimiento de un sistema FV.	8 horas.	4 clases.	Según rúbrica.

5.4 Material didáctico: Laboratorio FV

En esta sección, se entregará un detalle de los requerimientos básicos que el colegio debe adquirir para poner en marcha un laboratorio FV que cuente con los equipos mínimos para realizar diversos diseños. En este apartado no se pretende entregar una cotización, sino más bien proponer una lista de materiales que, a criterio del autor, bastarían para satisfacer una demanda a nivel escolar.

Tabla 5.15: Laboratorio FV: lista del material didáctico.

Cantidad	Ítem	Especificaciones
10	Panel solar monocristalino	200W - 24V
6	Panel solar monocristalino	660W - 24V
12	Baterías de ciclo profundo	100Ah - 12V
1	Inversor off-grid	500VA - 24V
1	Controlador de carga	250V - 100A
-	Estructuras de montaje	para paneles y baterías
-	Cables y conectores	para todos los componentes y potencias menores a 5kW
-	EPP: guantes, zapatos y overol según norma	Para todos los estudiantes
Dato 9	Última prueba de datos largos	Dato breve



Figura 5.14: Ejemplo de banco y maquetas laboratorio fotovoltaico. Fuente: (Ruiz et al., 2019).

6

Conclusiones

Al finalizar este trabajo, se ha creado una herramienta didáctica que tiene el potencial de proporcionar las orientaciones mínimas para que los docentes de educación media técnico-profesional puedan articular en el currículo la enseñanza de proyectos solares fotovoltaicos con el fin de que los estudiantes secundarios de 4° medio de la especialidad de electricidad adquieran los conocimientos y competencias relacionadas con el diseño y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos de baja potencia. En un contexto donde Chile busca posicionarse como líder en energías renovables, la propuesta presentada constituye un paso clave para articular la formación técnica con las necesidades del mercado laboral y los desafíos del cambio climático.

La construcción de un sólido marco teórico, que integra los fundamentos técnicos de la ingeniería mecánica y los principios pedagógicos de la enseñanza y el aprendizaje, permitió diseñar ocho secuencias didácticas acompañadas de evaluaciones formativas y sumativas, las que ofrecen un plan práctico y detallado que puede implementarse en un total de 21 sesiones de dos horas pedagógicas cada una. Este diseño no solo asegura un aprendizaje efectivo, sino también su alineación con las bases curriculares vigentes, articulando los contenidos y objetivos de las asignaturas de electricidad con el auge de las energías renovables.

Además, el trabajo incluye una propuesta curricular y una guía de materiales para la creación de laboratorios fotovoltaicos en establecimientos educativos. Esto garantiza que los docentes cuenten con los recursos necesarios para implementar un proceso formativo completo, alineado con las demandas del sector energético y las expectativas del sistema educativo.

En conclusión, esta propuesta contribuye significativamente al fortalecimiento de la educación técnico profesional en Chile, permitiendo que los estudiantes no solo adquieran competencias técnicas esenciales, sino que también se inserten en un mercado laboral en crecimiento, mientras contribuyen activamente a la transición energética del país.

Referencias

- Bases curriculares de la educación técnico-profesional. Ministerio de Educación (2016). <https://www.curriculumnacional.cl>.
- Catálogo paneles solares. SolarStore (2024). <https://www.solarstore.cl/categoria/paneles-solares/>.
- Duffie, J. and Beckman, W. (2013). Solar engineering of thermal processes. *Editorial John Wiley Sons*, 1(4):928.
- Díaz Barriga, (2013). Guía para la elaboración de una secuencia didáctica. *Comunidad de Conocimiento UNAM*, 1(1):1–15.
- Díaz Barriga, (2014). Construcción de programas de estudio en la perspectiva del enfoque de desarrollo de competencias. *Perfiles educativos*, 36(143):142–162.
- Explorador Solar. Ministerio de Energía (2024). <https://solar.minenergia.cl/exploracion>.
- Fundación energía comunitaria (2017). Guía de diseño de paneles fotovoltaicos off-grid. *Práctica, residencia e investigación educativa*, 1(1):34.
- Instaladores de placas solares. SotySolar (2024). <https://sotysolar.es/>.
- Ley Chile. Biblioteca del Congreso Nacional (2024). <https://www.bcn.cl/leychile/>.
- Manual sobre instalación de plantas fotovoltaicas. Ayllu Solar (2024). <https://ayllusolar.cl/wp-content/uploads/2021/06/07-manual-instalaciones-fotovoltaicas.pdf>.
- Méndez, J. and Cuervo, R. (2007). Energía solar fotovoltaica. *Instituto de tecnología y formación*, 1(2):248.
- Ruiz, J., González, D., Benítez, M., and Barrera, D. (2019). Implementación del laboratorio de energía solar fotovoltaica en la escuela colombiana de ingeniería julio garavito. *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería*, 1(113):21–29.
- Sanmartí, N. (2002). Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria. *Didáctica de las ciencias experimentales*, 1(1):382.

Apéndice A

Memoria de cálculo

En este apéndice encontrará una memoria de cálculo que sirve como ejemplo para conocer los resultados de cada una de las actividades que apuntan a la selección y diseño del proyecto fotovoltaico.

A.1 Parámetros de ubicación

El proyecto será diseñado para una vivienda en Copiapó, cuyas coordenadas son Latitud $-27,3759^\circ$ y Longitud $-70,3356^\circ$. A través del explorador solar se ha obtenido el reporte completo, cuyos gráficos se adjuntan a continuación:

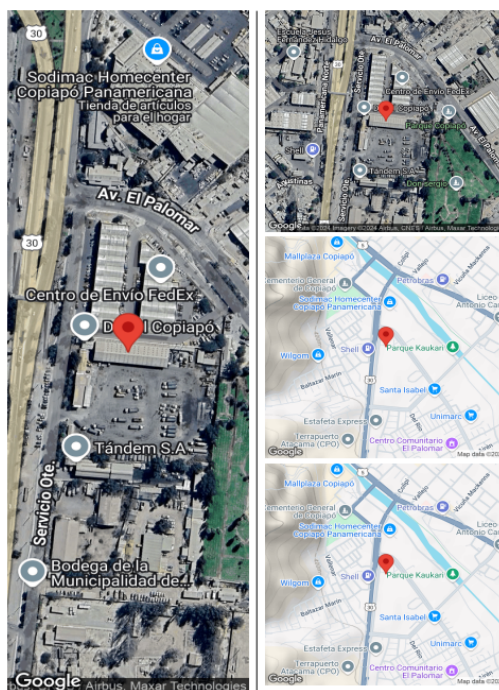


Figura A.1: Mapa del sitio seleccionado. Fuente: Explorador Solar.

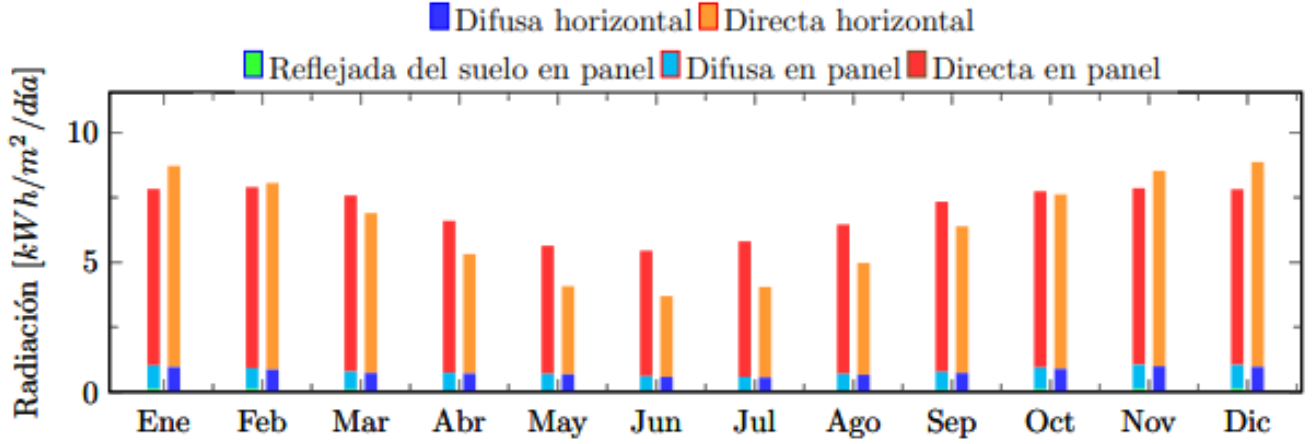


Figura A.2: Promedio mensual de la radiación diaria del sitio seleccionado. Fuente: Explorador Solar.

```

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Monthly and Annual
Dates (month/day/year): 01/01/2022 through 12/31/2022
Location: Latitude -27.3356 Longitude -70.2859
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 1710.05 meters
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999
Parameter(s):
ALLSKY_SFC_SW_DWN CERES SYN1deg All Sky Surface Shortwave Downward Irradiance (kW-hr/m^2/day)
-END HEADER-
PARAMETER YEAR JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC ANN
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2022 7.97 7.90 6.58 5.28 4.03 3.44 3.67 4.78 6.39 7.32 7.51 8.27 6.09

```

Figura A.3: Hora solar peak promedio. Fuente: Data access viewer, NASA.

Utilizando la Ecuación 4.1 y la información de la Figura A.2 para el mes más crítico (junio), se puede estimar el valor de la hora solar peak HSP .

$$HSP = \frac{Radiacion}{1000} = \frac{3800}{1000} = 3,8 [h]$$

Aunque según la Figura A.3 que contiene datos de la NASA, la $HSP = 3,44$ para el mes más crítico (junio). De los dos valores, utilizaremos este último por ser más crítico (considera una menor radiación).

Luego, utilizando el ángulo de latitud y utilizando las ecuaciones 4.2 y 4.3 se puede estimar los ángulos de elevación máximo y mínimo.

$$h_{max} = 90^\circ - 23,45^\circ + |\phi| = 90^\circ - 23,45^\circ + |-27,38^\circ| = 93,93 [^\circ]$$

$$h_{min} = 90^\circ - 23,45^\circ - |\phi| = 90^\circ - 23,45^\circ - |-27,38^\circ| = 39,17 [^\circ]$$

Finalmente, mediante la Ecuación 4.4 calculamos el ángulo óptimo para la inclinación de los paneles.

$$\beta = 3.7^\circ + 0,69^\circ \cdot |\phi| = 3.7^\circ + 0,69^\circ \cdot |-27,38^\circ| = 22,6 [^\circ]$$

De modo que el ángulo óptimo para inclinar los paneles hacia el Norte es $22,6^\circ$.

A.2 Demanda y potencia máxima

Por medio de la Tabla basada en la Figura 5.3, determinaremos la potencia máxima requerida P_{max} y la demanda de energía (w_{ac}) para un día.

Tabla A.1: Demanda de energía eléctrica en la localización seleccionada. Fuente: Elaboración propia.

#	Equipo	Potencia de placa (W)	tiempo uso (h)	Energía (Wh)
1	Televisor 1	50	3	150
2	Televisor 2	55	2	110
3	Lavadora	450	2	900
4	Microondas	1000	0,1	100
5	Led 1	7	8	54
6	Led 2	7	6	42
7	Led 3	7	4	28
8	Led 4	7	4	28
9	Led 5	11	10	110
10	Led 6	11	4	44
11	Refrigerador	35	24	840
12	Computador 1	60	8	480
13	Computador 2	65	3	195
14	Cargador 1	20	2	40
15	Cargador 2	60	1	60

De esta forma se obtiene:

- $P_{max} = 1.845 \text{ W}$
- $w_{ac} = 3.181 \text{ Wh}$

A.3 Selección del inversor

El inversor y todos los demás elementos serán seleccionados del proveedor Solarstore, que fue el recurso sugerido para las secuencias didácticas. Para llevar a cabo el objetivo, usamos la Ecuación 4.6 y $FP = 0,8$:

$$S_{inversor} = \frac{P_{max}}{FP} = \frac{1.845}{0,8} = 2.307 [VA]$$

El criterio indica que la potencia del inversor debe ser mayor a la calculada. Se selecciona entonces el inversor Axpert VP 3000-24, cuya potencia es de 3000 VA, lo que permite que el usuario pueda incluir alguna otra carga que no está declarada. La tabla de especificación se muestra en la Figura A.4.



- Pure sine wave solar inverter
- Output power factor 1
- Selectable high power charging current
- Wide DC input range
- Selectable input voltage range for home appliances and personal computers
- Configurable AC/Solar input priority via LCD setting
- Compatible with mains voltage or generator power
- Auto restart while AC is recovering
- Overload and short circuit protection
- Smart battery charger design for optimized battery performance
- Cold start function
- Optional anti-dusk kit

Axpert VP 1000-12 / Axpert VP 2000-24 / Axpert VPM 2000-24
Axpert VP3000-24 / Axpert VM3000-24
Axpert VM 3000-24 Plus / Axpert VP 5000-48 / Axpert VM 5000-48

Axpert V Off-Grid Inverter Selection Guide

MODEL	Axpert VP 1000-12	Axpert VM 1000-12	Axpert VP 2000-24	Axpert VM 2000-24	Axpert VP 3000-24	Axpert VM 3000-24	Axpert VM 3000-24 Plus	Axpert VP 5000-48	Axpert VM 5000-48
Rated Power	1000VA/1000W		2000VA/2000W		3000VA / 3000W			5000VA / 5000W	
INPUT									
Voltage	230 VAC								
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) ; 90-280 VAC (For Home Appliances)								
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)								
OUTPUT									
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC ± 5%								
Surge Power	2000VA		4000VA		6000VA			10000VA	
Efficiency (Peak)	90% ~ 93%								
Transfer Time	10 ms (For Personal Computers) ; 20 ms (For Home Appliances)								
Waveform	Pure sine wave								

Figura A.4: Especificación inversor VP 3000-24. Fuente: SolarStore.

A.4 Selección del banco de baterías

La energía que debe suministrar el banco de baterías se obtiene con la Ecuación 4.7, utilizando $\eta_{inversor} = 0,9$ que fue extraído de las especificaciones del inversor (Figura A.4).

$$w_{banco.bat} = \frac{w_{ac}}{\eta_{inversor}} = \frac{3.181}{0,9} = 3.535 [Wh]$$

Para comenzar el arreglo, se realizará el ejercicio de selección de baterías con dos tipos de ellas, tal como se les pide a los estudiantes en las sesiones.

A.4.1 Uso de baterías de 24 V

Se calcula la capacidad del banco de baterías utilizando la Ecuación 4.8, y se utiliza $DoD = 0,6$ y $\eta_{inversor} = 0,9$ (fue utilizado anteriormente).

$$C_{banco.bat} = \frac{w_{banco.bat}}{\eta_{inversor} \cdot DoD \cdot V_{banco.bat}} = \frac{3.535}{0,9 \cdot 0,6 \cdot 24} = 273 [Ah]$$

Se ha seleccionado la batería Pylontech RT2450 de 24 V, cuya especificación se visualiza en la Figura A.5.

Electrical Specifications	
Nominal Voltage	25.6 VDC
Nominal Capacity	50 Ah
Resistance	< 10 mΩ
Efficiency	99%
Self Discharge	≤ 3% per month
Max. Batteries in Parallel or Series	258P/1516P
Cycle Life	> 4000
Max. Continuous Discharging Current	50 A
Peak Discharging Current	100 A@30 s
Max. Continuous Charging Current	50 A
Recommended Continuous Charging Current	≤ 25 A
Recommended Charging Voltage	28 V~28.8 V

Figura A.5: Especificación batería Pylontech RT2450-24V. Fuente: SolarStore.

Lo siguiente es determinar el número de baterías, considerando la capacidad de la batería desde sus especificaciones y utilizando la Ecuación 4.9.

$$n_{baterias} = \frac{C_{banco_bat}}{C_{bat}} = \frac{273}{50} = 6 [unidades]$$

La cantidad de baterías fue aproximada al entero superior y será duplicada para asegurar un día extra de autonomía, por lo tanto, la cantidad de baterías requeridas es 12.

El arreglo se calcula con las ecuaciones 4.10 y 4.11.

$$n_{baterias_serie} = \frac{V_{banco_bat}}{V_{bat}} = \frac{24}{24} = 1 [unidades]$$

$$n_{ramas_paralelo} = \frac{n_{baterias}}{n_{baterias_serie}} = \frac{12}{1} = 12 [unidades]$$

De esta forma, las 12 baterías deben ir conectadas en paralelo.

A.4.2 Uso de baterías de 12 V (alternativa)

Se calcula la capacidad del banco de baterías utilizando la Ecuación 4.8, y se utiliza $DoD = 0,6$ y $\eta_{inversor} = 0,9$.

$$C_{banco_bat} = \frac{w_{banco_bat}}{\eta_{inversor} \cdot DoD \cdot V_{banco_bat}} = \frac{3.535}{0,9 \cdot 0,6 \cdot 12} = 546 [Ah]$$

Se ha seleccionado la batería Taiyo TYG12-33 de 12 V, cuya especificación se visualiza en la Figura A.6.

● Specifications		
Nominal Voltage		12V
Rated capacity (20 hour rate)		33Ah
Dimensions	Length	195±2mm(7.68inch)
	Width	130±2mm(5.12inch)
	Height	155±2mm6.10inch)
	Total Height	T14:167±2mm(6.57inch) T6:180±2mm(7.09inch)
Approx. Weight		9.4kg(20.68lbs)±4%

Figura A.6: Especificaciones de la batería Taiyo TYG12-33 de 12 V. Fuente: SolarStore.

Lo siguiente es determinar el número de baterías, considerando la capacidad de la batería desde sus especificaciones y utilizando la Ecuación 4.9.

$$n_{baterias} = \frac{C_{banco_bat}}{C_{bat}} = \frac{546}{33} = 17 [unidades]$$

La cantidad de baterías fue aproximada al entero superior y será duplicada para asegurar un día extra de autonomía, por lo tanto, la cantidad de baterías requeridas es 34.

El arreglo se calcula con las ecuaciones 4.10 y 4.11.

$$n_{baterias_serie} = \frac{V_{banco_bat}}{V_{bat}} = \frac{24}{12} = 2 [unidades]$$

$$n_{ramas_paralelo} = \frac{n_{baterias}}{n_{baterias_serie}} = \frac{34}{2} = 17 [unidades]$$

De este modo, las baterías deben ir conectadas en serie cada dos. Luego, las siete parejas deben ir conectadas en paralelo.

Conclusión: como alternativa, es un tercio más barato, pero se necesita casi el triple de espacio. Es posible explorar una tercera solución con baterías de 12 V que son más baratas, pero con una capacidad mayor a esta última (33Ah) para necesitar una menor cantidad.

A.5 Selección del regulador de carga

Para seleccionar el regulador se utiliza la Ecuación 4.12.

$$I_{carga_bat} = \frac{P_{max}}{V_{banco_bat}} = \frac{1.845}{24} = 77 [A]$$

Se ha seleccionado el regulador Victron SmartSolar 250/100, que tiene una capacidad de manejo de corriente superior a la máxima que podría ser requerida. Sus especificaciones se encuentran en la Figura

Controlador de carga SmartSolar con interfaz VE.Can.	250/70	250/85	250/100
Tensión de la batería	Selección automática 12/24/48 V (36 V manual)		
Corriente de carga nominal	70 A	85 A	100 A
Potencia FV nominal, 12 V 1a,b)	1000 W	1200 W	1450 W
Potencia FV nominal, 24 V 1a,b)	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia FV nominal, 36 V 1a,b)	3000 W	3600 W	4350 W
Potencia FV nominal, 48 V 1a,b)	4000 W	4900 W	5800 W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	35 A (máx. 30 A por conector MC4)	70 A (máx. 30 A por conector MC4)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	250 V máximo absoluto en las condiciones más frías 245 V en arranque y funcionando al máximo		
Eficacia máxima	99 %		
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V		
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)		
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)		
Tensión de carga de "ecualización»	Valores predeterminados: 16,2 V / 32,4 V / 48,6 V / 64,8 V (regulable)		
Algoritmo de carga	adaptativa multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario		
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C		
Protección	Polaridad inversa FV/Cortocircuito de salida/Sobretensión		
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)		
Humedad	95 %, sin condensación		
Altitud máxima	5.000 m (potencia nominal completa hasta los 2.000 m)		
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados		
Grado de contaminación	PD3		
Comunicación de datos	VE.Can, VE.Direct y Bluetooth		
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)		
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA: 240 VCA / 4 A Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC, 1 A hasta 60 VCC		
Funcionamiento en paralelo	Sí, funcionamiento sincronizado en paralelo con VE.Can (máx. 25 unidades) o Bluetooth (máx. 10 unidades)		

Figura A.7: Especificaciones del regulador Victron SmartSolar 250/100. Fuente: SolarStore.

A.6 Selección del arreglo de paneles fotovoltaicos

Para llevar a cabo la selección de los paneles se utilizarán las ecuaciones 4.13 y 4.14.

$$w_{arreglo_PV} = \frac{w_{banco_bat}}{\eta_{regulador}} = \frac{3.535}{0,99} = 3.571 [Wh]$$

$$I_{arreglo_PV} = \frac{w_{arreglo_PV}}{HSP \cdot V_{mppt_regulador}} = \frac{3.571}{3,8 \cdot 250} = 3,8 [A]$$

Se ha seleccionado el panel monocristalino RESUN RSM-100M. Para diseñar el arreglo de paneles se utilizan las ecuaciones 4.15 y 4.16. Las especificaciones del panel están en la Figura A.8.

$$n_{paneles_serie} = \frac{V_{mppt_regulador}}{V_m} = \frac{250}{17,9} = 14 [unidades]$$

$$n_{ramas_paralelo} = \frac{I_{arreglo_PV}}{I_m} = \frac{3,8}{5,59} = 1 [unidades]$$

Finalmente se necesitan 14 paneles todos conectados en serie.

ELECTRICAL DATA(STC)	
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	100W
Open Circuit Voltage-Voc(V)	21.95V
Short Circuit Current-Isc(A)	5.87A
Maximum Power Voltage-Vmp (V)	17.90V
Maximum Power Current-Imp(A)	5.59A
Module Efficiency (%)	15.44%

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

Figura A.8: Especificaciones del panel monocristalino RESUN RSM-100M. Fuente: SolarStore.

Dada la cantidad de área necesaria, se explorará una segunda alternativa, tal como se le solicita a los estudiantes utilizando paneles de mayor potencia nominal.

A.6.1 Alternativa

Se ha seleccionado el panel monocristalino Restarsolar RT7I-M 450W. Para diseñar el arreglo de paneles se utilizan las ecuaciones 4.15 y 4.16. Las especificaciones del panel están en la Figura A.9.

$$n_{paneles_serie} = \frac{V_{mppt_regulador}}{V_m} = \frac{250}{49,3} = 6 [unidades]$$

$$n_{ramas_paralelo} = \frac{I_{arreglo_PV}}{I_m} = \frac{3,8}{10,85} = 1 [unidades]$$

Finalmente se necesitan 6 paneles todos conectados en serie.

Electrical Data(STC)					
Rated Power In Watts-Pmax(Wp)	450W	455W	460W	465W	470W
Open Circuit Voltage-Voc(V)	49.30V	49.50V	49.70V	49.90V	50.10V
Short Circuit Current-Isc(A)	11.60A	11.67A	11.74A	11.82A	11.89A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	41.50V	41.70V	41.90V	42.09V	42.27V
Maximum Power Current-Imp(A)	10.85A	10.91A	10.98A	11.05A	11.12A
Module Efficiency(%)	20.70%	20.93%	21.16%	21.39%	21.62%

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

Figura A.9: Especificaciones del panel monocristalino Restarsolar RT7I-M 450W. Fuente: SolarStore.