



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,**  
**SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**  
**2019**

DQS is member of:



*Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz*



# **CURSO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS ENFOCADO EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS SOPORTADO EN LAS TIC'S**

**AUTOR:  
CRISTIAN ACEVEDO PRADA**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
PAMPLONA, COLOMBIA  
2019**





# **CURSO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS ENFOCADO EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS SOPORTADO EN LAS TIC'S**

**AUTOR:  
CRISTIAN ACEVEDO PRADA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**DIRECTOR:  
M.Sc. (c) ING. LUIS DAVID PABÓN FERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
PAMPLONA, COLOMBIA  
2019**



## DEDICATORIA

Primero a Dios porque gracias a él tuve la oportunidad de estudiar y guía mi camino cada día.

Por el esfuerzo, dedicación, paciencia, por su confianza y por todo lo que me ha dado a lo largo de mi vida, es te proyecto va dedicado a mi madre.

A mi novia Laura Juliana por su gran ayuda en los momentos más difíciles y demostrarme que en todo momento cuento con ella.



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco de forma especial la sabiduría y las enseñanzas brindadas por todos y cada uno de los docentes que tuve a lo largo de la carrera. Así mismo a la Universidad de Pamplona por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.





## RESUMEN

Este proyecto presenta la implementación y el contenido de un curso de energías alternativas enfocado en sistemas fotovoltaicos soportado en las TIC'S, implementado en la plataforma Moodle para el programa de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Pamplona. Se llevó a cabo la síntesis de las unidades con contenidos académicos seleccionados y avalados por el comité curricular del programa. Los contenidos fueron complementados con guías de laboratorio para realizar de forma física, quices que se encuentran en la plataforma y al terminar la prueba se obtiene la calificación y se da una retroalimentación de las preguntas y recursos audiovisuales seleccionados por tema. El acceso al curso en la plataforma Moodle está disponible para los miembros de la Universidad de Pamplona que deseen tener acceso a la información y a las actividades complementarias.

## ABSTRACT

This project presents the implementation and content of an alternative energy course focused on photovoltaic systems supported in the TIC'S, implemented in the Moodle platform for the Electrical Engineering program of the University of Pamplona. The synthesis of the units with academic contents selected and endorsed by the curricular committee of the program was carried out. The contents were complemented with laboratory guides to perform physically, quices that are on the platform and at the end of the test the note is obtained and a feedback of the questions and audiovisual resources selected by theme is given. Access to the course on the Moodle platform is available to members of the University of Pamplona who wish to have access to information and complementary activities.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	6
TABLA DE CONTENIDO .....	7
LISTA DE FIGURAS .....	9
INTRODUCCIÓN .....	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
JUSTIFICACIÓN .....	15
DELIMITACIÓN .....	16
OBJETIVO GENERAL .....	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
ACOTACIONES .....	16
CAPÍTULO 1 .....	17
MARCO TEÓRICO .....	17
1) Contexto nacional e internacional .....	17
2) Principios básicos de los sistemas fotovoltaicos .....	20
3) Efecto fotovoltaico y paneles solares .....	23
4) Reguladores de carga .....	35
5) Inversores .....	38
6) Protecciones en los sistemas fotovoltaicos .....	42
7) Sistemas fotovoltaicos autónomos .....	45
CAPITULO 2 .....	46
Contenido programático .....	46
2.1) Contenido programático de la materia energías alternativas que utilizan otras universidades nacionales e internacionales. ....	46
2.2) Contenido programático de la Universidad de Pamplona .....	50
2.3) Estructura del curso .....	54
CAPÍTULO 3 .....	56
Diseño de los elementos audiovisuales y guías prácticas de laboratorio .....	56
UNIDAD 1: CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL .....	56
UNIDAD 2: PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	57



UNIDAD 3: EFECTO FOTOVOLTAICO Y PANELES SOLARES .....	61
UNIDAD 4: ACUMULADORES SOLARES .....	81
UNIDAD 5: REGULADORES DE CARGA .....	88
UNIDAD 6: INVERSORES .....	92
UNIDAD 7: PROTECCIONES EN LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	97
UNIDAD 8: SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS.....	100
CAPITULO 4.....	102
Implementar en el portal web Moodle los recursos educativos digitales .....	102
CAPITULO 5.....	111
Pruebas de funcionamiento.....	111
CONCLUSIONES .....	118
BIBLIOGRAFÍA.....	119





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comportamiento de la demanda de energía anual en Colombia.....	18
Figura 2: Promedio anual de la irradiación global recibida en una superficie horizontal durante el día (kWh/m <sup>2</sup> por día), con histogramas para las principales ciudades del país (kWh/m <sup>2</sup> por día).....	20
Figura 3: Efecto Fotovoltaico .....	21
Figura 4: Modulo Fotovoltaico.....	21
Figura 5: Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica.....	22
Figura 6: Unión PN. [8] .....	23
Figura 7: Estructura de una célula solar.....	24
Figura 8: Silicio monocristalino azul. Figura 9: Silicio monocristalino negro.....	24
Figura 10: Célula de silicio policristalino.....	25
Figura 11: Célula de silicio amorfo.....	25
Figura 12: Célula de película delgada de CIS.....	26
Figura 13: Curva i-u de una célula solar en función de la irradiancia.....	26
Figura 14: Variación porcentual de la tensión de circuito abierto, la intensidad de cortocircuito .....	27
Figura 15: Seccionado de un módulo fotovoltaico. [11, p. 28] .....	28
Figura 16: Conexión entre células fotovoltaicas.....	28
Figura 17: Conexión de las células de un módulo fotovoltaico de silicio monocristalino. Las flechas indican el sentido de circulación de la corriente.....	28
Figura 18: Esquema eléctrico de la figura 17. [11, p. 29].....	29
Figura 19: Características i-u y p-u de una célula fotovoltaica.....	30
Figura 20: Característica i-u en función de la irradiancia Figura 21: Característica i-u con irradiancia de 1000 W/m <sup>2</sup> en .....	32
Figura 22: Sistema fotovoltaico aislado básico.....	36
Figura 23: Ciclo de carga de una batería.....	37
Figura 24: Estratificación en una batería, los círculos blancos representan la concentración del electrolito. ...	37
Figura 25: Diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico autónomo. [13].....	39
Figura 26: Diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico conectado a la red. [13, p. 108] .....	40
Figura 27: Conexión de un inversor central con los módulos fotovoltaicos. [13, pp. 111-112].....	40
Figura 28: Conexión de un inversor en cadena con los módulos fotovoltaicos. [13, pp. 111-112].....	41
Figura 29: Conexión de un inversor multicadena con los módulos fotovoltaicos. [13, pp. 111-112] .....	41
Figura 30: Inversor integrado en el módulo.....	42
Figura 31: Conexión de un DPS.....	43
Figura 32: Punto caliente en un módulo fotovoltaico, termografía.....	43
Figura 33: Destrucción de un módulo fotovoltaico debido a puntos calientes.....	43
Figura 34: Diodos By-pass en FV.....	44
Figura 35: Diodos de bloqueo y By-pass.....	44
Figura 36: Contenido programático de la asignatura energías renovables de la Universidad Politécnica de Madrid .....	47
Figura 37: Contenido programático de la asignatura energías renovables de la Universidad Politécnica de Madrid .....	48
Figura 38: contenido programático de la asignatura energías alternativas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.....	48
Figura 39: contenido programático de la asignatura energías alternativas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.....	49

Figura 40: Interfaz del curso en la plataforma Moodle.....	54
Figura 41: Bloques expandidos.....	55
Figura 42: Contenido de la unidad 1 del curso.....	56
Figura 43: Pregunta 1 del Quiz sobre el contexto nacional e internacional.....	57
Figura 44: Contenido de la unidad 2 del curso.....	57
Figura 45: Pregunta del Quiz introducción a los sistemas fotovoltaicos.....	58
Figura 46: Pregunta del quiz Relaciones astronómicas, declinación solar y coordenadas solares.....	59
Figura 47: Pregunta del quiz radiación solar.....	60
Figura 48: Pregunta del quiz tipos de radiación.....	61
Figura 49: Unidad 3 Efecto fotovoltaico y paneles solares parte 1.....	61
Figura 50: Unidad 3 Efecto fotovoltaico y paneles solares parte 2.....	62
Figura 51: Pregunta del Quiz semiconductores.....	62
Figura 52: Pregunta del Quiz efecto fotovoltaico.....	63
Figura 53: Pregunta del Quiz células fotovoltaicas, constitución y tipo.....	64
Figura 54: Pregunta del Quiz características de las células fotovoltaicas.....	64
Figura 55: Pasos 1 y 2 de la guía práctica de laboratorio 1.....	65
Figura 56: Segunda parte del paso 2 de la guía práctica de laboratorio 1.....	65
Figura 57: Video del laboratorio 1 enlazado en la plataforma Moodle.....	66
Figura 58: Portada del video para el desarrollo de la guía práctica de laboratorio 1.....	66
Figura 59: Materiales y equipos a utilizar.....	67
Figura 60: Variación del potenciómetro para medir tensión y de corriente.....	67
Figura 61: Curva I-V obtenida en el video.....	67
Figura 62: Pregunta del Quiz Efectos de la irradiancia y la temperatura en las células fotovoltaicas.....	68
Figura 63: Pasos 1 y 2 de la guía práctica de laboratorio 2.....	69
Figura 64: Captura del video del laboratorio 2.....	69
Figura 65: Pregunta del Quiz constitución del módulo fotovoltaico.....	70
Figura 66: Ejercicio del Quiz parámetros del panel solar.....	71
Figura 67: Pregunta del Quiz curvas características de módulos fotovoltaicos.....	72
Figura 68: Procedimiento para calentar la célula fotovoltaica.....	72
Figura 69: Método para calentar la célula fotovoltaica.....	73
Figura 70: Verificación de la temperatura.....	73
Figura 71: Curvas mostradas en el video a 33°C, 50°C y 80°C.....	74
Figura 72: Diagrama de conexión serie/paralelo de la guía de laboratorio número 4.....	74
Figura 73: Captura del video del laboratorio 4, células conectadas en serie.....	75
Figura 74: Curvas I-V obtenidas para los diferentes tipos de conexión.....	75
Figura 75: Pregunta del Quiz parámetros eléctricos de un generador fotovoltaico.....	76
Figura 76: Ejercicio del Quiz orientación del módulo fotovoltaico.....	77
Figura 77: Ejercicio del Quiz Radiación sobre una superficie inclinada y potencia del generador.....	77
Figura 78: Paso 7 del laboratorio número 6, inclinación del módulo a 30°.....	78
Figura 79: Captura del video para el laboratorio número 5.....	78
Figura 80: Curvas I-V que aparecen en el video para la práctica de laboratorio número 5.....	79
Figura 81: Ejercicio del Quiz conexión de paneles solares.....	80
Figura 82: Diagrama de conexión en paralelo de la guía de laboratorio número 6.....	80
Figura 83: Captura del video del laboratorio 6, módulos conectados en paralelo.....	81
Figura 84: Contenido de la unidad 4: ACUMULADORES SOLARES.....	81
Figura 85: Pregunta del Quiz Electrólisis, disociación electrónica y oxido-reducción.....	82
Figura 86: Pregunta del Quiz elementos constructivos del acumulador.....	83
Figura 87: Pregunta del Quiz parámetros del acumulador.....	84

Figura 88: Paso 2 de la práctica de laboratorio número 7 .....	84
Figura 89: Captura del video, práctica número 7 .....	85
Figura 90: Ejercicio del Quiz cálculo del acumulador.....	86
Figura 91: Paso 1, Conexión de baterías en serie y una resistencia. ....	86
Figura 92: Captura de pantalla del video diseñado para el laboratorio 8. ....	87
Figura 93: Captura de pantalla del video diseñado para el laboratorio 8 .....	87
Figura 94: Contenido de la unidad 5 del curso. ....	88
Figura 95: Pregunta del Quiz concepto y funciones del regulador.....	89
Figura 96: Pregunta del Quiz regulación de carga de las baterías. ....	89
Figura 97: Pregunta del Quiz funcionamiento y tipo de reguladores.....	90
Figura 98: Ejercicio del Quiz dimensionamiento del regulador. ....	90
Figura 99: Pregunta del Quiz conexión del regulador. ....	91
Figura 100: Paso número 7 del laboratorio 9.....	91
Figura 101: Captura del video diseñado para el laboratorio 9. ....	92
Figura 102: Contenido de la unidad 6: inversores.....	92
Figura 103: Pregunta del Quiz conceptualización y funciones.....	93
Figura 104: Pregunta del Quiz tipos de inversores. ....	94
Figura 105: Pregunta del Quiz principio de funcionamiento del inversor. ....	94
Figura 106: Pasos 2-7 del laboratorio 10 .....	95
Figura 107: Captura del video. Forma de onda de la tensión. ....	96
Figura 108: Captura del video. Contenido armónico de la tensión sin carga. ....	96
Figura 109: Captura del video. Contenido armónico de la tensión con un taladro conectado en la carga.....	96
Figura 110: Contenido de la unidad 7. ....	97
Figura 111: Pregunta del Quiz protecciones contra sobretensiones.....	97
Figura 112: Pregunta del Quiz diodos By-pass y de bloqueo. ....	98
Figura 113: Pregunta del Quiz protección contra cortocircuito. ....	99
Figura 114: Pregunta del Quiz protección magnetotérmica. ....	99
Figura 115: Contenido de la unidad 8 .....	100
Figura 116: Pregunta del Quiz sistema fotovoltaico autónomo. ....	101
Figura 117: Pregunta del Quiz conductores.....	101
Figura 118: Mapa conceptual del proceso para la creación del curso. ....	104
Figura 119: Página principal de la Universidad de Pamplona.....	104
Figura 120: Interfaz de selección del tipo de asignatura en la plataforma Moodle. ....	104
Figura 121: Inicio de sesión de la plataforma. ....	105
Figura 122: Interfaz principal del curso. ....	105
Figura 123: Bloque "Principios Básicos" expandido.....	106
Figura 124: Contenido del tema "radiación solar". ....	106
Figura 125: Interfaz que se encuentra antes de acceder al Quiz.....	107
Figura 126: Indicaciones sobre el número de intentos y el tiempo para la ejecución del quiz. ....	107
Figura 127: Parte del contenido para del bloque efecto fotovoltaico y paneles solares.....	107
Figura 128: Interfaz de enlace a la guía de laboratorio. ....	108
Figura 129: Video diseñado para la práctica 1 y enlace de descarga de la guía de laboratorio. ....	108
Figura 130: Enlace de descarga directa de las guías de laboratorio. ....	108
Figura 131: Paso 2 de la práctica de laboratorio Parámetros de las curvas I-V y P-V de una célula fotovoltaica. ....	109
Figura 132: Conexión de baterías.....	109
Figura 133: Tema y laboratorio. ....	109
Figura 134: Interfaz del laboratorio 7 .....	110

Figura 135: Mapa conceptual del proceso para la realización de pruebas de funcionamiento. .... 112  
Figura 136: Estudiantes de la asignatura Energías Alternativas. .... 112  
Figura 137: Estudiante realizando el ingreso a la plataforma. .... 113  
Figura 138: Capacitación a los estudiantes por parte del diseñador del curso. .... 113  
Figura 139: Solución de dudas. .... 113  
Figura 140: estudiante ingresando a un quiz. .... 114  
Figura 141: Estudiantes matriculados en el curso. .... 114  
Figura 142: Calificaciones obtenidas por los estudiantes ..... 115  
Figura 143: Solución a las solicitudes. .... 117  
Figura 144: Foro en la interfaz principal..... 117  
Figura 145: Interfaz del foro. .... 117  
Tabla 1 Indicadores de energía renovable en los años 2016 y 2017     19  
  
Tabla 2 Zonas de mayor y menor intensidad de radiación solar en Colombia. [4] ¡Error! Marcador no definido.  
Tabla 4: Semiconductor extrínseco tipo P ..... ¡Error! Marcador no definido.



## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han presentado grandes cambios en la forma en la que se obtiene información, debido al desarrollo vertiginoso en las Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC's. La introducción de la tecnología se presenta cada vez más como una necesidad en el contexto de la sociedad, impactando prácticamente todos los ámbitos de la vida humana y la educación no es una excepción.

Estas nuevas tecnologías generan grandes cambios en la educación, teniendo acceso a una infinidad de información, a través de estas tecnologías se pueden leer libros, hacer cursos, acceder a documentos y estudios de universidades de todo el mundo sin tener que moverse de una silla a través de internet, eliminando barreras espaciales y temporales.

La Universidad de Pamplona en la búsqueda de formar profesionales integrales, hace parte de la plataforma Moodle, en la que se puede crear ambientes de aprendizaje personalizados con los que los estudiantes pueden interactuar y adquirir conocimiento de diferentes formas, siendo una alternativa de gran importancia en la educación.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día es prácticamente una necesidad el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en la educación. Vivimos en la sociedad del conocimiento y la información, haciendo que los mecanismos de educación tradicionales sean limitados. El uso de tecnología para la educación abre las puertas a una infinidad de información digitalizada a la que se puede acceder en cualquier momento y en cualquier lugar. Causando la creación de nuevas estrategias y modelos de formación académica revolucionando la forma en la que se transmite y se adquiere el conocimiento.

Este proyecto busca solventar la necesidad que tienen los estudiantes de la Universidad de Pamplona brindándoles un curso digitalizado sobre energías alternativas enfocado en sistemas fotovoltaicos; en el que podrán tener acceso a la información del contenido programático de la asignatura energías alternativas a través de la plataforma Moodle. Los estudiantes pueden interactuar con los diferentes temas y desarrollar diversas actividades como quices y laboratorios que servirán como complemento del aprendizaje.

## JUSTIFICACIÓN

El uso de las TIC se ha convertido en una herramienta que facilita la apropiación de nuevos conocimientos y que ayuda a complementar el trabajo realizado en el aula de clase, mejorando la calidad en el proceso de aprendizaje para la adquisición de nuevos conocimientos.

El gobierno Nacional a través del Plan Nacional de TIC 2008- 2019: Todos los colombianos conectados, todos los colombianos informados. (PNTIC) dispone que en la sociedad colombiana “utilizarán las TIC para potenciar un sistema educativo incluyente y de alta calidad, dentro del cual se favorezca la autoformación y el autodesarrollo. También debe ofrecer este sistema educativo igualdad de oportunidades para la obtención de conocimiento, educación y aprendizaje a lo largo de la vida; para todos los ciudadanos, en un marco flexible y global, centrado en el estudiante, y orientado a desarrollar su vocación, sus aptitudes, sus habilidades y su potencial.” [1]

Teniendo en cuenta lo anterior este proyecto tiene relevancia y está dirigido a los estudiantes de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Pamplona, los cuales podrán encontrar de forma organizada la información sobre los temas propuestos en el contenido programático de la asignatura energías alternativas y podrán desarrollar diversos tipos de actividades mejorando el proceso de aprendizaje.

## DELIMITACIÓN

### OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un curso educativo virtual, en el que estudiantes de la universidad de pamplona tengan acceso a información y actividades de la asignatura energías alternativas con énfasis en sistemas fotovoltaicos.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar la estructura de la herramienta de acuerdo al contenido programático de la asignatura.
- Diseñar los elementos audiovisuales y guías prácticas de laboratorio de apoyo al curso.
- Implementar en el portal web moodle los recursos educativos digitales.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

### ACOTACIONES

Los temas que se incluyen en este proyecto están descritos en el contenido programático. Los recursos audiovisuales se diseñan a partir de las guías prácticas de laboratorio.



# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1) Contexto nacional e internacional

En Colombia se ha presentado una creciente demanda en el consumo de energías alternativas, tanto en el sector urbano como en el rural, la cual ha tenido su auge en los últimos años.

Debido a que las Leyes 142 y 143 de 1994 resultaron insuficientes para satisfacer dicha demanda, se promulgó la Ley 1715 de 2014, "Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional". Esta ley nace como resultado de los compromisos internacionales adquiridos por Colombia en materia de energías renovables, reducción de gases efecto invernadero y gestión de la demanda. Lo anterior mediante la ratificación y promulgación de la Ley 1665 de 2013 por la cual se aprueba el Estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA).

El Gobierno Nacional incluye incentivos tributarios a las empresas que integren en sus instalaciones alternativas de generación por medio de fuentes no convencionales de energía, estas empresas tendrán derecho a reducir anualmente de su renta, por los 5 años siguientes al año en que hayan realizado la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada, esta reducción no podrá sobrepasar el 50% de la renta líquida del contribuyente determinada antes de restar el valor de la inversión; Incentivo establecido en el artículo 11 de la ley 1715. [2]

#### Resolución no 121 del 28 de agosto del 2017

Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y generación distribuida en el sistema interconectado nacional

Colombia está viviendo una etapa de cambio frente al tema de las energías alternativas, la forma de entregar y comercializar energía eléctrica en algunas partes del mundo y en Colombia cambió, permitiendo que la demanda pueda ser participativa y generar su propia energía eléctrica y la que no sea consumida pueda ser aportada al sistema eléctrico de potencia, no se pretende sustituir ninguna fuente de energía sino ampliar la matriz energética del país

La integración de las actividades de autogeneración a pequeña escala y generación distribuida, basándose en la experiencia internacional compartida por El Consejo Internacional de Grandes Sistemas Eléctricos (CIGRÉ), la integración debe producirse por etapas, de manera ordenada y progresiva porque se parte de una red existente, esos nuevos autogeneradores se deben integrar de forma progresiva para que no afecten los criterios para la operación segura y confiable de la red existente.

Condiciones para la integración a la red

La CREG podrá revisar y modificar las condiciones de conexión y remuneración:

Cuando la cantidad de energía anual exportada por generadores distribuidos y autogeneradores a pequeña escala supere el 4% de la demanda nacional del año anterior o el 50% de la demanda mínima horaria nacional en el mismo periodo.

En la siguiente grafica se observa el comportamiento de la demanda de energía anual en Colombia.

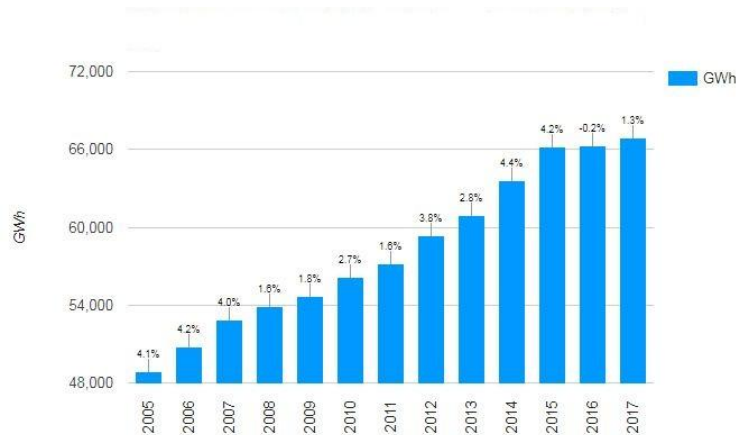


Figura 1: Comportamiento de la demanda de energía anual en Colombia.

TOMADA DE: [HTTP://INFORMESANUALES.XM.COM.CO/2017/SITE/PAGES/OPERACION/4-1-DEMANDA-DE-ENERGIA-NACIONAL.ASPX](http://informesanuales.xm.com.co/2017/SITE/PAGES/OPERACION/4-1-DEMANDA-DE-ENERGIA-NACIONAL.ASPX)

Desde el año 2012 al año 2015 se presentó un crecimiento promedio del 3.8% en la demanda de energía en el Sistema Interconectado Nacional (SIN), entre los años 2015 y 2016 se presenta una disminución del -0.2% de la demanda debido a que en esos años Colombia se vio afectado por el fenómeno del niño y se desarrollaron campañas para promover el ahorro y el uso eficiente de la energía.

Con la integración de autogeneradores el comportamiento de la demanda de energía eléctrica cada vez va a ser más difícil de explicar, no se puede conocer la tasa de incremento que tendrá la incorporación de autogeneradores, por esta razón se establece que la CREG podrá revisar y modificar las condiciones de conexiones y remuneración si la cantidad de energía producida por los autogeneradores y los generadores distribuidos supera el 4% de la demanda nacional del año anterior, lo que equivale para el año 2017 un aporte de aproximadamente 2.644 GWh al SIN. [3]

## 1.1) Informe de situación global renovables 2018

La REN21 (Red de Políticas de Energía Renovable para el Siglo XXI) es una organización con el objetivo de lograr una transición global rápida hacia la energía renovable, esta red reúne una gran cantidad de actores clave, como gobiernos, organizaciones no gubernamentales, instituciones académicas y de investigación, organizaciones internacionales e industria con el fin de aprender unos de otros facilitando el intercambio de

conocimiento y proporcionar información de alta calidad, uno de los usos de esta información es utilizada para ayudar a la toma de decisiones políticas.

El informe “Renewables Global Status Report 2018” es uno de los mejores productos de REN21 y es lanzado anualmente desde el 2015. Este documento toma datos producidos por más de 800 expertos e investigadores de todo el mundo que forman parte de la red de miembros de REN21 y da un informe sobre el estado del desarrollo de tecnologías renovables a nivel mundial, permitiendo comprender las tendencias que llegaron a definir el sector de las energías renovables de los últimos años. Gracias a esta información surgen desarrollos específicos de mercados en la materia, permite tener una visión frente a inversiones y políticas a desarrollar.

En los últimos años las energías renovables han presentado un desarrollo positivo demostrando que la transición energética es posible debido principalmente a dos factores, a los aumentos en la capacidad instalada de sistemas de generación no convencionales y a la competencia de costos de la energía solar fotovoltaica y la energía eólica frente a los tipos de generación convencionales.

El año 2017 fue otro año record para las energías renovables, se presentó el mayor aumento en la capacidad de generar este tipo de energía, aumentando la capacidad total en casi un 9% durante el 2016, los costos de los sistemas de generación alternativa han disminuido provocando un impacto significativo en el despliegue de esta tecnología.

En la siguiente tabla se pueden observar los aumentos de generación de energía renovable para los años 2016 y 2017.

		2016	2017
<b>POWER</b>			
Renewable power capacity (including hydro)	GW	2,017	<b>2,195</b>
Renewable power capacity (not including hydro)	GW	922	<b>1,081</b>
Hydropower capacity <sup>2</sup>	GW	1,095	<b>1,114</b>
Bio-power capacity	GW	114	<b>122</b>
Bio-power generation (annual)	TWh	501	<b>555</b>
Geothermal power capacity	GW	12.1	<b>12.8</b>
Solar PV capacity <sup>3</sup>	GW	303	<b>402</b>
Concentrating solar thermal power (CSP) capacity	GW	4.8	<b>4.9</b>
Wind power capacity	GW	487	<b>539</b>
Ocean energy capacity	GW	0.5	<b>0.5</b>

Tabla 1 Indicadores de energía renovable en los años 2016 y 2017

FUENTE: RENEWABLES 2018

El aumento de las energías renovables representó aproximadamente el 70% de la adición a la capacidad de potencia global en el 2017, debido en gran parte al bajo costo de la energía solar fotovoltaica y a la energía eólica.

La energía solar fotovoltaica fue la que presentó mayor aumento con casi el 55% en la capacidad instalada en el 2017. Otros aumentos significativos fueron en generación de energía eólica con un valor del 29% y la hidroelectricidad con el 11%. [4]

## 2) Principios básicos de los sistemas fotovoltaicos

### 2.1) Introducción a los sistemas fotovoltaicos, sistemas autónomos y conectados a la red

#### 2.1.1) Energía solar

La energía solar es generada en el interior del sol debido a un proceso de fusión nuclear, llega a la tierra en forma de radiación electromagnética (infrarrojo, luz visible y ultravioleta) y puede ser aprovechada de diversas formas.

#### 2.1.2) Potencial energético

En Colombia se presentan grandes diferencias geográficas en las que se pueden encontrar costas, llanos, paramos y nevados, estas diferencias definen una serie de factores que son de gran importancia para las características de incidencia de la radiación solar que varían según la posición geográfica (montañoso o llano), teniendo en cuenta factores como las condiciones del suelo, la distancia al mar, el promedio de lluvias; Estos factores causan diferencias en la cantidad de radiación solar que incide sobre cada región de Colombia.

En la figura 2 se observa el mapa de Colombia con el promedio anual multianual de la irradiación global recibida en superficie sobre el territorio Colombiano, junto con los histogramas para las principales ciudades del país. El valor de la energía corresponde al valor agregado de los kWh que en promedio inciden durante el día sobre un metro cuadrado, expresado en kWh/m<sup>2</sup> por día. [5]

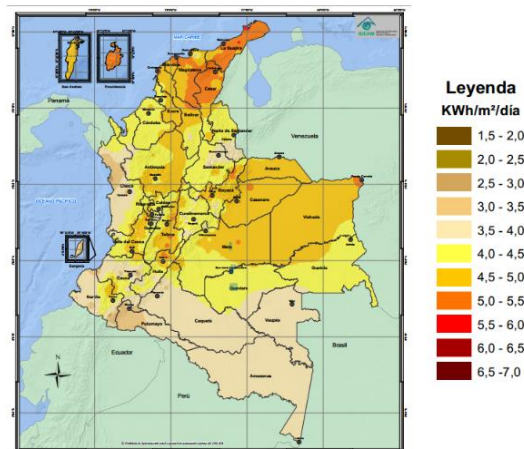


Figura 2: Promedio anual de la irradiación global recibida en una superficie horizontal durante el día (kWh/m<sup>2</sup> por día), con histogramas para las principales ciudades del país (kWh/m<sup>2</sup> por día).

TOMADA DE: (IDEAM) (IDEAM). <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

### 2.1.3) Panel solar fotovoltaico

El panel solar fotovoltaico transforma la energía solar en energía eléctrica, aprovechando el efecto fotovoltaico, en las denominadas células solares o fotovoltaicas. [6]

### 2.1.4) Efecto fotovoltaico

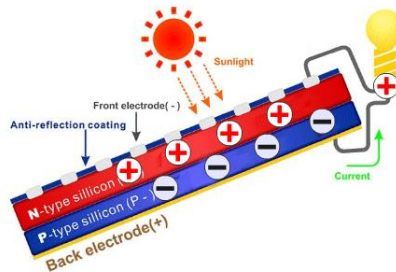


Figura 3: Efecto Fotovoltaico

TOMADA DE: [HTTPS://WWW.CERTIFICADOSENERGETICOS.COM/ENERGIA-SOLAR-BENEFICIOS-QUE-EFECTO-FOTOVOLTAICO](https://www.certificadosenergeticos.com/energia-solar-beneficios-que-efecto-fotovoltaico)

El efecto fotovoltaico consiste en transformar la energía que irradia el sol en energía eléctrica, esto ocurre en un elemento semiconductor llamado célula fotovoltaica, cuando la luz emitida por el sol incide en una célula fotovoltaica, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor haciendo que los electrones circulen dentro de la célula fotovoltaica y posteriormente salgan del material semiconductor generándose una corriente eléctrica (figura 3).

### 2.1.5.) Panel solar

Los paneles o módulos fotovoltaicos están conformados por células solares conectadas entre ellas, dependiendo de la cantidad de células será el tamaño del módulo (figura 4).

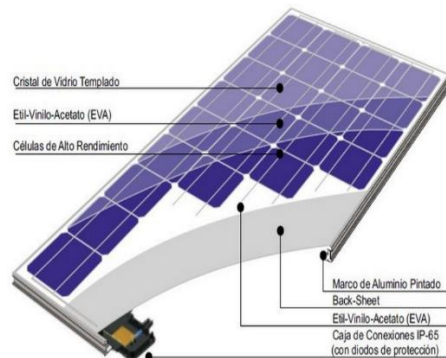


Figura 4: Modulo Fotovoltaico.

TOMADA DE: <http://eliseosebastian.tumblr.com/post/27900695685/componentes-de-un-panel-solar-fotovoltaico>

### 2.1.6.) Regulador de carga

El regulador de carga o controlador, es un dispositivo encargado de controlar el flujo de corriente generado por los paneles fotovoltaicos en el proceso de carga y descarga de la batería, evita que se produzcan sobrecargas o descargas excesivas que puedan afectar la vida útil de las baterías. Algunos reguladores de carga poseen un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia, con el fin de mejorar el rendimiento del sistema fotovoltaico.

### 2.1.7) Inversor

La mayoría de los electrodomésticos están diseñados para funcionar con corriente alterna, por esta razón se debe utilizar un inversor cuya función es la de convertir la corriente continua generada por los paneles solares y la entregada por las baterías en corriente alterna.

### 2.1.6) Baterías

Son las encargadas de acumular la energía proveniente de los paneles solares y entregarla al sistema cuando no hay generación solar o cuando esta disminuye. Las baterías utilizadas comúnmente en instalaciones solares son las de gel, ya que ofrecen altas prestaciones y ventajas respecto a otros modelos de baterías solares. Otras baterías bastante utilizadas son las de ácido-plomo, su rendimiento es aceptable pero puede llegar a ser peligrosa para el uso residencial. [7]

### 2.1.8) SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA

El sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica consiste en inyectar a la red eléctrica la energía generada por los paneles solares que no es consumida en la vivienda. En este sistema se debe incluir un contador bidireccional y un conjunto de protecciones, no es fundamental el uso de baterías para esta configuración (figura 5).

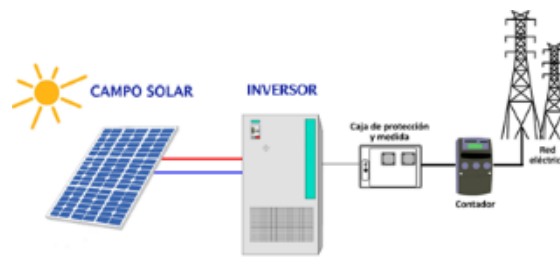


Figura 5: Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica.

TOMADA DE: <http://www.energiasolar.lat/rentabilidad-fotovoltaica/>

## 2.1.9) Contador bidireccional

La energía eléctrica que consume una vivienda se mide a través de un contador de consumo eléctrico, el cual indica la cantidad de energía que fluye de la red al usuario, a este tipo de contador es conocido como unidireccional. Los contadores bidireccionales no solo miden la energía que fluye desde la red al usuario sino que también miden la energía que fluye del usuario a la red. [7]

## 3) Efecto fotovoltaico y paneles solares.

### 3.1) Unión PN

La unión PN se produce cuando a un material semiconductor se le adicionan impurezas tipo P por un lado e impurezas tipo N por otro, formando una unión PN con dos regiones, región N y región P separadas (figura 6). [8]

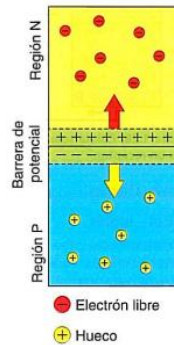


Figura 6: Unión PN. [8]

Debido a la atracción entre cargas positivas y negativas, los electrones libres de la región N más cercanos a la región P se difunden en esta, produciéndose la recombinación con los huecos más cercanos de dicha región. En la región N se crean iones positivos y en la región P se crean iones negativos.

Al formar parte de una red cristalina, los iones no se pueden mover y por lo tanto no son libres para recombinarse. Esta distribución de cargas en la unión PN establece una barrera de potencial la cual impide el paso de electrones entre la región N y la región P, deteniendo la difusión y manteniendo separados a los portadores de carga de cada región.

Cuando una unión PN no está conectada a un circuito exterior se encuentra en equilibrio electrónico a temperatura constante. [9, p. 253]

### 3.2) Efecto fotovoltaico

La luz solar está formada por fotones los cuales se definen como partículas sin masa con una determinada cantidad de energía, cuando la luz incide en un módulo fotovoltaico los fotones comunican energía a los electrones del semiconductor, algunos de los electrones consiguen atravesar la barrera de potencial, siendo expulsados fuera del semiconductor produciendo una corriente eléctrica a través de un circuito exterior. Cuando los electrones han recorrido el circuito exterior vuelven a entrar en el semiconductor por la cara opuesta.

### 3.3) Células fotovoltaicas, constitución.

Una célula solar convencional (figura 7) está construida a partir de una unión P-N de material semiconductor como el silicio, con un espesor aproximado de entre 100 y 500  $\mu\text{m}$ . Al material semiconductor se le aplican impurezas, esto se llama dopado, sirve para mejorar la conductividad del material y formar las regiones P y N, en algunos casos se le aplica boro, impureza trivalente para la región P y una capa muy fina, de 0,2 a 0,5  $\mu\text{m}$ , de fósforo, impureza pentavalente para la región N.

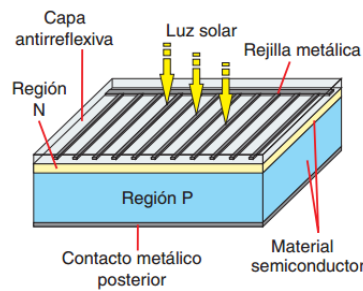


Figura 7: Estructura de una célula solar.

Para aumentar el rendimiento de la célula, a la cara que va a recibir la luz solar se le aplica un proceso denominado texturización, el cual crea micropirámides superficiales para reducir la reflexión en la superficie de la célula. Entre las células se coloca una rejilla metálica que permite la conexión eléctrica dejando al descubierto la mayor cantidad posible de superficie receptora de la luz solar. Esto se consigue utilizando láminas metálicas en forma de peine, con un ancho que va de 20 a 150  $\mu\text{m}$  según la dimensión de la célula fotovoltaica. La rejilla mencionada es el terminal negativo de la célula, el terminal positivo se consigue con la metalización de la cara posterior. La célula se completa colocando una capa antirreflexiva en la cara frontal la cual facilita la incidencia de fotones. [6, p. 259]

### 3.4) Tipos de células fotovoltaicas

#### 3.4.1) Células de silicio monocristalino

Las células fotovoltaicas fabricadas con silicio monocristalino presentan una estructura cristalina uniforme, generalmente son de color azul o negro (figuras 8 y 9). Se gasta mucha energía en el proceso de fabricación, se debe purificar el silicio, luego se funde y se cristaliza en lingotes, Los lingotes son cortados en capas finas para hacer células individuales. [10]



Figura 8: Silicio monocristalino azul. Figura 9: Silicio monocristalino negro.



TOMADAS DE: [HTTPS://PANELESSOLARESFOVOLTVAICOSGRATIS.COM/TIPOS-DE-CELULAS-FOTOVOLTAICAS/](https://panelessolaresfotovoltaicosgratis.com/Tipos-de-celulas-fotovoltaicas/)

### 3.4.2) Células de silicio policristalino

Este tipo de célula fotovoltaica presenta una estructura cristalina no uniforme. El color es un azul similar al de las células de silicio monocristalino pero la superficie de las células policristalinas tiene un patrón aleatorio de cristalización en lugar del color homogéneo de las células monocristalinas (figura 10).

El proceso de fabricación de las células policristalinas es similar al de las monocristalinas, La diferencia principal es que se utiliza silicio de bajo costo, esto reduce eficiencia y a su vez el costo, permitiéndole a las células de silicio policristalino ser una alternativa en el mercado. [10]



Figura 10: Célula de silicio policristalino.

TOMADA DE: [HTTPS://PANELESSOLARESFOVOLTVAICOSGRATIS.COM/TIPOS-DE-CELULAS-FOTOVOLTAICAS/](https://panelessolaresfotovoltaicosgratis.com/Tipos-de-celulas-fotovoltaicas/)

### 3.4.3) Células de silicio amorfo o capa fina

Tiene una estructura no cristalina de color café (figura 11). La potencia que genera un módulo fotovoltaico de silicio amorfo tiende a disminuir con el uso. El funcionamiento de una célula solar de este tipo es el mismo que las cristalinas pero su elaboración es muy diferente, Se puede depositar como una capa muy fina en muchos tipos de soportes, incluso flexibles. La tecnología del silicio amorfo (a-Si) tiene una eficiencia mucho menor que las basadas en silicio cristalino. [10]

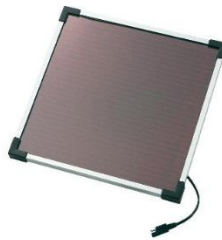


Figura 11: Célula de silicio amorfo.

TOMADA DE: [HTTPS://PANELESSOLARESFOVOLTVAICOSGRATIS.COM/TIPOS-DE-CELULAS-FOTOVOLTAICAS/](https://panelessolaresfotovoltaicosgratis.com/Tipos-de-celulas-fotovoltaicas/)

### 3.4.4) Células de película delgada sin silicio

Este tipo de células están fabricadas de cobre – indio – selenio (CIS). Podrían ser la próxima generación de células solares en forma de películas delgadas debido a que su rendimiento es mayor a comparación de otras células de película delgada (figura 12). Los materiales necesarios para fabricar células de CIS son más fáciles de obtener que el silicio utilizado en las células solares convencionales. [10]

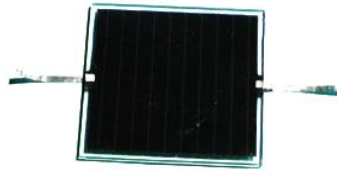


Figura 12: Célula de película delgada de CIS.

TOMADA DE: <https://panelessolaresfotovoltaicosgratis.com/tipos-de-celulas-fotovoltaicas/>

### 3.5) Efectos de la irradiancia y la temperatura en las células fotovoltaicas

La temperatura es un aspecto importante en cuanto al rendimiento de una célula solar, los valores de irradiancia normalmente van de 0 a 1.000 W/m<sup>2</sup>, el modulo debe soportar temperaturas de trabajo pueden alcanzar los 50°C por encima de la temperatura ambiente.

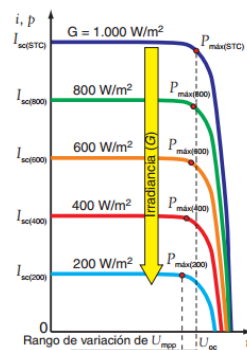


Figura 13: Curva i-u de una célula solar en función de la irradiancia.

La (figura 13) representa la curva característica i–u de una célula solar, se observa el efecto que tiene la irradiancia en una célula, se puede apreciar que la intensidad de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) varía de forma lineal con la irradiancia, se rige bajo la siguiente expresión. [11, p. 26]

$$I_{sc(G)} = G * \frac{I_{sc(CEM)}}{1000}$$

$I_{sc(G)}$ : Intensidad de cortocircuito para una irradiación G (A).

$I_{sc(STC)}$ : Intensidad de cortocircuito en condiciones CEM (A).

G: irradiancia (W/m<sup>2</sup>).

La irradiancia hace que varíe muy poco la tensión de circuito abierto ( $U_{oc}$ ), los valores de  $U_{oc}$  para diferentes irradiancias se agrupan en una zona pequeña sobre el eje de abscisas, por lo tanto se puede considerar como constante.

La potencia eléctrica que puede entregar una célula solar varía en función de la irradiancia de la radiación solar. La figura 13 tiene marcados los puntos de funcionamiento de máxima potencia ( $P_{m\acute{a}x}$ ) para los diferentes valores de irradiancia.

La figura 14 muestra el efecto de la temperatura de la célula en la curva  $i-u$ . La potencia que entrega la célula disminuye cuando aumenta la temperatura, esto se debe a que con el aumento de la temperatura la tensión de circuito abierto disminuye y la intensidad de cortocircuito aumenta muy poco, se puede considerar constante. Si la tensión de la célula disminuye debido al aumento de la temperatura y la intensidad prácticamente se mantiene constante, la potencia entregada por la célula disminuirá. [11, p. 26]

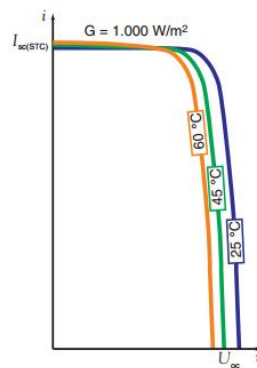


Figura 14: Variación porcentual de la tensión de circuito abierto, la intensidad de cortocircuito

La figura 14 muestra la variación porcentual que tiene una célula al aumentar la temperatura. Se observa que cuando la temperatura de la célula es casi 50°C, valor que se puede alcanzar con una temperatura ambiente de 30°C, la potencia máxima disminuye a menos del 90 %. Cuando se presentan condiciones de mala disipación de calor, como cuando un módulo fotovoltaico se integra en una fachada, la temperatura de la célula puede alcanzar valores superiores a 75°C que reduce la potencia por debajo del 80 %. La temperatura de trabajo de una célula solar depende de dos factores, la temperatura ambiente y la irradiancia. La temperatura de trabajo se calcula con la siguiente fórmula:

$$T_c = T_a + G * ((TONC - 20) / 800)$$

- T<sub>c</sub>: Temperatura de trabajo de la célula (°C).
- T<sub>a</sub>: Temperatura ambiente (°C).
- TONC: Temperatura de operación nominal de la célula (°C).
- G: irradiancia (W/m<sup>2</sup>).

El valor de la temperatura de operación nominal de la célula (TONC) es un parámetro que se encuentra en las hojas características de los módulos fotovoltaicos, tiene valores que van de 43 a 49 °C, si no se tiene este valor se puede tomar 45 °C. [11, p. 26]

### 3.6) Modulo fotovoltaico, constitución

#### 3.6.1) Constitución

Los módulos fotovoltaicos están conformados por la agrupación de varias células conectadas entre sí, con el fin de conseguir un nivel de tensión y corriente útiles. Partes de un módulo fotovoltaico (figura 15):

- Cubierta frontal.
- Encapsulante.
- Cubierta posterior.
- Marco.
- Conexiones.
- Células.

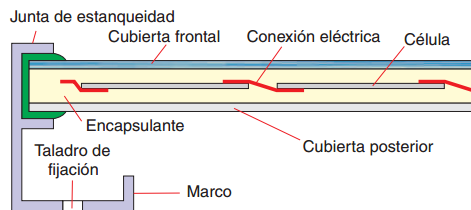


Figura 15: Seccionado de un módulo fotovoltaico. [11, p. 28]

#### 3.6.2) Células fotovoltaicas

La conexión entre las células de un módulo fotovoltaico se hace con cintas metálicas soldadas o incrustadas a la rejilla de conexión. La conexión entre células se realiza uniendo las cintas de la cara frontal (negativo) con la cara posterior (positivo) de la siguiente célula (figura 16).

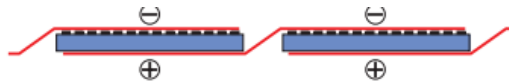


Figura 16: Conexión entre células fotovoltaicas.

En la figura 17 se observa la conexión de un módulo conformado por 36 células conectadas en serie. Los nodos A y C representan el principio y el final de las células conectadas en serie, por lo tanto son los terminales positivo y negativo de la caja de conexiones, el nodo B representa el terminal que permite la conexión de los diodos de paso. El esquema eléctrico de la conexión se encuentra en la (figura 18). [11, p. 29]

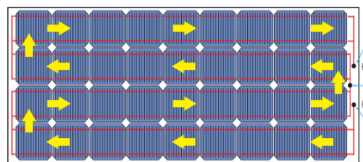


Figura 17: Conexión de las células de un módulo fotovoltaico de silicio monocristalino. Las flechas indican el sentido de circulación de la corriente.

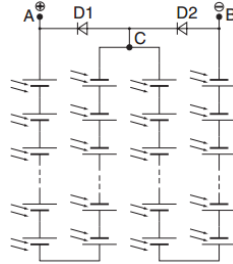


Figura 18: Esquema eléctrico de la figura 17. [11, p. 29]

### 3.7) Parámetros de los paneles solares

Un módulo fotovoltaico está constituido por varias células solares conectadas entre sí. Si todas las células son iguales y trabajan en las mismas condiciones de irradiación y temperatura, es posible calcular la tensión, intensidad y potencia que puede proporcionar un módulo fotovoltaico de la siguiente manera:

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| $U_M = N_S * U_C$       | $U_M$ : Tensión del módulo (V).                   |
|                         | $U_C$ : Tensión de una célula solar (V).          |
|                         | $N_S$ : Número de células conectadas en serie.    |
| $I_M = N_P * I_C$       | $I_M$ : Intensidad del módulo (A).                |
|                         | $I_C$ : Intensidad de una célula solar (A).       |
|                         | $N_P$ : Número de células conectadas en paralelo. |
| $P_M = N_S * N_P * P_C$ | $P_M$ : Potencia del módulo (W).                  |
|                         | $P_C$ : Potencia de una célula solar (W).         |
|                         | $N_S$ : Número de células conectadas en serie.    |
|                         | $N_P$ : Número de células conectadas en paralelo. |

Los parámetros eléctricos que caracterizan un módulo fotovoltaico tienen una relación directa con los parámetros eléctricos de sus células, con la cantidad de células y la forma en la que están conectadas serie-paralelo

### 3.8) Curvas características de paneles solares

#### 3.8.1) Características i-u y p-u

La figura 19 representa las características i-u y p-u de una célula solar con irradiancia y temperatura constantes. Sobre la característica i-u se sitúa el punto de trabajo de la célula, por ejemplo el punto B, donde la corriente aportada por la célula  $I_L$  y la resistencia R del receptor, fijan el valor de la tensión  $U_L$ , de acuerdo con la ley de Ohm:

$$U_L = I_L * R$$

$U_L$ : Tensión del receptor conectado a la célula (V)

$I_L$ : Intensidad suministrada por la célula (A)

R: Resistencia del receptor ( $\Omega$ )

La potencia  $P_L$  entregada por la célula se representa en la característica p-u por el punto B' y tiene como valor:

$$P_L = U_L * I_L$$

$P_L$ : Potencia entregada por la célula (W)

$I_L$ : Intensidad suministrada por la célula (A)

$U_L$ : Tensión del receptor conectado a la célula (V)

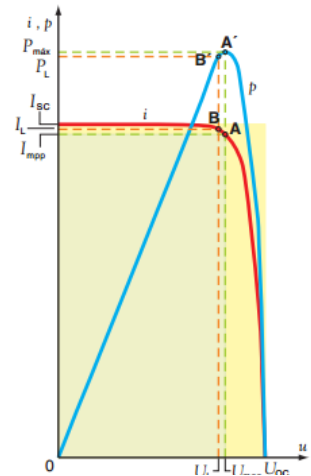


Figura 19: Características i-u y p-u de una célula fotovoltaica

#### Potencia máxima y eficiencia

Potencia máxima. Punto de la característica i-u en el que la potencia entregada por la célula es máxima. Este punto, representado por A en la figura 19, tiene su correspondiente punto A' en la característica p-u de la célula.

$$P_{m\acute{a}x} = U_{mpp} * I_{mpp}$$

$P_{m\acute{a}x}$ : Potencia máxima (W)

$I_{mpp}$ : Intensidad máxima de la célula (A)

$U_{mpp}$ : Tensión máxima la célula (V)

Este producto es la potencia máxima que la célula es capaz de suministrar a un receptor. El cociente entre ambas áreas se denomina factor de forma (FF):

$$FF = \frac{U_{mpp} * I_{mpp}}{U_{oc} * I_{sc}} = \frac{P_{m\acute{a}x}}{U_{oc} * I_{sc}}$$

FF: Factor de forma, sin unidades.

$P_{m\acute{a}x}$ : Potencia máxima (W)

$I_{sc}$ : Intensidad de cortocircuito.  
 $U_{oc}$ : Tensión de circuito abierto.

El factor de forma FF siempre es inferior a la unidad. Es un indicador de la calidad de la célula que será mejor cuanto más cerca esté FF de la unidad.

Eficiencia. También denominada rendimiento de conversión,  $\eta$ , indica el porcentaje de energía solar recibida sobre la superficie de la célula que se convierte en energía eléctrica. Se calcula con el cociente entre la potencia eléctrica máxima,  $P_{m\acute{a}x}$ , y el producto del área superficial de la célula,  $A_c$ , por la irradiancia incidente  $G$  en condiciones estándar de medida (CEM):

$$n = \frac{P_{m\acute{a}x}}{G * A_c} * 100$$

$n$ : Eficiencia o rendimiento de conversión (%).  
 $P_{m\acute{a}x}$ : Potencia máxima (W)  
 $G$ : Irradiancia en condiciones CEM  $\left(1.000 \frac{W}{m^2}\right)$   
 $A_c$ : Área superficial de la célula ( $m^2$ )

### 3.8.2) El punto de trabajo

La característica  $i-u$  del módulo está definida por dos factores, la resistencia  $R$  de la carga y la corriente  $I_M$  que aporta el módulo, la corriente  $I_M$  depende de la radiación solar. La tensión  $U_M$  que proporciona el módulo se obtiene utilizando la ley de Ohm:  $U$

$$M = I_M * R.$$

En la característica  $i-u$  hay un momento en el que la potencia entregada por el módulo es máxima. Se cumple que:

$$P_{m\acute{a}x} = U_{mpp} * I_{mpp}.$$

Es la potencia máxima que el módulo es capaz de suministrar a un receptor.

### 3.8.3) Cantidad de corriente

La cantidad de corriente que proporciona un módulo fotovoltaico depende de la irradiancia de la radiación solar y aunque se cortocircuite no va sobrepasar el valor de la corriente de cortocircuito  $I_{sc}$  [11, pp. 30-31]

### 3.8.4) Temperatura del módulo fotovoltaico.

La temperatura del módulo fotovoltaico es muy importante ya que esta puede hacer que varíen las características del módulo, al igual que cambian las características de la célula.

- La tensión de circuito abierto disminuye al aumentar la temperatura.
- La intensidad de cortocircuito aumenta al aumentar la temperatura.
- La potencia del módulo disminuye al aumentar la temperatura.

En las figuras 20 y 21 se pueden observar las características de un módulo fotovoltaico publicadas por el fabricante. En la figura 37 muestra la curva  $i-u$  en función de la irradiancia de un módulo fotovoltaico, cada curva representa la relación entre tensión e intensidad para valores de irradiancia que van de  $1 \text{ kW/m}^2$  hasta  $0,1 \text{ kW/m}^2$ . [11, pp. 30-31]

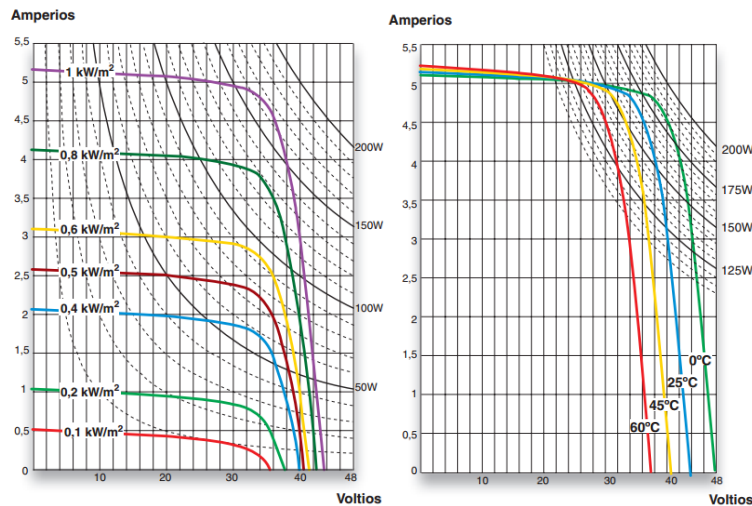


Figura 20: Característica  $i-u$  en función de la irradiancia    Figura 21: Característica  $i-u$  con irradiancia de  $1000 \text{ W/m}^2$  en condiciones AM1,5 y  $25^\circ\text{C}$  de temperatura ambiente. Condiciones AM1,5 para diferentes temperaturas de las células.

También hay una escala de potencias que permite hacerse una idea del valor de la potencia producida por el módulo en función de la irradiancia.

En la figura 21 se observa característica  $i-u$  en función de la temperatura de un módulo y como varia su rendimiento en función a esta. [11, pp. 30-31]

### 3.9) Conexión de paneles solares

#### 3.9.1) Conexión de paneles solares

No siempre un solo módulo fotovoltaico es suficiente para satisfacer la demanda de energía de un sistema, por esta razón es necesario conectar varios módulos para conseguir la intensidad y la tensión requerida, se debe tener en cuenta que al conectar módulos en serie se aumenta la tensión del sistema y al conectar módulos en paralelo se aumenta la intensidad del sistema. El generador fotovoltaico se denomina como el conjunto de todos los módulos de un sistema. Siempre que se necesite agrupar módulos fotovoltaicos se debe cumplir la condición de que cumplan las mismas características y que sean del mismo fabricante.



### 3.9.2) Conexión de módulos en serie

Con este tipo de conexión se consigue que la tensión del generador sea la tensión de un módulo multiplicado por el número de módulos en serie. La corriente que entrega el generador será igual a la cantidad de corriente que entrega un módulo.

$$U_G = N_S * U_M$$
$$I_G = I_M$$

$N_S$ : Número de módulos conectados en serie.  
 $U_G$ : Tensión del generador (V).  
 $U_M$ : Tensión de un módulo (V).  
 $I_G$ : Intensidad del generador (A).  
 $I_M$ : Intensidad de un módulo (A).

Para conectar los módulos en serie se debe conectar el terminal positivo de un módulo con el negativo del siguiente módulo. El terminal negativo del primer módulo es el terminal negativo del generador y el terminal positivo del último módulo es el terminal positivo del generador. [11, p. 36]

### 3.9.3) Conexión de módulos en paralelo

La cantidad de corriente que podrá entregar el generador fotovoltaico es la corriente de un módulo multiplicada por el número de módulos en paralelo. La tensión del generador es igual a la de un módulo.

$$I_G = N_P * I_M$$
$$U_G = U_M$$

$I_G$ : Intensidad del generador (A).  
 $I_M$ : Intensidad de un módulo (A).  
 $N_P$ : Número de módulos conectados en paralelo.  
 $U_G$ : Tensión del generador (V).  
 $U_M$ : Tensión de un módulo (V).

Para conectar módulos en paralelo se debe conectar el terminal positivo de todos los módulos entre sí, este terminal es el terminal positivo del generador, para conseguir el terminal negativo del generador se deben conectar todos los terminales negativos de los módulos. [11, p. 36]

### Conexión de módulos en serie/paralelo

Con este tipo de conexión se puede variar tanto la tensión como la corriente que entrega el generador fotovoltaico, la tensión del generador es la tensión de un módulo multiplicada por el número de módulos en serie, y la intensidad del generador es la intensidad de un módulo por el número de ramas en paralelo. Cada grupo de módulos conectados se denomina rama.

$$U_G = N_S * U_M$$
$$I_G = N_P * I_M$$

$N_S$ : Número de módulos conectados en serie.  
 $U_G$ : Tensión del generador (V).  
 $U_M$ : Tensión de un módulo (V).  
 $I_G$ : Intensidad del generador (A).  
 $I_M$ : Intensidad de un módulo (A).  
 $N_P$ : Número de módulos conectados en paralelo.

Para conectar los módulos de una rama se usa la conexión en serie, en este caso los terminales positivo y negativo de la conexión serie son los terminales de la rama, para terminar la conexión se deben conectar en paralelo las ramas previamente conectadas en serie. [11, p. 37]

### Inclinación óptima de una superficie fija

Para calcular la inclinación óptima del módulo fotovoltaico se utiliza una fórmula basada en análisis estadísticos de radiación solar anual sobre superficies que presentaban diferentes inclinaciones en lugares con diferentes latitudes, la fórmula es la siguiente: [11, p. 13]

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * |\phi|$$

$$\beta_{opt} = \text{ángulo de inclinación óptima (grados)}$$

$$|\phi| = \text{latitud del lugar, sin signo (grados)}$$

### 3.10) Radiación sobre una superficie inclinada y potencia del generador

Se puede calcular el valor medio anual de la irradiación global diaria sobre una superficie inclinada indagando en sitios como el átalas interactivo del IDEAM o en los Power Data de la NASA, estas dos fuentes son confiables.

Para calcular la irradiación sobre una superficie inclinada de forma óptima se usa la siguiente ecuación: [11, p. 20]

$$Ga(\beta_{opt}) = \frac{Ga(0)}{1 - 4,46 * 10^{-4} * \beta_{opt} - 1,19 * 10^{-4} * \beta_{opt}^2}$$

$G_a(\beta_{opt})$ : Valor medio anual de la irradiación global sobre superficie con inclinación óptima (KW\*h/m<sup>2</sup>)

$G_a(0)$ : Media anual de la irradiación global horizontal (KW\*h/m<sup>2</sup>)

$\beta_{opt}$ : Inclinación óptima de la superficie (°)

### 3.11) Factor de irradiación

No siempre es posible orientar la superficie del módulo fotovoltaico de forma óptima, la cual sería  $\alpha = 0^\circ$  y  $\beta_{opt}$ . Por lo tanto para considerar estas pérdidas debidas a la inclinación y orientación no óptimas, se aplica el factor de irradiación (FI). [11, p. 20]

Para ángulos de inclinación  $\beta \leq 15^\circ$

$$FI = 1 - [1,2 * 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2]$$

Para ángulos de inclinación  $15^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$

$$FI = 1 - [1,2 * 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 * 10^{-5} * \alpha^2]$$

FI: Factor de irradiación sin unidades

$\beta$ : Inclutación real de la superficie ( $^{\circ}$ )  
 $\beta_{opt}$  : Inclutación óptima de la superficie ( $^{\circ}$ )  
 $\alpha$ : Acimut de la superficie ( $^{\circ}$ )

**La irradiación sobre la superficie con inclinación y acimut no óptimos** se calcula multiplicando la irradiación sobre la superficie con inclinación óptima por el factor de irradiación: [11, p. 21]

$$G(\alpha, \beta) = FI * G(\beta_{opt})$$

### 3.12) Valor mínimo de potencia del generador fotovoltaico PG min

Es el valor de la potencia desde la que se realiza la selección del módulo fotovoltaico. Se calcula con la siguiente expresión: [11, p. 136]

$$PG \min = \frac{Wd * G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) * PR}$$

PG min: Potencia del generador (W)

$G_{CEM}$ : irradiancia en condiciones estándares de medida (CEM) (1000 W / m<sup>2</sup>).

Wd: consumo de energía diario (Wh/día).

$G_{dm}(\alpha, \beta)$ : es el valor que se calculó anteriormente  $G(\alpha, \beta)$ .

PR: rendimiento energético de la instalación.

Los valores típicos de PR que se recomienda utilizar son:

- Sistemas con inversor: PR= 0,7
- Sistemas con inversor, batería y regulador de carga: PR= 0,6
- Sistema con batería y regulador de carga (sin inversor): PR= 0,7 [11, p. 135]

### 3.13) Número módulos fotovoltaicos

Para calcular la cantidad de módulos necesarios para la instalación, se tiene la siguiente relación.

$$PG \min \leq PG \leq 1,2 * PG \min$$

**Potencia resultante del generador:**

$$PG \text{ máx} = Np * PG$$

Se debe comprobar que la potencia del generador no sobrepase el 20% del valor de PG mín, esto es con el fin de no sobredimensionar el generador fotovoltaico. [11, p. 136]

## 4) Reguladores de carga

Los sistemas fotovoltaicos autónomos deben proporcionar energía eléctrica en cualquier momento, es por esta razón que se necesitan acumuladores o baterías que puedan proveer energía al circuito de consumo durante la noche o en momentos de baja o nula radiación solar.

Debido a que las baterías se van a cargar y descargar periódicamente se utiliza un dispositivo llamado regulador, es el encargado de controlar la carga y descarga de las baterías y de proteger su vida útil. Es un dispositivo fundamental para mejorar el funcionamiento del sistema fotovoltaico.

### Funciones básicas del regulador:

- Proteger a la batería de sobrecargas, limita la tensión de fin de carga.
- Proteger a la batería de descargas profundas o de sobredescargas.
- Evitar que la batería se descargue en el generador fotovoltaico en momentos de nula radiación.

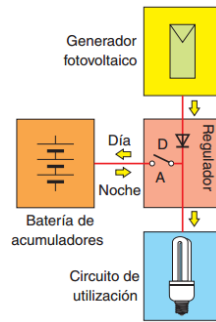


Figura 22: Sistema fotovoltaico aislado básico.

La figura anterior se representa un sistema fotovoltaico autónomo básico en diagrama de bloques. Para facilitar la comprensión el regulador está representado por un diodo D y un interruptor A, una de las funciones del regulador es evitar la descarga nocturna evitando la circulación de la corriente contenida en la batería hacia el generador fotovoltaico (diodo D), por otra parte el interruptor A tiene las siguientes funciones:

- Cuando se presente una sobrecarga el regulador desconecta la batería del generador fotovoltaico (abriendo el interruptor A).
- Conectar la batería a la carga por la noche (cerrando el interruptor A).
- Desconectar la carga cuando la batería presente sobredescarga (abriendo el interruptor A).

### 4.1) Regulación de carga de la batería

El uso de microprocesadores para controlar el funcionamiento de los reguladores permite utilizar estrategias complejas para regular la carga de las baterías. Dependiendo del fabricante la regulación puede incluir varias etapas se pueden ajustar a las descritas a continuación (figura 23).

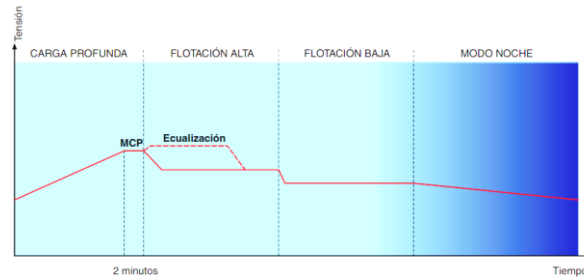


Figura 23: Ciclo de carga de una batería.

### 4.1.1) Carga Profunda

Es la primera fase del proceso de carga, el regulador permite que haya un flujo de corriente hacia las baterías sin interrupción hasta que alcanzan el punto de tensión final de carga, en el que la batería alcanza un nivel de carga cercano al 95 % de su capacidad total. Cuando se alcanza dicha tensión, el regulador controla la tensión de la batería, a esta etapa se le da el nombre de mantenimiento de carga profunda (MCP). Esta etapa de regulación MCP el regulador causa una ligera agitación del electrolito contenido en la batería que evita su estratificación (concentración del electrolito en el fondo de la batería) (figura 24) y la sulfatación de las placas internas. Este estado se mantiene durante algunos minutos y es ajustable dependiendo de la batería (en la figura 23 está ajustado con una duración de 2 minutos). Después de dicho tiempo, el regulador se ajusta en estado de flotación alta. En las baterías de plomo-ácido (electrolito líquido) si el estado de carga ha sido bajo durante un periodo de tiempo, la densidad del ácido cambia y no es uniforme (estratificación), en este caso es necesario agitarlo para homogeneizar el electrolito evitando sulfatación en las placas activas.

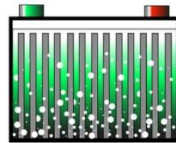


Figura 24: Estratificación en una batería, los círculos blancos representan la concentración del electrolito.

TOMADA DE: [HTTP://WWW.ENERJET.COM.PE/BLOG/BATERIAS-AUTOMOVILES-RAZONES-FALLAN/](http://www.enerjet.com.pe/blog/baterias-automoviles-razones-fallan/)

### 4.2.2) Igualación o ecuación

En las baterías compuestas por electrolito líquido (baterías de plomo-ácido), el regulador aplica una carga de igualación con el fin de alargar su vida útil. Es necesario cuando la batería no se encuentra cargada correctamente, puede deberse a que una celda tenga menor carga que las demás. En otras palabras, se inyecta corriente durante algunas horas para que la carga sea máxima en todos los elementos de la batería y que queden igualados. Esta igualación la realiza el regulador cada 30 días sin que se haya realizado una carga profunda o cuando el microprocesador que posee el regulador determina que es necesario realizar una igualación. En las baterías de gel no se realiza esta fase de carga. [12]

## 4.2) Flotación alta

En este estado el regulador se encarga de mantener la tensión de la batería constante mientras se realiza la última fase de carga de las baterías. El tiempo de duración de esta fase se basa en el histórico de funcionamiento del sistema, en instalaciones con poco uso y batería siempre muy cargada puede variar unos minutos y para baterías que han estado con poca carga durante mucho tiempo puede llegar a durar algunas horas. Este ajuste es automático. El sistema de regulación trabaja en estado de Banda de Flotación Alta (BFA). El BFA es un rango de tensiones las cuales los valores máximos y mínimos se fijan entre la tensión final de carga y la tensión nominal.

### 4.2.1) Flotación baja

Ocurre cuando las baterías están completamente cargadas y se inyecta una corriente pequeña con el fin de compensar el efecto de auto descarga.

### 4.2.2) Modo noche

El regulador mide constantemente la tensión en la entrada de los módulos fotovoltaicos y detecta que está anocheciendo cuando la tensión generada disminuye, cuando esto sucede el regulador desconecta dicha entrada para evitar que la corriente de las baterías fluya hacia los módulos. Esta función evita el uso de un diodo de bloqueo. [12]

## 4.3) Funcionamiento y tipos de reguladores

### 4.3.1) Funcionamiento del regulador

El regulador es el equipo encargado de controlar el estado de carga de la batería. Mide la tensión en los bornes de la batería y a partir de este dato se desarrolla la estrategia de control de la carga, es de gran importancia realizar una medida correcta y evitar la caída de tensión debida a los cables de conexión y a los dispositivos de protección que se puedan encontrar entre el regulador y las baterías. [11, p. 98]

A partir de la tensión medida en la batería el regulador efectúa la conexión o desconexión del generador fotovoltaico utilizando relés de estado sólido tipo MOSFET.

Los reguladores actuales cuentan con un sistema de autoaprendizaje el cual les permite tener en cuenta la antigüedad, la capacidad y el grado de sulfatación que tiene la batería, con el fin de establecer la estrategia de control de la carga.

## 5) Inversores

### 5.1) Conceptualización y funciones

Los módulos fotovoltaicos generan energía en forma de corriente continua y puede ser usada para alimentar sistemas autónomos o para aportar energía a la red eléctrica. Para poder dar uso de esta energía es imprescindible disponer de algún sistema que convierta la corriente continua en corriente alterna con los parámetros adecuados de tensión y frecuencia para poder conectar los receptores habituales de corriente alterna, el equipo encargado de esta función se denomina inversor.

Los inversores se clasifican de diferentes formas, se pueden clasificar de acuerdo al número de fases como monofásico y trifásico. También se clasifican respecto a la configuración del sistema como inversores centrales,

inversores en cadena, e inversores modulares. También se clasifican dependiendo del número de etapas, inversor de una etapa, de dos etapas y los inversores multietapas. Los inversores pueden ser de dos tipos:

- Inversores para sistemas fotovoltaicos autónomos.
- Inversores para sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

### 5.1.1) Inversores para sistemas fotovoltaicos autónomos

Los inversores para sistemas fotovoltaicos autónomos deben conectarse en la salida de del regulador de carga o en bornes de la batería (figura 25). El avance tecnológico de los inversores ha llevado a la incorporación del sistema MPP.

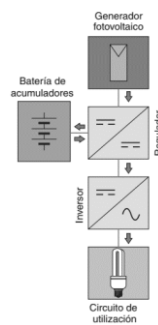


Figura 25: Diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico autónomo. [13]

#### Características de los inversores para sistemas autónomos.

- Cuando el inversor esté en vacío (sin carga) debe tener un autoconsumo menor o igual al 2% de la potencia nominal de salida. Para reducir las pérdidas en vacío se recomienda usar un sistema de stand-by.
- Brindar un suministro continuo de potencia nominal, debe operar aunque se encuentren conectadas todas las cargas a alimentar, incluso si una carga genera corriente de arranque.
- Si las baterías están conectadas directamente al inversor, este debe asegurar protección si ocurre una sobrecarga o sobredescarga.
- Los inversores cuentan con protección contra cortocircuito en la salida de corriente alterna, tensión de entrada fuera del rango de operación, sobrecargas, desconexión de las baterías. [13]

### 5.1.2) Inversores para sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

Para un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica el inversor se conecta entre el generador fotovoltaico y la red eléctrica (figura 26). Este tipo de inversores deben tener la capacidad de soportar las variaciones de tensión ocasionadas por el generador en las diferentes condiciones de trabajo. Deben contar con un seguidor

MPP, al estar conectado a la red eléctrica se utiliza como referencia de control la corriente alterna de la red. La salida del inversor puede ser monofásica o trifásica y manejan potencias desde 1kW hasta centenas de kW.

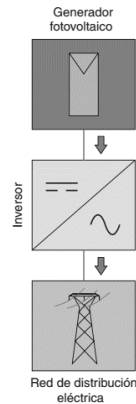


Figura 26: Diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico conectado a la red. [13, p. 108]

## Características de los inversores conectados a la red

- Evitar el funcionamiento en modo aislado, el inversor debe desconectar automáticamente la conexión con la red eléctrica cuando no exista tensión, esta situación puede ocurrir cuando la red eléctrica este fuera de servicio por alguna causa, por ejemplo por razones de mantenimiento o avería.
- El inversor debe incluir un seguidor MPP (seguidor de punto de máxima potencia).
- En modo nocturno el auto consumo del inversor debe ser inferior al 0,5% de su potencia nominal.
- Los inversores cuentan con protección contra frecuencia de red fuera de rango, contra sobretensiones mediante el uso de varistores, tensión de red fuera de rango, cortocircuitos en alterna, perturbaciones que puedan haber en la red como defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red. [13, p. 108]

### 5.2) Tipos de inversores

#### 5.2.1) Inversor central

Este tipo de inversor es usado en instalaciones que demandan mucha potencia, entre 10 kW y 1MW. Dispone de una instalación centralizada con protecciones únicas, el generador fotovoltaico se conecta a único inversor. En estos casos el generador fotovoltaico normalmente está conformado por muchas ramas en paralelo de módulos conectados en serie (figura 27).

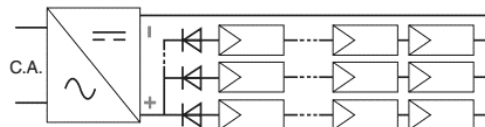


Figura 27: Conexión de un inversor central con los módulos fotovoltaicos. [13, pp. 111-112]



La fiabilidad del sistema fotovoltaico es baja debido a que depende de un único inversor, si el inversor llega a sufrir una falla el sistema fotovoltaico no podrá suministrar energía. Al utilizar este tipo de inversor se deben utilizar diodos de bloqueo en cada rama para evitar el efecto de las corrientes inversas que se puedan producir a causa de la obstrucción o mal funcionamiento de alguno de los módulos.

### 5.2.2) Inversor de cadena

El nombre de este inversor se debe a que el generador fotovoltaico está formado por varias ramas de módulos conectados en serie y por cada rama se usa un inversor (figura 28). El inversor tiene en su entrada una sola rama o cadena de módulos en serie. La potencia nominal que suelen manejar estos inversores va desde 1 a 10kW. Estos inversores pueden ser conectados en paralelo con el fin de obtener la potencia necesaria. [13, pp. 111-112]

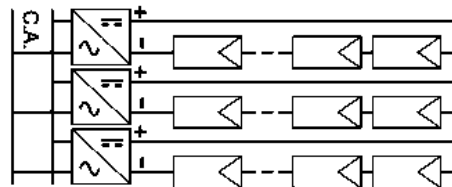


Figura 28: Conexión de un inversor en cadena con los módulos fotovoltaicos. [13, pp. 111-112]

El rendimiento del inversor de cadena es mayor que el del inversor central debido a que el seguidor MPP de cada inversor sigue la curva de única rama de módulos. Al tener un inversor por rama deja de ser necesario utilizar diodos de bloqueo. En caso de que una rama presente un fallo esta puede ser aislada, las demás ramas siguen en funcionamiento.

### 5.2.3) Inversor multicadena

Este tipo de inversores permiten conectar varias ramas de módulos, cada rama cuenta una con un seguidor MPP y tienen una única etapa inversora (figura 29). Están diseñados para operar con potencias en el rango de 3 a 10 kW. [13, pp. 111-112]

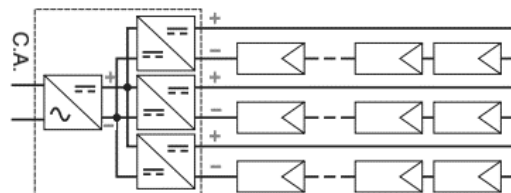


Figura 29: Conexión de un inversor multicadena con los módulos fotovoltaicos. [13, pp. 111-112]

Los inversores multicadena se usan en instalaciones en las que los módulos fotovoltaicos se encuentran en diferentes condiciones de operación, puede variar la orientación, sombreados, diferentes cantidades de módulos por rama o módulos que pueden presentar diferentes tolerancias de producción, estos inversores son una solución económica ante este tipo de situaciones. Comúnmente estos inversores disponen de conexión para dos o tres ramas y cada una de las ramas cuenta con un seguidor de MPP.

## 5.2.4) Inversor integrado en el módulo

Como su nombre lo indica, estos inversores están instalados directamente en el módulo fotovoltaico, la conversión de corriente continua a corriente alterna se realiza en el módulo por lo tanto toda la instalación se hace en corriente alterna (figura 30). Comúnmente son utilizados en sistemas fotovoltaicos con valores de potencia que van desde 50W hasta 500W.

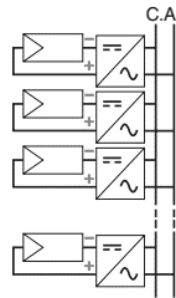


Figura 30: Inversor integrado en el módulo.

Si el sistema fotovoltaico está conformado por varios módulos, el sombreado o avería de un módulo no afecta el funcionamiento de los otros módulos. El inversor se adapta a los cambios de potencia y tensión del propio módulo, para el rendimiento del sistema es una ventaja aunque su rendimiento es inferior al de los inversores de cadena. Si llega a ocurrir un fallo irreparable en un inversor debe ser remplazado junto con el módulo. [13, pp. 111-112]

## 6) Protecciones en los sistemas fotovoltaicos

### 6.1) Protección contra sobretensiones en instalaciones fotovoltaicas

Las sobretensiones que se pueden presentar en un sistema fotovoltaico conllevan a daños en los equipos del sistema fotovoltaico y daños en los equipos que se están alimentando, provocando la interrupción del funcionamiento del sistema y costos elevados de reparación.

Al instalar dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS) en sistemas fotovoltaicos, se debe tener en cuenta que las especificaciones del DPS permita el funcionamiento del sistema soportando la tensión con carga máxima del generador fotovoltaico y la tensión sin carga máxima. [14]

### DPS

Es un dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias, está compuesto por varistores y actúa como un conmutador controlado por tensión. Se instala entre los conductores activos y tierra, en paralelo con los equipos a proteger, en la figura 31 se observa la conexión de un DPS. [15]

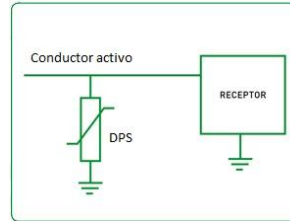


Figura 31: Conexión de un DPS.

TOMADA DE: <http://www.cirprotec.com/es/Soporte/Area-de-conocimiento/Proteccion-contrasobretensiones/DPS/Sobretensiones-Transitorias-DPS/Funcionamiento-y-seleccion-de-un-protector-SPD>

El DPS es controlado por la tensión, cuando la tensión del sistema es inferior a la tensión de activación del DPS, este se comporta como un elemento de alta impedancia, de forma que por el DPS no circula energía. Por el contrario, cuando la tensión del sistema es mayor que la tensión de activación del DPS, este actúa y se comporta como un elemento de impedancia cercana a cero, conduciendo la sobretensión a tierra. [15]

## 6.2) Diodos by-pass y de bloqueo

Como se ha mencionado anteriormente, es de gran importancia evitar el sombreado de los paneles solares, aunque esto en instalaciones fotovoltaicas en viviendas a veces es inevitable. En condiciones de sombreado de una célula o de un grupo de células, estas en lugar de generar energía eléctrica pasan a consumirla, lo que provoca sobrecalentamiento, conocido como punto caliente o Hot Spot (figura 32). [16]

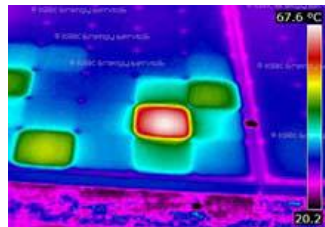


Figura 32: Punto caliente en un módulo fotovoltaico, termografía.

TOMADO DE: [HTTPS://WWW.KRKENEGYSERVICE.COM/TERMOGRAFIA-FOTOVOLTAICO.HTML](https://www.krkenegyservice.com/termografia-fotovoltaico.html)

Un punto caliente en un módulo fotovoltaico es de alto riesgo ya que puede causar la destrucción del módulo o incendio en el caso más desfavorable. En la figura 33 se puede observar la destrucción de un módulo fotovoltaico debido a un punto caliente. [16]



Figura 33: Destrucción de un módulo fotovoltaico debido a puntos calientes.

TOMADA DE: [HTTPS://WWW.SFE-SOLAR.COM/NOTICIAS/ARTICULOS/EFECTO-DE-LAS-SOMBRAS-EN-UN-PANEL-SOLAR-FOTOVOLTAICO/](https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/efecto-de-las-sombras-en-un-panel-solar-fotovoltaico/)

Con el fin de evitar la aparición de puntos calientes se utilizan el diodo By-pass, el cual en caso de sombreado, el diodo cortocircuita el grupo de células sombreadas para que el resto del módulo pueda seguir generando electricidad. Cuando la suma de los voltajes positivos de las células conectadas en serie con la célula sombreada supera el voltaje negativo de la célula sombreada en una cantidad igual al voltaje de activación del diodo Bypass, entonces el diodo bypass comienza a conducir, ofreciendo un camino alternativo para la corriente, y evitando así que la célula sombreada resulte dañada como se puede observar en la figura 34.

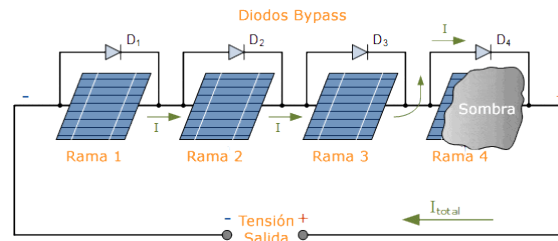


Figura 34: Diodos By-pass en FV.

TOMADA DE: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/efecto-de-las-sombras-en-un-panel-solar-fotovoltaico/>

### 6.2.1) Diodos de bloqueo

Los diodos de bloqueo son utilizados para evitar que en un grupo de paneles en serie absorba corriente de otro grupo conectado a él en paralelo como se observa en la siguiente figura 35.

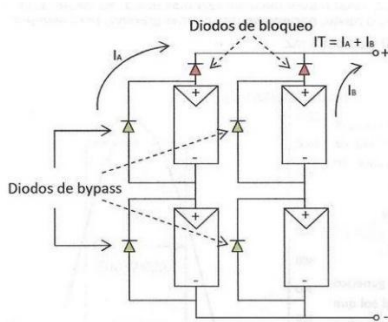


Figura 35: Diodos de bloqueo y By-pass.

Los diodos de bloqueo también impiden que la batería se descargue a través de los paneles fotovoltaicos en ausencia de luz solar. Los diodos de bloqueo y by-pass se dimensionan para el doble de la tensión de circuito abierto y para 2 veces la corriente de cortocircuito en condiciones CEM. [16]

### 6.3) Protección contra cortocircuito

Para proteger el sistema fotovoltaico contra cortocircuitos se utilizan fusibles, ya que es la solución más eficaz cuando se presentan elevadas corrientes de cortocircuito. Para dimensionar el fusible se utiliza el valor de la corriente de cortocircuito del generador en condiciones CEM, el calibre del fusible debe estar entre 1.5 y 2 veces

dicha corriente. Los fusibles se deben dimensionar cuidadosamente cumpliendo con la característica de disparo. Si la tensión del generador fotovoltaico es elevada se debe comprobar que la tensión asignada al fusible soporta 1,2 veces la tensión de circuito abierto del generador (UG oc) en condiciones CEM. [11, p. 153]

#### 6.4) Protección magnetotérmica

La función del magnetotérmico es la de **proteger una instalación eléctrica** frente a sobrecargas o cortocircuitos.

**Efecto magnético.** Cuando la corriente que circula por el interruptor magnetotérmico supera el valor máximo para el que esta dimensionado, a causa de un cortocircuito, la bobina atrae el núcleo de manera instantánea, provocando la apertura del contacto e impidiendo el paso de corriente.

**Efecto térmico.** Cuando la corriente que circula por el interruptor magnetotérmico sobrepasa el valor máximo para el que fue diseñado a causa de una sobrecarga, comienza a calentarse el bimetálico. El calentamiento provoca que el bimetálico se curve y abra el contacto impidiendo el paso de la corriente.

### 7) Sistemas fotovoltaicos autónomos

#### 7.1) Definición

Se denomina sistema fotovoltaico aislado porque normalmente es utilizado para abastecer energía eléctrica a viviendas que no cuentan con conexión a la red de distribución. Cuando al sistema fotovoltaico se le añaden otro tipo de fuentes de generación como pueden ser aerogeneradores, generadores diésel, etc., se denomina sistema híbrido. [17]

En lugares donde no se dispone de suministro de energía por parte de la red de distribución los sistemas fotovoltaicos autónomos son una buena alternativa. Tienen grandes ventajas frente a otros sistemas de generación ya que pueden llegar a ser más económicos y requieren menos mantenimiento.

Los sistemas fotovoltaicos autónomos mejoran la calidad de vida en lugares remotos, han sido usados en muchos campos desde la navegación marítima hasta en la navegación espacial suministrando energía eléctrica a satélites y estaciones espaciales habitadas, también tienen uso frecuente en las balizas de señalización y equipos de localización.

#### 7.1.2) Sistemas fotovoltaicos con acumulación

Esta configuración es utilizada en aplicaciones que necesitan suministro de energía eléctrica en presencia o ausencia de radiación solar. El sistema de acumulación está conformado por una o varias baterías las cuales son las encargadas de suministrar energía eléctrica en las noches cuando la radiación es nula o en momentos de baja radiación solar.

La aplicación más común de este tipo de sistema es en viviendas que no disponen conexión a la red eléctrica, también es usado con frecuencia en señalización en carreteras y autopistas, embarcaciones y satélites artificiales.

Es necesario utilizar un regulador cuando el sistema fotovoltaico incluye acumuladores, el regulador se encarga de controlar el proceso de carga y descarga de la batería y de preservar su vida útil. [11, p. 129].

Si el sistema de utilización requiere una corriente continua regulada y estable o de valor diferente al que entrega el generador fotovoltaico, se debe utilizar un convertidor CC/CC conectado al regulador de carga.

En los sistemas en los que se requiera corriente alterna para su funcionamiento, debe incluirse un inversor para convertir la corriente continua generada por el generador fotovoltaico en corriente alterna [11, p. 129].

## CAPÍTULO 2

### Contenido programático

El contenido programático o también llamado plan de estudios es el esquema estructurado de las áreas obligatorias y fundamentales y de áreas optativas con sus respectivas asignaturas que forman parte del currículo de los establecimientos educativos. El plan de estudios debe contener al menos los siguientes aspectos:

- a) “La intención e identificación de los contenidos, temas y problemas de cada área, señalando las correspondientes actividades pedagógicas.
- b) La distribución del tiempo y las secuencias del proceso educativo, señalando en qué grado y período lectivo se ejecutarán las diferentes actividades.
- c) Los logros, competencias y conocimientos que los educandos deben alcanzar y adquirir al finalizar cada uno de los períodos del año escolar, en cada área y grado, según hayan sido definidos en el proyecto educativo institucional-PEI- en el marco de las normas técnicas curriculares que expida el Ministerio de Educación Nacional. Igualmente incluirá los criterios y los procedimientos para evaluar el aprendizaje, el rendimiento y el desarrollo de capacidades de los educandos.
- d) El diseño general de planes especiales de apoyo para estudiantes con dificultades en su proceso de aprendizaje.
- e) La metodología aplicable a cada una de las áreas, señalando el uso del material didáctico, textos escolares, laboratorios, ayudas audiovisuales, informática educativa o cualquier otro medio que oriente soporte la acción pedagógica.
- f) Indicadores de desempeño y metas de calidad que permitan llevar a cabo la autoevaluación institucional”. [18]

### 2.1) Contenido programático de la materia energías alternativas que utilizan otras universidades nacionales e internacionales.

A continuación se mostraran los diferentes contenidos programáticos o también llamados plan de estudio, que utilizan otras universidades, teniendo como principal objetivo la asignatura energías alternativas. Cabe resaltar que esta asignatura en otros centros de educación superior puede llegar a tener otro nombre, como es el caso de la Universidad Politécnica de Madrid en la que la llaman energías renovables.

#### Universidad Politécnica de Madrid

En las siguientes figuras se observa las características de la asignatura.

<b>GUÍA DE APRENDIZAJE          INFORMACIÓN AL ESTUDIANTE</b>	
CURSO 2013-2014	
<b>ASIGNATURA:</b>	<b>ENERGÍAS RENOVABLES</b>
<b>Nombre en Inglés:</b>	<b>RENEWABLE ENERGY</b>
<b>Código UPM:</b>	<b>565000275</b>
<b>MATERIA:</b>	<b>ENERGÍAS RENOVABLES</b>
<b>CRÉDITOS ECTS:</b>	<b>4,5</b>
<b>CARÁCTER:</b>	<b>ASIGNATURA DE TECNOLOGÍA ESPECÍFICA IMPARTIDA EN LA EUITI</b>
<b>TITULACIÓN:</b>	<b>GRADUADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>
<b>TIPO:</b>	<b>OBLIGATORIA</b>
<b>CURSO:</b>	<b>CUARTO</b>
<b>SEMESTRE:</b>	<b>SÉPTIMO</b>

Figura 36: Contenido programático de la asignatura energías renovables de la Universidad Politécnica de Madrid

En la figura anterior se observa que la Universidad Politécnica de Madrid imparte la asignatura energías alternativas con el nombre de energías renovables. La asignación de créditos que le dieron a la asignatura es de 4,5 y corresponde a una asignatura de tecnología específica para ser cursada por estudiantes de séptimo semestre.

CONTENIDOS ESPECÍFICOS (TEMARIO)		
TEMA / CAPÍTULO	APARTADO	Indicadores de logro relacionados
<b>Tema 1 Introducción a las energías renovables</b>	1.1. Concepto y tipos de energías renovables	LO-01
	1.2. Características de las energías renovables	
	1.3. Aplicaciones de las energías renovables	
	1.4. Ventajas de las energías renovables	
	1.5. Rentabilidad y costes externos	
	1.6. Integración en la red eléctrica	
	1.7. Mercado de energías renovables	
<b>Capítulo 1 Energía solar fotovoltaica</b> <b>Tema 2. Radiación solar</b>	2.1. Características geométricas sol - tierra	LO-02
	2.2. Radiación solar extraterrestre	
	2.3. Radiación solar en la superficie de la tierra	
	2.4. Radiación solar sobre superficies inclinadas	
	2.5. Evaluación del recurso solar	
	2.6. Pérdidas por orientación e inclinación	
	2.7. Estudio de sombras	

<b>Capítulo 1 Energía solar fotovoltaica</b> <b>Tema 3. Generación fotovoltaica</b>	3.1. Efecto fotovoltaico. Células fotovoltaicas	LO-02
	3.2. Tipos de células fotovoltaicas.	
	3.3. Características técnicas de los módulos fotovoltaicos	
	3.4. Curva I-V de los módulos fotovoltaicos	
	3.5. Asociación de módulos fotovoltaicos	
<b>Capítulo 1 Energía solar fotovoltaica</b> <b>Tema 4. Sistemas fotovoltaicos autónomos</b>	4.1. Configuraciones de sistemas autónomos SFVA	LO-02
	4.2. Acumuladores	
	4.3. Reguladores	
	4.4. Inversores	
	4.5. Dimensionado de SFVA	
<b>Capítulo 1 Energía solar fotovoltaica</b> <b>Tema 5. Sistemas fotovoltaicos conectados a red</b>	5.1. Tipos de sistemas fotovoltaicos conectados a red	LO-02
	5.2. Inversores para SFVR	
	5.3. Configuraciones inversor-campo fotovoltaico	
	5.4. Instalaciones eléctricas del campo fotovoltaico	
	5.5. Instalaciones eléctricas AC y punto de conexión	
	5.6. Análisis energético	
	5.7. Mercado fotovoltaico	

Figura 37: Contenido programático de la asignatura energías renovables de la Universidad Politécnica de Madrid

El contenido programático de la Universidad Politécnica de Madrid para la asignatura energías renovables es muy similar al utilizado en la Universidad de Pamplona, estas dos instituciones educativas hacen énfasis en los sistemas fotovoltaicos dándole un estudio de fondo, hacen énfasis en las curvas características i-v en las que la irradiación es de gran importancia y consigo la ubicación del módulo fotovoltaico.

## UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

A continuación se encuentra el contenido programático de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (en las figuras 38 y 39).

<b>ESPACIO ACADÉMICO (Asignatura):</b>						<b>Código:</b>					
<b>SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</b>						<b>252</b>					
Obligatorio		Básico		Complementario							
Electivo	<input checked="" type="checkbox"/>	Intrínseco	<input checked="" type="checkbox"/>	Extrínseco							
<b>Número de Estudiantes</b>						<b>Grupo</b>					
<b>Número de Créditos</b>											
Tres (3)											
<b>TIPO DE CURSO:</b>						Teórico	<input checked="" type="checkbox"/>	Práctico		Teórico - Práctico	

Figura 38: contenido programático de la asignatura energías alternativas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.



PROGRAMA SINTÉTICO:
<ol style="list-style-type: none"><li>1. La radiación solar<ol style="list-style-type: none"><li>a. Introducción</li><li>b. Terminología, notación y unidades</li><li>c. Disponibilidad de la energía solar</li><li>d. Irradiancia y horas de sol pico</li><li>e. Medición y estimación de la Irradiancia solar</li></ol></li></ol>
<ol style="list-style-type: none"><li>2. El efecto fotovoltaico y la celda solar<ol style="list-style-type: none"><li>a. El efecto fotovoltaico</li><li>b. Semiconductores, estructuras de bandas, junturas PN y heterojunturas</li><li>c. Elementos de una celda de Si-c</li><li>d. Características de la celda solar</li></ol></li><li>3. Tecnología y caracterización de celdas y módulos<ol style="list-style-type: none"><li>a. Celdas y módulos de silicio</li><li>b. Celdas y módulos de capa delgada</li><li>c. Caracterización de módulos: Condiciones de prueba, factores que influyen su rendimiento</li></ol></li><li>4. Componentes de una instalación fotovoltaica<ol style="list-style-type: none"><li>a. Diodos</li><li>b. Reguladores de carga</li><li>c. Baterías</li><li>d. Inversores</li><li>e. Otros elementos de sistemas fotovoltaicos</li></ol></li><li>5. Diseño y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos<ol style="list-style-type: none"><li>a. Consideraciones previas al diseño</li><li>b. Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos autónomos</li><li>c. Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos interconectados</li><li>d. Diseño de otros tipos de sistemas fotovoltaicos</li></ol></li><li>6. Instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos<ol style="list-style-type: none"><li>a. Selección del terreno</li><li>b. Orientación óptima</li><li>c. Instalación de los componentes</li><li>d. Puesta en servicio y operación</li><li>e. Mantenimiento del generador</li><li>f. Mantenimiento de las baterías</li></ol></li><li>7. Aplicaciones<ol style="list-style-type: none"><li>a. Electrificación rural</li><li>b. Bombeo de agua</li><li>c. Aplicaciones profesionales: telecomunicaciones, monitoreo remoto, protección catódica</li><li>d. Aplicaciones espaciales</li></ol></li><li>8. Generación distribuida</li></ol>

Figura 39: contenido programático de la asignatura energías alternativas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas tiene una diferencia muy pequeña en el contenido programático de la asignatura energías alternativas, Esta universidad además de también hacer énfasis en los sistemas fotovoltaicos incluye mantenimiento del generador y mantenimiento de las baterías en subtemas diferentes. Podría decirse que el contenido programático es muy similar al contenido utilizado en la Universidad de Pamplona.

## 2.2) Contenido programático de la Universidad de Pamplona

La asignatura Energías Alternativas del programa de ingeniería eléctrica de la Universidad de Pamplona, al igual que en otras universidades de Colombia o de otros países, se enfoca en sistemas fotovoltaicos. Esta comprendido por 7 unidades que se desarrollan a lo largo del semestre. El contenido programático es el siguiente.

**PROGRAMA:** Ingeniería Eléctrica

**DEPARTAMENTO DE:** Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Telecomunicaciones y Sistemas

**CURSO:** Electiva profesional 3 **CRÉDITOS:** 2 **TIPO DE CURSO:** Teórico

### UNIDAD 1: PRINCIPIOS BÁSICOS LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE.
• Introducción a las energías renovables	0.5	1
• Contexto nacional de las energías alternativas	0.5	1
• Contexto Internacional de las energías alternativas	0.5	2
• Introducción a los sistemas fotovoltaicos: Sistemas autónomos y conectados a la red	0.5	1
• .Relaciones Astronómicas	1	2
• .Declinación Solar	0.5	1
• Coordenadas solares	0.5	1
• Ecuación del tiempo	0.5	1
• Radiación Solar, cuantificación	0.5	1
• Tipos de radiación	0.5	1

### UNIDAD 2 EFECTO FOTOVOLTAICO Y PANELES SOLARES

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE.
• Semiconductores	0.5	4

• Efecto fotovoltaico	0.3	4
• Células fotovoltaicas, constitución	0.5	4
• Tipos de células fotovoltaicas.	0.5	2
• Características de las células FV	0.5	1
• Efectos de la irradiancia y la temperatura en las células FV	0.5	4
• Panel solar, conceptualización y constitución	0.3	4
• Parámetros de los paneles solares	0.5	4
• Curvas características de paneles solares	0.5	
• Conexión de paneles solares	0.2	4
• Dimensionamiento de paneles solares	0.5	1
• Orientación del Generador FV	1	4

### UNIDAD 3 ACUMULADORES SOLARES

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	DE HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE.
• Electrolisis, disociación electrónica, oxidoreducción	1	2
• Reversibilidad electroquímica	0.5	1
• Elementos constructivos del acumulador	0.5	1
• Parámetros del acumulador	0.5	1
• Cálculo del acumulador	0.8	1
• Métodos de carga del acumulador	0.5	1
• Tipos de baterías	0.5	1

#### UNIDAD4 REGULADORES DE CARGA

TEMA	HORAS CONTACTO DIRECTO	DE HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE.
• Conceptualización	0.2	0.5
• Funciones	0.5	1
• Regulación de carga y ciclo de carga.	0.5	1
• Tipos de reguladores	0.3	0.3
• Características de los reguladores	0.5	1
• Dimensionamiento de reguladores	0.5	1
• Conexión de los reguladores	0.2	40.4
• MPPT	0.3	1

#### UNIDAD 5 INVERSORES

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE.
• Conceptualización y funciones	0.5	1
• Características	0.5	1
• Tipos de inversores	0.2	0.5
• Principio de funcionamiento	0.3	1
• Dimensionamiento del inversor	0.5	1

## UNIDAD 6 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE.
• Definición	0.3	0
• Tipos y Aplicaciones de sistemas autónomos	1	1
• Configuración de sistemas autónomos	1	1
• Diseño de sistemas autónomos FV	1.7	4
• Instalación de sistemas autónomos FV	1	1

## UNIDAD 7 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE.
• Definición	0.2	0
• Configuración de sistemas conectados a la red	1	1
• Diseño de sistemas FV conectados a la red	2	4

El contenido de la asignatura de marca una intensidad horaria de 2 horas a la semana, con una cantidad total de 2 créditos, impartida de manera teórica, en un periodo de 16 semanas calendario.

Realizando una comparación en los temas que imparten otras universidades para la asignatura energías alternativas con los temas impartidos en la Universidad de Pamplona, se puede apreciar que las diferencias que hay en las asignaturas son muy pocas, las universidades comparadas tienen casi la misma cátedra académica, lo que demuestra que la asignatura energías alternativas impartida por la Universidad de Pamplona es al nivel de otras universidades a nivel nacional e internacional.

### 2.3) Estructura del curso

Con base en el contenido programático de la asignatura, el cual contiene los temas académicos seleccionados y avalados por el comité curricular del programa de Ingeniería Eléctrica, se realizó la documentación para cada uno de los temas que conforman las 7 unidades del contenido programático. Posteriormente se estructuró cada tema y subtema llevando a cabo la síntesis de la información previamente indagada. Con el fin de suministrar información precisa y de calidad, esta se tomó de diferentes fuentes en el proceso de documentación.

Para la implementación de los contenidos previamente seleccionados, se genera un escenario en Moodle de dominio de la Universidad de Pamplona (<http://revistas.unipamplona.edu.co/moodleUP/course/view.php?id=2064>) para la asignatura Energías Alternativas. El software seleccionado para el curso fue Moodle por ser de uso libre.



Figura 40: Interfaz del curso en la plataforma Moodle.

Cada bloque de la figura 40 representa una unidad del contenido programático de la asignatura, se agregaron dos bloques adicionales en el transcurso del proceso de documentación, los cuales son “contexto nacional e internacional” y “protecciones en los sistemas fotovoltaicos” como complemento al curso. Los bloques están conformados por carpetas que almacenan los temas y subtemas del curso.

## CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL

- LEY 1715 DEL 13 DE MAYO DEL 2014
- CREG RESOLUCIÓN No 121 DEL 28 DE AGOSTO DEL 2017
- INFORME DE SITUACIÓN GLOBAL RENOVABLES 2018
- QUIZ sobre contexto nacional e internacional

## PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

- INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, SISTEMAS AUTÓNOMOS Y CONECTADOS A LA RED
- QUIZ Introducción a los sistemas fotovoltaicos
- RELACIONES ASTRONÓMICAS
- DECLINACIÓN SOLAR
- COORDENADAS SOLARES
- QUIZ Relaciones astronómicas, declinación solar y coordenadas solares
- RADIACIÓN SOLAR

Figura 41: Bloques expandidos.

En la figura 41 se observa una sección del contenido del curso en el que se encuentran dos unidades, contexto nacional el internacional y principios básicos de los sistemas fotovoltaicos. Al expandir los bloques aparecen los temas que conforman la unidad. Para cada tema se dispuso de una carpeta en la que en su interior contiene la información estructurada y sintetizada conformada por texto, imágenes y videos.

Para acceder a toda la información sintetizada y digitalizada diríjase al **anexo 2**.

## CAPÍTULO 3

### Diseño de los elementos audiovisuales y guías prácticas de laboratorio

#### UNIDAD 1: CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL

##### CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL

- LEY 1715 DEL 13 DE MAYO DEL 2014
- CREG RESOLUCIÓN No 121 DEL 28 DE AGOSTO DEL 2017
- INFORME DE SITUACIÓN GLOBAL RENOVABLES 2018
- QUIZ sobre contexto nacional e internacional

Figura 42: Contenido de la unidad 1 del curso.

En este bloque se encuentra información sobre la ley 1715 del 7 de mayo del 2014, la cual debido a que las Leyes 142 y 143 de 1994 resultaron insuficientes para satisfacer dicha demanda, se profirió la Ley 1715 de 2014, “Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional”. Se da una introducción a la ley No 121 emitida por la CREG “Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y generación distribuida en el sistema interconectado nacional”. También se describe brevemente la creciente generación de energía eléctrica a nivel mundial, reporte dado en la revista Renewables 2018 expedida por la REN21.

#### LEY 1715 DEL 13 DE MAYO DEL 2014

Para este tema se incluyó un video publicado por la UPME en el que se observa los cambios que ha tenido la Normativa desde el año 2014 hasta el 2018. El video se encuentra en el siguiente enlace: <http://www1.upme.gov.co/Paginas/incentivos-FNCE.aspx>

#### CREG RESOLUCIÓN No 121 DEL 28 DE AGOSTO DEL 2017

Para este tema se incluyeron dos videos. El primero es un video publicado por el señor Erich Ferdinand (miembro de la CREG) titulado “Observaciones y comentarios al proyecto de resolución CREG 121 de 2017”, en este video se explica la facturación de la energía eléctrica y la propuesta de la CREG para facturar los excedentes debidos a generación alternativa. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=hMdyz47dRo4>.

El segundo video que se incluyó para dicho tema, es publicado por la CREG titulado “Taller Auto generación a pequeña escala y generación distribuida en el SIN”, corresponde a una presentación dirigida por miembros de la CREG donde se explica todo lo que contiene la resolución 121 del 2014. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=dZbRM9G80lc&t=25s>

#### INFORME DE SITUACIÓN GLOBAL RENOVABLES 2018

Para este tema se incluyó un video publicado por la International Solar Energy Society (ISES) titulado “The global status of renewables REN21 s 2018 global status report” en el que se realiza un seminario web de una



hora impartido por el Secretario Ejecutivo de REN21, Rana Adib, presenta los últimos datos y cifras de la energía renovable en todo el mundo. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=z7zeYb3QyR8&t=1515s>

### QUIZ sobre contexto nacional e internacional

Se diseñó un quiz en el que se evalúan los temas de esta unidad; está compuesto por 10 preguntas en las que se encuentran varios tipos de pregunta, hay preguntas de arrastrar y soltar el texto, selección múltiple, y falso y verdadero. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

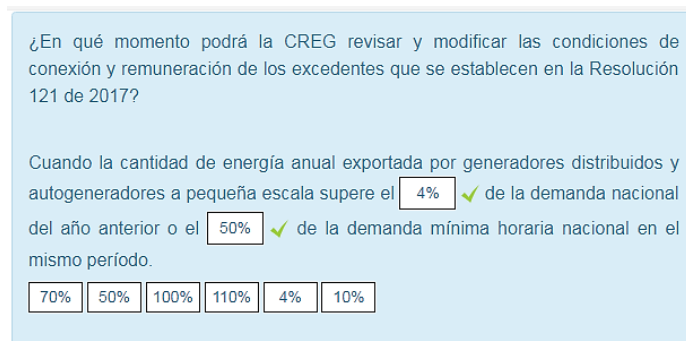


Figura 43: Pregunta 1 del Quiz sobre el contexto nacional e internacional.

En la figura 42 se muestra la pregunta 1 del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. Las respuestas correctas solo se han indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## UNIDAD 2: PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

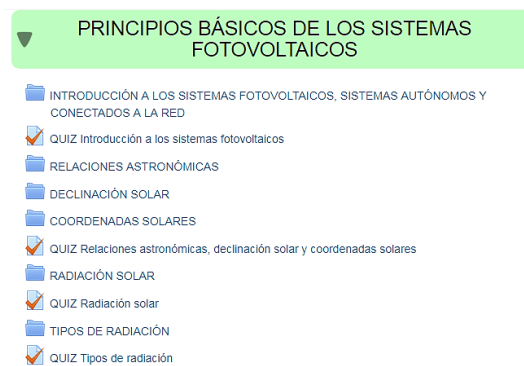


Figura 44: Contenido de la unidad 2 del curso.

En esta unidad se hace una introducción a los sistemas fotovoltaicos autónomos y conectados a la red, se habla sobre los diferentes equipos tecnológicos que los componen. Este bloque también comprende temas

relacionados con la declinación solar, coordenadas solares y radiación solar entre otros, cada tema está compuesto por información indagada en libros y cuenta con videos que ayudan a la formación de los estudiantes. El estudiante puede medir y unificar sus conocimientos realizando los quices y laboratorios dispuestos para los temas incluidos en el bloque.

## INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, SISTEMAS AUTÓNOMOS Y CONECTADOS A LA RED

Para este tema se incluyeron dos videos, el primero es publicado por la Universidad Nacional de Educación a Distancia UNED, titulado “Tipos de sistemas fotovoltaicos, sistema autónomo” en el que se describen las características del sistema y los elementos que lo compone. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://canal.uned.es/video/5a6f7918b1111f5d118b459c>

El segundo video también es publicado por la Universidad Nacional de Educación a Distancia UNED, titulado “Tipos de sistemas fotovoltaicos, sistema conectado a la red” en el que se describe el funcionamiento y las características del sistema y los elementos que lo compone. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://canal.uned.es/video/5a6f7919b1111f5d118b45a1>

**QUIZ Introducción a los sistemas fotovoltaicos.** Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema introducción a los sistemas fotovoltaicos. El quiz está compuesto por 11 preguntas en las que se encuentran dos tipos de pregunta, hay preguntas de arrastrar y soltar el texto y selección múltiple. Los estudiantes tendrán 1 intentos de presentar el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

¿En forma de qué tipo de radiación llega a la tierra la energía solar?

Seleccione una:

- a. En forma de radiación cósmica.
- b. En forma de radiación electromagnética. ✓
- c. En forma de radiación no ionizante.
- d. En forma de radiación nuclear.

Figura 45: Pregunta del Quiz introducción a los sistemas fotovoltaicos.

En la figura 45 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo selección múltiple. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

## RELACIONES ASTRONÓMICAS

Para este tema se incluyó un video publicado por Antonio Estévez titulado “La Eclíptica y las estaciones - Solsticios y Equinoccios” en el que explica los movimientos de rotación y traslación de la tierra y como afectan estos movimientos al cambio de estaciones. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=gsZrTYeW0Tw>

## DECLINACIÓN SOLAR

Para este tema se incluyó un video del Curso de Energía Solar Fotovoltaica publicado por Electricidad y Matemáticas titulado “Qué es y cómo se calcula la Declinación Solar” en el que se explica el concepto de Declinación Solar y como se calcula, la cual es necesaria en el momento de dimensionar un sistema solar

fotovoltaico, ya sea para una vivienda, para la industria, o incluso para una granja solar. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=m-Fw9fjmV80>

## COORDENADAS SOLARES

En este tema se incluyó un video publicado por Antonio Estévez titulado “Coordenadas Horizontales” en el que por medio de una simulación realizada en el simulador del horizonte celeste de astro.unl.edu (Universidad de Nebraska), se explican las coordenadas solares, el cenit, el nadir, la elevación, el acimut, entre otros. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=OtdHSUKQf0c>

## QUIZ Relaciones astronómicas, declinación solar y coordenadas solares

Se diseñó un quiz en el que se evalúan las relaciones astronómicas, la declinación solar y las coordenadas solares. El quiz está compuesto por 10 preguntas en las que se encuentran varios tipos de pregunta, hay preguntas de arrastrar y soltar el texto, selección múltiple, y falso y verdadero. Los estudiantes tendrán 1 intentos de presentar el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

En el sistema de coordenadas de la esfera celeste podemos determinar la posición del sol mediante dos ángulos, señálelos.

Seleccione una:

- a. Cenit y nadir.
- b. Elevación y acimut. ✓
- c. Declinación y nadir.
- d. Declinación y cenit.

Figura 46: Pregunta del quiz Relaciones astronómicas, declinación solar y coordenadas solares.

En la figura 46 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo selección múltiple. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## RADIACIÓN SOLAR

Este tema incluye un video publicado por la Universidad Nacional de Educación a Distancia UNED, titulado “Radiación solar”, en el que se describe el recurso necesario para que funcionen los módulos fotovoltaicos que es la radiación solar. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://canal.uned.es/video/5a6f7911b1111f5d118b456a>

## QUIZ Radiación solar

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema radiación solar. El quiz está compuesto por 4 preguntas en las que se encuentran dos tipos de pregunta, selección múltiple, y falso y verdadero. Los estudiantes tendrán 1 intentos de presentar el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Según la siguiente gráfica

¿ Para qué valor de AM la masa de aire es máxima?

Seleccione una:

- a. AM 1
- b. AM 1.5
- c. AM 2
- d. AM 3
- e. AM 5 ✓

Figura 47: Pregunta del quiz radiación solar.

En la figura 47 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo selección múltiple. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## TIPOS DE RADIACIÓN

Para este tema se han incluido 4 videos que se encuentran en la carpeta Tipos de Radiación de la unidad 2 de este curso, los videos tratan sobre los tipos de radiación y como calcularla. El primer video hace parte de un grupo de videos del “Curso de Energía Solar Fotovoltaica” publicado por Electricidad y Matemáticas titulado “La Fracción Difusa – Radiación Solar” en el que se explica cómo calcular la radiación difusa utilizando el índice de claridad. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=p4tA2cq3PHU>

## QUIZ Tipos de radiación

Se diseñó un quiz en el que se evalúan los tipos de radiación. El quiz está compuesto por 6 preguntas en las que se encuentran dos tipos de pregunta, preguntas de arrastrar y soltar el texto y de selección múltiple. Los estudiantes tendrán 1 intentos de presentar el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

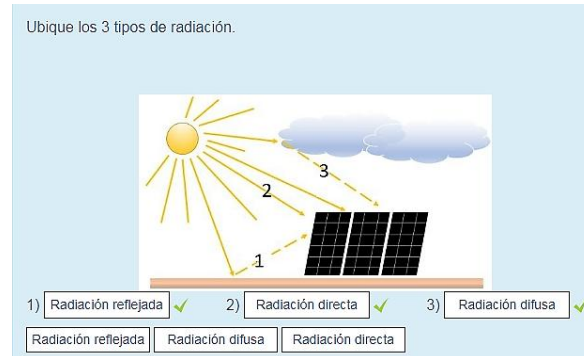


Figura 48: Pregunta del quiz tipos de radiación.

En la figura 48 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

### UNIDAD 3: EFECTO FOTOVOLTAICO Y PANELES SOLARES

EFECTO FOTOVOLTAICO Y PANELES SOLARES

- SEMICONDUCTORES
- ✓ QUIZ Semiconductores
- EFECTO FOTOVOLTAICO
- ✓ QUIZ Efecto fotovoltaico
- CÉLULAS FOTOVOLTAICAS, CONSTITUCIÓN
- TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS
- ✓ QUIZ Células fotovoltaicas, constitución y tipo
- CARACTERÍSTICAS DE LAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS
- ✓ QUIZ Características de las células fotovoltaicas
- LABORATORIO 1 PARAMETRIZACIÓN DE LAS CURVAS I-V Y P-V DE UNA CÉLULA FOTOVOLTAICA
- EFFECTOS DE LA IRRADIANCIA Y LA TEMPERATURA EN LAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS
- ✓ QUIZ Efecto de la irradiancia y la temperatura en las células fotovoltaicas
- LABORATORIO 2 VARIACIÓN DE LAS CURVAS I-V Y P-V DE UNA CÉLULA FOTOVOLTAICA CON RESPECTO A LA IRRADIANCIA
- MODULO FOTOVOLTAICO, CONSTITUCIÓN
- ✓ QUIZ Constitución del módulo fotovoltaico
- PARÁMETROS DE LOS PANELES SOLARES
- ✓ QUIZ Parámetros de los paneles solares
- CURVAS CARACTERÍSTICAS DE PANELES SOLARES
- ✓ QUIZ Curvas características de módulos fotovoltaicos

Figura 49: Unidad 3 Efecto fotovoltaico y paneles solares parte 1.

- LABORATORIO 3: EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA CURVA I-V Y P-V DE UNA CÉLULA FOTOVOLTAICA
- LABORATORIO 4: CONEXIÓN SERIE, PARALELO Y SERIE/PARALELO DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS
- PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE UN GENERADOR FOTOVOLTAICO
- QUIZ Parámetros eléctricos de un generador fotovoltaico
- ORIENTACIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO
- QUIZ Orientación del módulo fotovoltaico
- RADIACIÓN SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA Y POTENCIA DEL GENERADOR
- Quiz Radiación sobre una superficie inclinada y potencia del generador
- LABORATORIO 5: INFLUENCIA DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO
- CONEXIÓN DE PANELES SOLARES
- QUIZ Conexión de paneles solares
- LABORATORIO 6: IDENTIFICACIÓN DE VALORES NOMINALES Y CONEXIÓN SERIE, PARALELO Y SERIE/PARALELO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Figura 50: Unidad 3 Efecto fotovoltaico y paneles solares parte 2.

Esta unidad está comprendida por los temas en relación con el módulo fotovoltaico, iniciando desde los semiconductores y como se unen para generar el movimiento de los electrones hasta los tipos de conexión de los módulos. En relación con lo anterior se encuentran temas como la constitución de las células fotovoltaicas, las curvas I-V y P-V, como está constituido un módulo fotovoltaico y como se debe orientar, entre otros. Esta unidad también está conformada por quices los cuales les permiten a los estudiantes medir sus conocimientos y por guías de laboratorio que son de gran importancia para complementar la teoría a través de la práctica.

## SEMICONDUCTORES

En este tema se incluyó un video publicado por Jorge Díaz Moreno titulado "Semiconductores 02, La unión PN, Semiconductor tipo P, Semiconductor tipo N" en el cual se explica la unión P-N detalladamente, hablando sobre estructura atómica, semiconductores de Silicio y Germanio. Este video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=IYAIJo26rMk&t=706s>

### QUIZ semiconductores

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema semiconductores. El quiz está compuesto por 5 preguntas en las que se encuentran diferentes tipos de pregunta, selección múltiple, arrastrar y soltar sobre el texto y falso y verdadero. Los estudiantes tendrán 1 intentos de presentar el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

¿Cuándo está en equilibrio electrónico una unión PN?

Quando la unión PN   conectada a un circuito exterior se encuentra en equilibrio electrónico a    .

Figura 51: Pregunta del Quiz semiconductores.

En la figura 51 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

## EFEECTO FOTOVOLTAICO

En este tema se incluyó un video publicado por TED-Ed titulado “How do solar panels work?” en el que se explica el sistema fotovoltaico a través de una animación hecha en computador, se observa como los fotones comunican energía a los electrones cuando chocan en la célula fotovoltaica. Este video se encuentra en el siguiente enlace: <https://ed.ted.com/lessons/how-do-solar-panels-work-richard-komp>

### QUIZ Efecto fotovoltaico

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema efecto fotovoltaico. El quiz está compuesto por 4 preguntas en las que se encuentran dos tipos de pregunta, escribir la palabra correcta y arrastrar y soltar sobre el texto. Los estudiantes tendrán 1 intentos de presentar el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

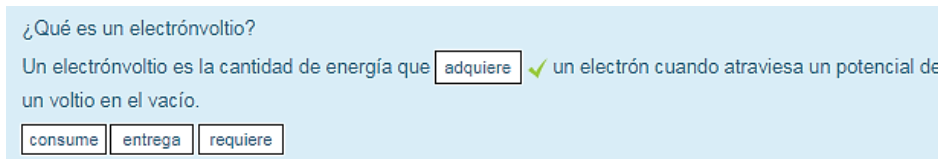


Figura 52: Pregunta del Quiz efecto fotovoltaico.

En la figura 52 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

## CÉLULAS FOTOVOLTAICAS, CONSTITUCIÓN

En este tema se incluyó un video publicado por Universidad Politécnica de València UPV titulado “Fabricación de células Fotovoltaicas” en el que se muestra el proceso de producción de células fotovoltaicas, mostrando el proceso de dopado y como se determina que la unión PN es adecuada para la célula. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=mbfLJ58utTw>

### TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

Para este tema se incluyó un video publicado por Juan K. titulado “células silicio monocristalino policristalino amorfo de paneles solares” en el que se explica la diferencia entre los diferentes tipos de células y su composición. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=QlsaZDDJ2ok>

### QUIZ Células fotovoltaicas, constitución y tipo

Se diseñó un quiz en el que se evalúan los temas constitución de las células fotovoltaicas y tipos de células. El quiz está compuesto por 7 preguntas en las que se encuentran tres tipos de pregunta, escribir la palabra correcta, selección múltiple y arrastrar y soltar sobre el texto. Los estudiantes tendrán 1 intentos de presentar

el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

La potencia que genera un módulo fotovoltaico de silicio  ✓ tiende a disminuir con el uso.

Figura 53: Pregunta del Quiz células fotovoltaicas, constitución y tipo.

En la figura 53 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

## CARACTERÍSTICAS DE LAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

En este tema se incluyó un video publicado por Krannich Solar España titulado “Paneles solares fotovoltaicos: tipología” en el que se explica la diferencia de los diferentes tipos de células, los tipos de paneles solares que existen, cuáles son las diferencias entre cada uno de ellos y qué ventajas presenta cada variedad. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=7u1G7CjdXR0&feature=youtu.be>

### QUIZ Características de las células fotovoltaicas

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema características de las células fotovoltaicas. El quiz está compuesto por 4 preguntas en las que se encuentran dos tipos de pregunta, selección múltiple y arrastrar y soltar sobre el texto. Los estudiantes tendrán 1 intentos de presentar el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

¿ Qué tipo de célula fotovoltaica cumple con las siguientes características?

- Los materiales utilizados no causan problemas de toxicidad
- La célula puede ser construida sobre un sustrato flexible

Seleccione una:

- a. Células de película delgada sin silicio (CIS) ✓
- b. Células de Silicio monocristalino
- c. Células de Silicio amorfo
- d. Células de Silicio Policristalino

Figura 54: Pregunta del Quiz características de las células fotovoltaicas

En la figura 54 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo selección múltiple. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.



## LABORATORIO 1 PARAMETRIZACIÓN DE LAS CURVAS I-V Y P-V DE UNA CÉLULA FOTOVOLTAICA

Se diseñó un laboratorio en el que los estudiantes deben hallar las curvas I-V y P-V de una célula fotovoltaica. Deben determinar mediante mediciones los valores de tensión y de corriente que entrega una célula para poder obtener la curva, posteriormente deben calcular la potencia máxima y la eficiencia de la célula. En las figuras que se encuentran a continuación se muestra brevemente el procedimiento. Este laboratorio se encuentra en el anexo 1 “GUÍAS DE LABORATORIO COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO”

### Procedimiento

1. Identifique los valores de tensión de circuito abierto y de corriente de cortocircuito de la célula fotovoltaica. Se encuentran en la parte posterior de la célula.

$U_{oc}$	
$I_{sc}$	



2. Coloque la célula fotovoltaica en una superficie plana, y verticalmente a 50 cm coloque la fuente de luz. Conecte un potenciómetro en la salida de la célula. Conecte el voltímetro en paralelo y el amperímetro en serie con el potenciómetro. De la siguiente manera.

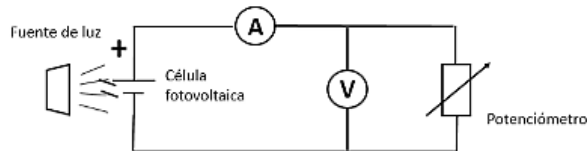


Figura 55: Pasos 1 y 2 de la guía práctica de laboratorio 1.

En el paso número 1 de la figura 55, los estudiantes deben identificar los parámetros característicos de la célula en condiciones CEM y apuntarlos en la guía de laboratorio. En el paso número 2 deben realizar la conexión del circuito con el cual se procede a medir la tensión y corriente que está circulando por el potenciómetro, esta energía es generada por la célula fotovoltaica.

Por seguridad, ubique el potenciómetro en el valor máximo de resistencia antes de encender la fuente de luz.

Encienda la fuente de luz y tome las mediciones de voltaje y corriente. A continuación varíe gradualmente la resistencia del potenciómetro y vuelva a tomar las mediciones. Vuelva a variar la resistencia del potenciómetro, realice este procedimiento hasta llenar la siguiente tabla.

V														
I														

Figura 56: Segunda parte del paso 2 de la guía práctica de laboratorio 1.

La figura 56 corresponde a la continuación del paso 2, se le pide a los estudiantes que por seguridad ubiquen el potenciómetro en el punto de mayor resistencia porque al aumentar la resistencia la corriente que circula por el potenciómetro será la mínima para el valor de resistencia que tenga. Al encender la fuente de luz los estudiantes deben anotar los valores de tensión y de corriente en la tabla, variar gradualmente la resistencia y

anotar las mediciones hasta completar la tabla. Cuando realicen todas las mediciones deben graficar las curvas I-V y P-V en computador utilizando el programa Excel.

Para profundizar más dirijase al anexo 1 donde encontrará las guías de laboratorio.

## VIDEO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 1

Se diseñó un video en el que se explica cómo realizar las mediciones y las gráficas del laboratorio número 1. Se utilizaron las instalaciones y los equipos de la Universidad de Pamplona. El video se encuentra en la plataforma Youtube y se adjuntó a la plataforma Moodle en la carpeta correspondiente como se muestra en la siguiente figura.



Figura 57: Video del laboratorio 1 enlazado en la plataforma Moodle.

En la figura 57 se observa el contenido de la carpeta LABORATORIO 1 PARAMETRIZACION DE LAS CURVAS I-V Y P-V DE UNA CÉLULA FOTOVOLTAICA, incluida en la unidad 3 EFECTO FOTOVOLTAICO Y PANELES SOLARES.



Figura 58: Portada del video para el desarrollo de la guía práctica de laboratorio 1.

La figura 58 muestra la portada del video con el escudo de la Universidad de Pamplona y el título de la guía de laboratorio.



Figura 59: Materiales y equipos a utilizar.

En la figura 59 se observa una captura de pantalla del video en el que se muestran los materiales y equipos que se utilizaron para desarrollar el laboratorio 1.

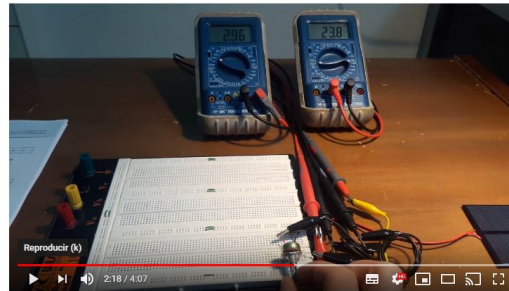


Figura 60: Variación del potenciómetro para medir tensión y de corriente.

En la figura 60 se muestra la conexión del diagrama incluido en la guía y como se debe variar la resistencia del potenciómetro para medir los valores de tensión y de corriente con los que se graficaran las curvas I-V y P-V de la célula fotovoltaica.

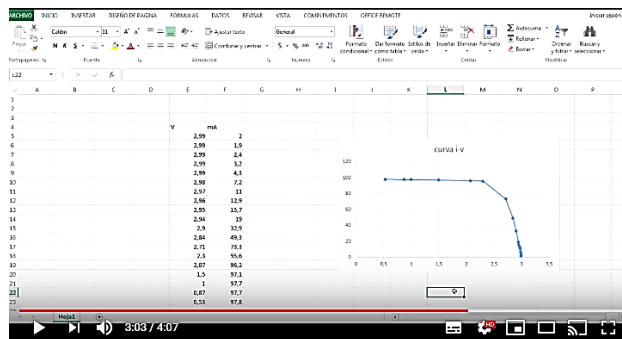


Figura 61: Curva I-V obtenida en el video.

La figura 61 corresponde a una captura de pantalla del video diseñado para la práctica de laboratorio 1 en la que se muestra la curva I-V obtenida en la realización del laboratorio.

Para observar el contenido completo del video dirijase al anexo 3 o al siguiente enlace:  
[https://www.youtube.com/channel/UCyGHW\\_3b2aNPHHkOt7hdoxA?view\\_as=subscriber](https://www.youtube.com/channel/UCyGHW_3b2aNPHHkOt7hdoxA?view_as=subscriber)

## EFFECTOS DE LA IRRADIANCIA Y LA TEMPERATURA EN LAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

Para este tema se incluyó un video publicado por ECENER titulado “Lo que debes saber al instalar paneles solares” en el que se observa el análisis que se realizó sobre la irradiancia y cómo afecta la temperatura y la inclinación en el rendimiento de los módulos fotovoltaicos. El video se encuentra en el siguiente enlace:  
<https://www.youtube.com/watch?v=qz7X0w5sA8s>

### QUIZ Efecto de la irradiancia y la temperatura en las células fotovoltaicas

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Efectos de la irradiancia y la temperatura en las células fotovoltaicas. El quiz está compuesto por 5 preguntas en las que se encuentran tres tipos de pregunta, falso y verdadero, selección múltiple y arrastrar y soltar sobre el texto. Los estudiantes tendrán 1 intento de presentar el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

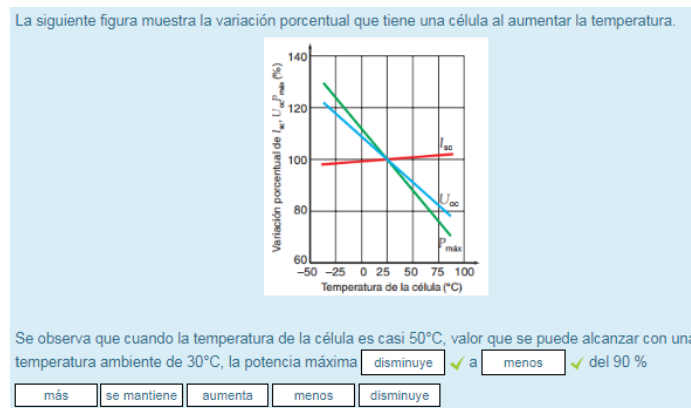


Figura 62: Pregunta del Quiz Efectos de la irradiancia y la temperatura en las células fotovoltaicas.

En la figura 62 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

## LABORATORIO 2 VARIACIÓN DE LAS CURVAS I-V Y P-V DE UNA CÉLULA FOTOVOLTAICA CON RESPECTO A LA IRRADIANCIA

Se diseñó un laboratorio en el que los estudiantes deben variar la irradiancia y hallar las curvas I-V y P-V de una célula fotovoltaica. Deben determinar mediante mediciones los valores de corriente y de tensión que entrega la célula a la resistencia para poder obtener la curva con la fuente de luz a distancias diferentes, posteriormente deben calcular la potencia máxima y la eficiencia de la célula para cada longitud entre la célula y la fuente de luz. En la figura que se encuentra a continuación se muestra brevemente el procedimiento. Este laboratorio se encuentra en el anexo 1 “GUÍAS DE LABORATORIO COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO”

1. Identifique los valores de tensión de circuito abierto y de corriente de cortocircuito de la célula fotovoltaica. Se encuentran en la parte posterior de la célula.

$U_{oc}$	
$I_{sc}$	

2. Coloque la célula fotovoltaica en una superficie plana, y verticalmente a 40 cm coloque la fuente de luz. Encienda la fuente de luz y mida la tensión de circuito abierto  $U_{oc(G)}$  y de corriente de cortocircuito  $I_{sc(G)}$  de la célula fotovoltaica.



$U_{oc(G)}$	
$I_{sc(G)}$	

Figura 63: Pasos 1 y 2 de la guía práctica de laboratorio 2.

En la figura 63 se encuentran los pasos 1 y 2, en el paso número 1 los estudiantes deben identificar los parámetros característicos de la célula en condiciones CEM y apuntarlos en la guía de laboratorio. En el paso número 2 deben medir la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito de la célula cuando la fuente de luz está a 40cm de la célula. Después de realizar dichas mediciones deben conectar un potenciómetro a la célula fotovoltaica y medir la tensión y la corriente que circula por el potenciómetro, anotar los valores y variar gradualmente la resistencia y volver a medir para obtener las curvas. Se repiten estos pasos para diferentes distancias.

Para profundizar más diríjase al anexo 1 donde encontrará las guías de laboratorio.

## VIDEO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 2

Se diseñó un video en el que se explica cómo realizar las mediciones y las gráficas del laboratorio número 2. Se utilizaron las instalaciones y los equipos de la Universidad de Pamplona. El video se encuentra en la plataforma Youtube y se adjuntó a la plataforma Moodle en la carpeta correspondiente al laboratorio 2 dentro de la UNIDAD 3.

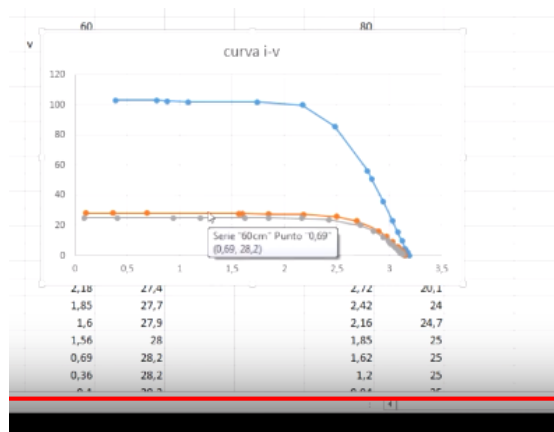


Figura 64: Captura del video del laboratorio 2.

En la figura 64 se encuentra una captura de pantalla del video correspondiente al laboratorio 2, en el que se observan las curvas características I-V para 3 distancias entre la fuente de luz y la célula fotovoltaica, a 40 cm, 60 cm y 80cm. Al alejar la fuente de luz disminuye la irradiancia y por lo tanto la corriente que genera la célula disminuye drásticamente.

Para observar el contenido completo del video diríjase al anexo 3 o al siguiente enlace: [https://www.youtube.com/channel/UCygHW\\_3b2aNPHHkOt7hdoxA?view\\_as=subscriber](https://www.youtube.com/channel/UCygHW_3b2aNPHHkOt7hdoxA?view_as=subscriber)

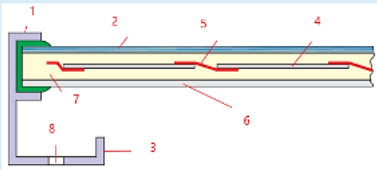
## MODULO FOTOVOLTAICO, CONSTITUCIÓN

En este tema se incluyó un video publicado por el Centro de Capacitación Eléctrica y Energías Alternas (CCEEA) titulado “Partes de un panel fotovoltaico” en el que por medio de una animación se observa el despiece de un módulo fotovoltaico y el nombre de cada una de sus partes con una breve descripción. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://youtu.be/hXoTDZGNPKw>

## QUIZ Constitución del módulo fotovoltaico

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Constitución del módulo fotovoltaico. El quiz está compuesto por 6 preguntas en las que se encuentran tres tipos de pregunta, selección múltiple, escribir la palabra correcta, y arrastrar y soltar sobre el texto. Los estudiantes tendrán 1 intentos de presentar el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Ordene según lo aprendido, las partes del módulo fotovoltaico que aparece en la imagen.



1: Junta de estanqueidad ✓      5: Conexión eléctrica ✓  
2: Cubierta frontal ✓      6: Cubierta posterior ✓  
3: Marco ✓      7: Encapsulante ✓  
4: Célula ✓      8: Taladro de fijación ✓

Célula	Cubierta posterior	Marco	Cubierta frontal
Taladro de fijación	Junta de estanqueidad	Conexión eléctrica	Encapsulante

Figura 65: Pregunta del Quiz constitución del módulo fotovoltaico.

En la figura 65 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## PARÁMETROS DE LOS PANELES SOLARES

Para este tema se incluyó un video publicado por ExitaeRenovables titulado “Características eléctricas de paneles fotovoltaicos” en el cual se definen las principales características físicas y eléctricas de los módulos fotovoltaicos. El video se encuentra en el siguiente enlace: [https://www.youtube.com/watch?v=flU\\_8V76XA0&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=flU_8V76XA0&feature=youtu.be)

### QUIZ Parámetros de los paneles solares

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Parámetros de los paneles solares. El quiz está compuesto por 1 ejercicio. Los estudiantes tendrán 1 intentos de presentar el quiz en un tiempo de 15 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Ejercicio:  
Calcule la tensión, corriente y potencia proporciona un módulo fotovoltaico que tiene 102 células y están conectadas en 3 ramas en paralelo, cada una con 34 células en serie, cada célula proporciona 0,7 V y 3,5 A.

Tensión del módulo  $U_m =$   ✓  
Intensidad del Módulo  $I_m =$   ✓  
Potencia de una célula  $P_c =$   ✓  
Potencia del módulo  $P_m =$   ✓

Figura 66: Ejercicio del Quiz parámetros del panel solar.

En la figura 66 se muestra el ejercicio del Quiz, diseñado en una pregunta del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. Las respuestas correctas solo se han indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## CURVAS CARACTERÍSTICAS DE PANELES SOLARES

En este tema se incluyó un video publicado por la Universidad Politècnica de València titulado “Medición de la curva tensión intensidad de una placa solar fotovoltaica” en el que se realiza el montaje del laboratorio para medir la curva tensión-intensidad de una placa solar fotovoltaica, explicando cual es el objeto e intención de la medida y la forma en que se hace a nivel industrial, comparando resultados con los que se obtienen en laboratorio e indicando las diferencias más significativas. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=YIP1qFJa5tA>

### QUIZ Curvas características de módulos fotovoltaicos

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Curvas características de módulos fotovoltaicos. El quiz está compuesto por 5 preguntas en las que se encuentran dos tipos de preguntas, selección múltiple y arrastrar y soltar sobre el texto. Los estudiantes tendrán 1 intentos de presentar el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

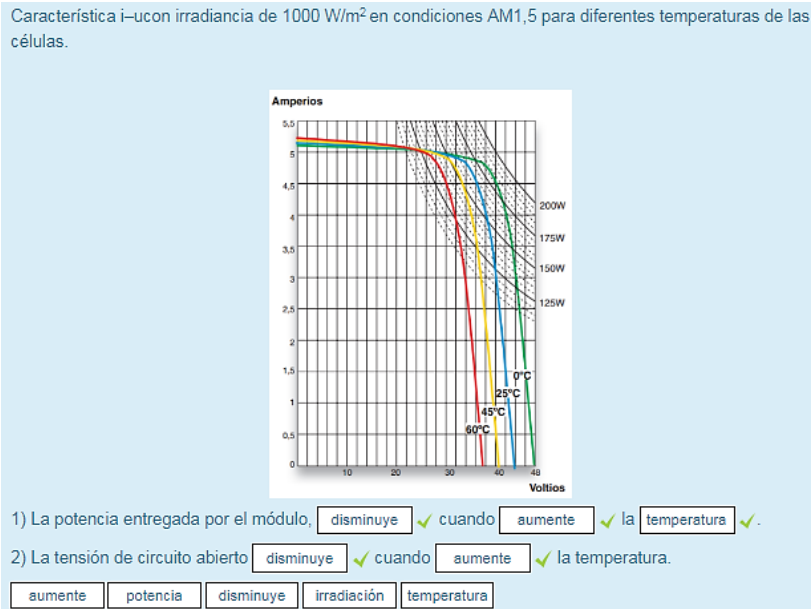


Figura 67: Pregunta del Quiz curvas características de módulos fotovoltaicos.

En la figura 67 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

### LABORATORIO 3: EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA CURVA I-V Y P-V DE UNA CÉLULA FOTOVOLTAICA

Este laboratorio se diseñó para que los estudiantes realicen las curvas I-V y P-V de una célula fotovoltaica a diferentes temperaturas. La primera curva se realizará a temperatura ambiente, posteriormente se realizarán las curvas variando la temperatura de la célula, primero a 50°C y después a 80°C, con el fin de observar y comparar como disminuye la potencia y la tensión cuando se aumenta la temperatura. Posteriormente deben calcular la potencia máxima y la eficiencia para las diferentes temperaturas. Para realizar este laboratorio se utilizaron los equipos e instalaciones de la Universidad de Pamplona. Este laboratorio se encuentra en el anexo 1 “GUÍAS DE LABORATORIO COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO”

4. Apague la fuente de luz, desconecte la célula y coloque la plancha cerca de la célula sin tocarla, caliente la célula hasta conseguir una temperatura de 50°C. Encienda la fuente de luz y mida la tensión de circuito abierto  $U_{oc(G)}$  y de corriente de cortocircuito  $I_{sc(G)}$  de la célula fotovoltaica.



T2

Figura 68: Procedimiento para calentar la célula fotovoltaica



En la figura 68 se describe el procedimiento para calentar la célula fotovoltaica con una plancha eléctrica, durante las mediciones de tensión y corriente se debe mantener la temperatura establecida para obtener los datos correctos.

Para profundizar más diríjase al anexo 1 donde encontrará las guías de laboratorio.

### VIDEO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 3

Se diseñó un video en el que se explica cómo calentar la célula y posteriormente realizar las mediciones y las gráficas del laboratorio número 3. Se utilizaron las instalaciones y los equipos de la Universidad de Pamplona. El video se encuentra en la plataforma Youtube y se adjuntó a la plataforma Moodle en la carpeta correspondiente al laboratorio 3 dentro de la UNIDAD 3.



Figura 69: Método para calentar la célula fotovoltaica.

La figura 69 es una captura de pantalla que se realizó del video de la práctica de laboratorio número 3, en la que se observa como calentar la célula fotovoltaica para el desarrollo del laboratorio.



Figura 70: Verificación de la temperatura.

En la figura 70 se observa una captura de pantalla del video en el momento en que se verifica la temperatura de la célula, procedimiento que se debe realizar constantemente y si se presentan variaciones de temperatura se debe conseguir la temperatura establecida y proceder con las mediciones.

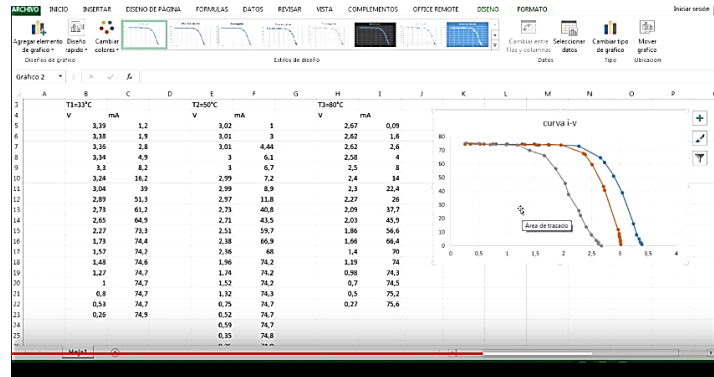


Figura 71: Curvas mostradas en el video a 33°C, 50°C y 80°C.

En la figura anterior se muestra la parte del video en la que se realizan las 3 curvas I-V a diferentes temperaturas, la curva azul se obtuvo con una temperatura de 33°C, la curva naranja a 50°C y la curva gris a 80°C. Se observa que disminuye la potencia y la tensión cuando se aumenta la temperatura.

Para observar el contenido completo del video diríjase al anexo 3 o al siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=yXb5xCyFAbw&t=50s>

## LABORATORIO 4: CONEXIÓN SERIE, PARALELO Y SERIE/PARALELO DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

Se diseñó un laboratorio en el que los estudiantes deben realizar los diferentes tipos de conexión de células fotovoltaicas y hallar las curvas I-V y P-V para cada tipo de conexión. Deben determinar mediante mediciones la tensión y la corriente que entrega la configuración para poder obtener la curva, posteriormente deben calcular la potencia máxima y la eficiencia del arreglo de células. Este laboratorio se encuentra en el anexo 1 "GUÍAS DE LABORATORIO COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO"

11. Conecte 4 células fotovoltaicas en serie/paralelo, como se muestra en la siguiente figura. Coloque las células en una superficie plana, y verticalmente a 50 cm coloque la fuente de luz. Encienda la fuente de luz e identifique los valores de tensión de circuito abierto y de corriente de cortocircuito de las células en serie/paralelo.

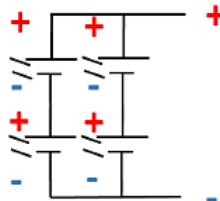


Figura 72: Diagrama de conexión serie/paralelo de la guía de laboratorio número 4.

En la figura 72 se muestra el diagrama de conexión diseñado para la guía de laboratorio número 4, en el que se conectan 4 células fotovoltaicas en serie/paralelo. También se encuentra el paso 11 donde especifica la

distancia de la fuente de luz. Para los 3 tipos de conexión se calcula la curva I-V con la fuente de luz a la misma distancia.

Para profundizar más dirijase al anexo 1 donde encontrará las guías de laboratorio.

## VIDEO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 4

Se diseñó un video en el que se explica cómo realizar los 3 tipos de conexión de 4 células fotovoltaicas y posteriormente realizar las mediciones y las gráficas del laboratorio número 4. Se utilizaron las instalaciones y los equipos de la Universidad de Pamplona. El video se encuentra en la plataforma Youtube y se adjuntó a la plataforma Moodle en la carpeta correspondiente al laboratorio 4 dentro de la UNIDAD 3.

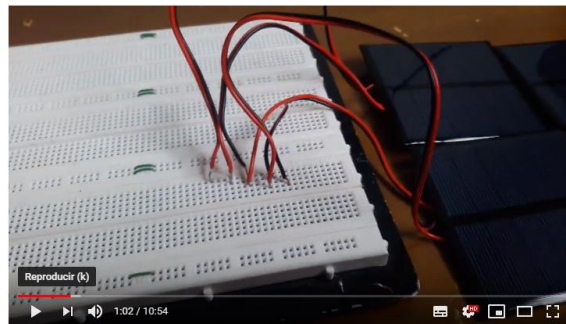


Figura 73: Captura del video del laboratorio 4, células conectadas en serie.

En la figura 73 se observa la conexión de 4 células en serie para el laboratorio número 4. Las células deben estar lo más cerca posible entre ellas para que las mediciones sean adecuadas.

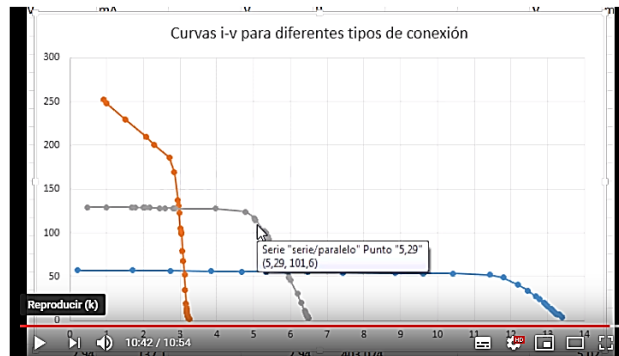


Figura 74: Curvas I-V obtenidas para los diferentes tipos de conexión.

La figura 74 corresponde a una captura de pantalla realizada al video en la parte en la que se comparan las curvas obtenidas para los 3 tipos de conexión. La curva de color azul representa la conexión serie, la curva de color naranja representa la conexión paralelo y la gris la conexión serie/paralelo de 4 células fotovoltaicas. Se aprecia las diferencias de tensión y corriente entre las curvas. Con la conexión serie se consigue mayor tensión ya que será la suma de las tensiones de las células pero menor corriente porque tendrá el valor de una célula, con la conexión paralelo se obtiene mayor corriente porque será la suma de las corrientes de las células pero

menor tensión porque será la tensión correspondiente a una célula, en la conexión serie/ paralelo se consigue una combinación de las formas de conexión anteriores, permitiendo tener un balance entre tensión y corriente.

Para observar el contenido completo del video dirijase al anexo 3 o al siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=xelsLkzF6M&t=5s>

## PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE UN GENERADOR FOTOVOLTAICO

En este tema se incluyó un video publicado por la universidad nacional de educación a distancia (UNED) titulado “Parámetros Eléctricos” en el que se describen los diferentes parámetros eléctricos, la curva característica I-V, y los parámetros del circuito equivalente, así como la influencia de la temperatura la forma de caracterizarlos. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://canal.uned.es/video/5a6f7913b1111f5d118b4574>

### QUIZ Parámetros eléctricos de un generador fotovoltaico

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Parámetros eléctricos de un generador fotovoltaico. El quiz está compuesto por 4 preguntas en las que se encuentran dos tipos de preguntas, selección múltiple y arrastrar y soltar sobre el texto. Los estudiantes tendrán 1 intento de presentar el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

¿ Cómo se pueden reducir las perdidas por dispersión ?

Seleccione una:

- a. Sobredimensionano el generador fotovoltaico.
- b. Utilizando módulos fotovoltaicos con tolerancias de producción iguales o inferiores a  $\pm 5\%$  ✓
- c. Utilizando módulos fotovoltaicos con texturización en la superficie de las células
- d. Utilizando módulos fotovoltaicos con tolerancias de producción iguales o inferiores a  $\pm 15\%$

Figura 75: Pregunta del Quiz parámetros eléctricos de un generador fotovoltaico.

En la figura 75 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo selección múltiple. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

## ORIENTACIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

Para este tema se incluyó un video publicado por el Centro de Estudios en Medio Ambiente y Energías Renovables (CEMAER) titulado “Aprendiendo a Orientar los Paneles Solares” en el que se explica la importancia de la orientación del módulo fotovoltaico y como debe estar orientado. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=90-qqzbVCCQ>

### QUIZ Orientación del módulo fotovoltaico

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Parámetros eléctricos de un generador fotovoltaico. El quiz está compuesto por 5 preguntas en las que se encuentran dos tipos de preguntas, selección múltiple y arrastrar y soltar sobre el texto. Los estudiantes tendrán 1 intento de presentar el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Calcule la inclinación óptima de un módulo fotovoltaico que se desea instalar cerca del edificio Simón Bolívar de la Universidad de Pamplona. utilice las siguientes cordenadas obtenidas en google maps. Latitud 7.384858, longitud -72.647820

$\beta_{opt} =$   ✓

Figura 76: Ejercicio del Quiz orientación del módulo fotovoltaico.

En la figura 76 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## RADIACIÓN SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA Y POTENCIA DEL GENERADOR

En este tema se incluyó un video publicado por la Universidad de Vigo (UVIGO) titulado “Orientación del módulo fotovoltaico” en el que se explica detalladamente las consecuencias de una mala ubicación del módulo fotovoltaico y como se instala correctamente. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=WS7JVxrgk7k>

### Quiz Radiación sobre una superficie inclinada y potencia del generador

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Radiación sobre una superficie inclinada y potencia del generador; está compuesto por 1 ejercicio, los estudiantes tendrán un intento de presentarlo en un tiempo de 30 minutos. Al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Calcule el valor mínimo de potencia de un generador fotovoltaico y la cantidad de módulos para un sistema aislado con inversor, batería y regulador que se desea instalar.

$G_a(\alpha) = 4 \text{ KWh/m}^2$   $\beta_{opt} = 8.795^\circ$   $\beta = 10^\circ$   $W_d = 3.896 \text{ Wh/día}$   
 $P_{módulo} = 150 \text{ W}$

$G_a(\beta_{opt}) =$   ✓  $\text{KWH/m}^2$        $P_{G \text{ min}} =$   ✓  $\text{W}$   
 $FI =$   ✓       $N_p =$   ✓  
 $G_{(\alpha, \beta)} =$   ✓  $\text{KWH/m}^2$        $N_p \approx$   ✓

Figura 77: Ejercicio del Quiz Radiación sobre una superficie inclinada y potencia del generador.

En la figura 77 se muestra el ejercicio del Quiz, se diseñó en un tipo de pregunta arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## LABORATORIO 5: INFLUENCIA DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE UN MÓDULO FOTOVOLTAICO

Se diseñó un laboratorio en el que los estudiantes deben calcular las curvas I-V y P-V para 3 grados de inclinación de un módulo fotovoltaico, a 0° a 30° y a 60°. También deben calcular la potencia máxima y la eficiencia del módulo para los 3 ángulos de inclinación. Para este laboratorio se debe utilizar el módulo de prácticas fotovoltaicas que se encuentra en la Universidad de Pamplona. Este laboratorio se encuentra en el anexo 1 "GUÍAS DE LABORATORIO COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO"

6. Con los datos obtenidos en el paso 4 construya en el computador la curva característica p-u.

7. Coloque el módulo fotovoltaico en una superficie inclinada 30°, y verticalmente a 35 cm coloque la fuente de luz.

Ubique la resistencia en la posición inicial. Encienda la fuente de luz y tome las mediciones de voltaje y corriente. A continuación varíe gradualmente la resistencia y vuelva a tomar las mediciones. Vuelva a variar la resistencia, realice este procedimiento hasta llenar la siguiente tabla.



V												
I												

Figura 78: Paso 7 del laboratorio número 6, inclinación del módulo a 30°

En la figura 78 se indica a los estudiantes la inclinación del módulo fotovoltaico y la distancia a la que se debe ubicar la fuente de luz, deben realizar la curva I-V y compararla con las curvas obtenidas en las inclinaciones 0° y 60°. Para profundizar más diríjase al anexo 1 donde encontrará las guías de laboratorio.

## VIDEO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 5

Se diseñó un video en el que se explica cómo realizar las mediciones y las gráficas del laboratorio número 5. Se utilizaron las instalaciones y los equipos de la Universidad de Pamplona. El video se encuentra en la plataforma Youtube y se adjuntó a la plataforma Moodle en la carpeta correspondiente al laboratorio 5 en la UNIDAD 3.



Figura 79: Captura del video para el laboratorio número 5.

La figura 77 corresponde a una captura de pantalla del video para este laboratorio en el momento en el que se da la indicación para orientar el módulo fotovoltaico a 30° en el módulo de prácticas fotovoltaicas de la Universidad de Pamplona.

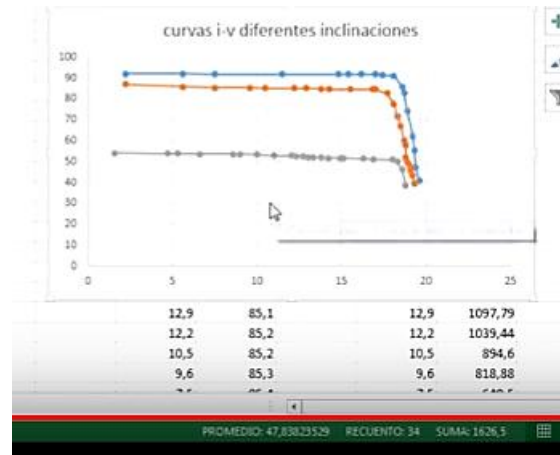


Figura 80: Curvas I-V que aparecen en el video para la práctica de laboratorio número 5.

La figura 80, tomada del video para la práctica de laboratorio número 5, muestra las curvas I-V para 3 ángulos de inclinación. La curva color azul representa un ángulo de inclinación de 0°, la curva color naranja representa un ángulo de inclinación de 30° y la curva gris a un ángulo de 60°. La diferencia de las curvas es causada porque al inclinar el módulo, este ya no es perpendicular a la fuente de luz lo que causa que la irradiancia disminuya afectando a la corriente generada por el módulo, por esta razón la curva que representa la inclinación a 60° tiene una corriente mejor respecto de las inclinaciones a 0° y 30°.

Para observar el contenido completo del video diríjase al anexo 3 o al siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=HWhWV1VklkQ>

## CONEXIÓN DE PANELES SOLARES

En este tema se incluyeron dos videos publicados por Auto Solar Energy Solutions SLU titulados “Conexión en paralelo y conexión en serie paneles solares” y “Conexión de paneles solares en serie-paralelo” en los que se muestra la forma en la que se realizan estos tipos de conexiones y las diferencias que hay entre las diferentes configuraciones para módulos fotovoltaicos. Los videos se encuentran en los siguientes enlaces respectivamente: <https://www.youtube.com/watch?v=5kaWvtlcDk> y [https://www.youtube.com/watch?v=44Kxi80\\_PKA](https://www.youtube.com/watch?v=44Kxi80_PKA)

## QUIZ Conexión de paneles solares

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Conexión de paneles solares. El quiz está compuesto por 3 preguntas en las que se encuentran dos tipos de preguntas, falso y verdadero y arrastrar y soltar sobre el texto. Los estudiantes tendrán 1 intento de presentar el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar el quiz obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Ejercicio:  
 Calcule los valores de  $U_G$  e  $I_G$  para los 3 tipos de conexión de módulos fotovoltaicos.  
 Cantidad de módulos = 12 tensión = 12 V corriente = 0.556 A  
 para la conexión serie/paralelo disponga dos ramas de 6 módulos en serie.

Conexión en serie	Conexión en paralelo	serie/paralelo
$U_G = 144 \text{ V}$ ✓	$U_G = 12 \text{ V}$ ✓	$U_G = 72 \text{ V}$ ✓
$I_G = 0,556 \text{ A}$ ✓	$I_G = 6,672 \text{ A}$ ✓	$I_G = 1,112 \text{ A}$ ✓

144 V 0,556 A 12 V 6,672 A 72 V 1,112 A 24 V 3,336 A

Figura 81: Ejercicio del Quiz conexión de paneles solares.

En la figura 81 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## LABORATORIO 6: IDENTIFICACIÓN DE VALORES NOMINALES Y CONEXIÓN SERIE, PARALELO Y SERIE/PARALELO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Se diseñó un laboratorio en el que los estudiantes deben realizar los diferentes tipos de conexión de Módulos fotovoltaicos y medir la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito para cada tipo de conexión. Este laboratorio se encuentra en el anexo 1 "GUÍAS DE LABORATORIO COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO"

7. Conecte los 4 módulos fotovoltaicos en serie/paralelo como se muestra en la siguiente figura.

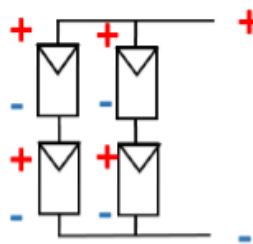


Figura 82: Diagrama de conexión en paralelo de la guía de laboratorio número 6.

En la figura 82 se muestra el diagrama de conexión diseñado para la guía de laboratorio número 6, en el que se conectan 4 módulos fotovoltaicos en paralelo. Para los 3 tipos de conexión se realizan las mediciones con la fuente de luz a la misma distancia.

Para profundizar más diríjase al anexo 1 donde encontrará las guías de laboratorio.



## VIDEO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 6

Se diseñó un video en el que se explica cómo realizar los 3 tipos de conexión de 4 módulos fotovoltaicos y posteriormente realizar las mediciones del laboratorio número 6. Se utilizaron las instalaciones y los equipos de la Universidad de Pamplona. El video se encuentra en la plataforma Youtube y se adjuntó a la plataforma Moodle en la carpeta correspondiente al laboratorio 6 dentro de la UNIDAD 3.



Figura 83: Captura del video del laboratorio 6, módulos conectados en paralelo.

En la figura 73 se observa la conexión de 4 módulos en paralelo para el laboratorio número 6. Para este tipo de conexión la tensión de circuito abierto es aproximadamente el valor de una célula, el cambio se presenta en la corriente de cortocircuito, la cual es el resultado de la suma de las corrientes de cortocircuito de los módulos conectados.

Para observar el contenido completo del video diríjase al anexo 3 o al siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=Fuga8eQQF6w>

## UNIDAD 4: ACUMULADORES SOLARES

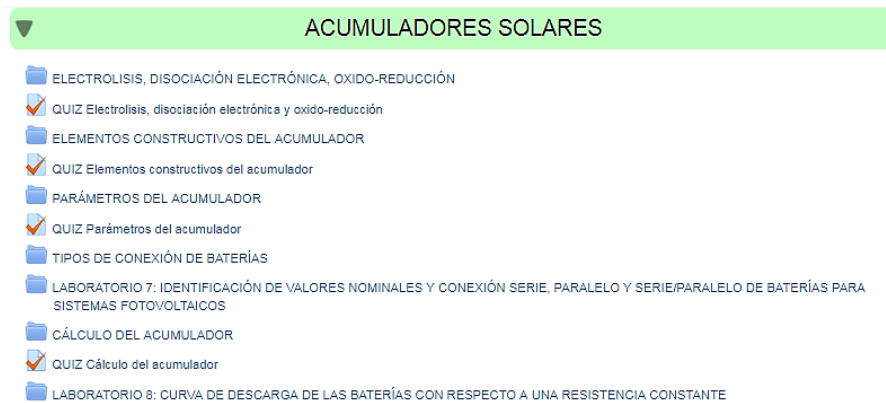


Figura 84: Contenido de la unidad 4: ACUMULADORES SOLARES.

En esta unidad se tratan los temas referentes a los acumuladores solares o también llamados baterías, se encuentra información sobre los procesos químicos que se producen en el interior de la batería y como a raíz de estos procesos las baterías almacenan energía. Esta unidad también está conformada por quices los cuales

les permiten a los estudiantes medir sus conocimientos y por guías de laboratorio que son de gran importancia para complementar la teoría a través de la práctica.

## ELECTROLISIS, DISOCIACIÓN ELECTRÓNICA, OXIDO-REDUCCIÓN

Para este tema se incluyó un video publicado por TuProfesorVirtual titulado “Reacciones de Oxidación y Reducción” en el que presenta las reacciones químicas con cambio en el estado de oxidación de dos o más elementos. El video se encuentra en el enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=i-V72MLJqQ>

### QUIZ Electrolisis, disociación electrónica y oxido-reducción

Se diseñó un quiz en el que se evalúan los temas Electrólisis, disociación electrónica y oído-reducción; está compuesto por 6 preguntas en las que se encuentran tres tipos de preguntas, falso y verdadero y arrastrar y soltar sobre el texto y selección múltiple. Los estudiantes tendrán un intento de presentar el quiz en un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Reducción: Es la sustancia que en una reacción de óxido-reducción  ✓ electrones  
 ✓ su número de oxidación.

Oxidación: Es la sustancia que en una reacción de óxido-reducción  ✓ electrones  
 ✓ su número de oxidación.

Figura 85: Pregunta del Quiz Electrólisis, disociación electrónica y oxido-reducción.

En la figura 84 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

## ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DEL ACUMULADOR

Para este tema se incluyó un video publicado por Engineerguy titulado “How a lead-acid battery Works” en el que se explican los principios esenciales de una batería de plomo-ácido, también se observa el interior de la batería. Muestra las placas de plomo y óxido de plomo y se habla de cómo generan una diferencia de potencial de 2 voltios cuando se colocan en ácido sulfúrico. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=rhIRD5YVNbs>

### QUIZ Elementos constructivos del acumulador

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema elementos constructivos del acumulador; está compuesto por 2 preguntas en las que se encuentran dos tipos de pregunta, de arrastrar y soltar el texto y de emparejamiento. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Relacione:

Son el resultado de introducir un material activo compuesto por peróxido de plomo y ácido sulfúrico en una rejilla de aleación de plomo	Placas Positivas
Permite mantener sellada la caja, impidiendo la salida del electrolito.	Tapa o cubierta
Punto de conexión que permite la salida de la energía acumulada en la batería o la entrada de ella cuando está descargada	Bornes
formados por Placas positivas, Placas Negativas y Separadores	Grupos
Su función principal es soportar y contener todos los componentes que permiten el proceso electroquímico de la Batería.	Caja o recipiente
Permiten evacuar los gases liberados en la reacción electroquímica	Tapones
Es uno de los elementos químicos que forma parte de la reacción electroquímica de la Batería. Está compuesto de ácido sulfúrico y agua destilada.	Electrolito
Son el resultado de introducir un material de pasta compuesto por plomo esponjoso y ácido sulfúrico en una rejilla de una aleación de plomo.	Placas Negativas

Figura 86: Pregunta del Quiz elementos constructivos del acumulador.

En la figura 86 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo relacione. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo. Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## PARÁMETROS DEL ACUMULADOR

En este tema se incluyó un video publicado por Cambio Energético titulado “Baterías solares” el cual se realiza un resumen de los diferentes tipos de baterías que se comercializan en el mercado solar y se habla sobre de sus características, ventajas e inconvenientes. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=sq58ZT1OnbQ>

## QUIZ Parámetros del acumulador

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema elementos constructivos del acumulador; está compuesto por 1 pregunta del tipo relacione. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Parámetros del acumulador.  
 Relacione:

Parámetro que expresa en porcentaje (%) la energía disponible de la batería en un momento dado.	Estado de carga (SOC)	↕	✓
a temperaturas bajas la capacidad de la batería disponible se reduce, y a temperaturas altas se puede dañar la batería	Efecto de la temperatura	↕	✓
Tiempo que tarda una batería en reducir su capacidad total a un 80%.	Vida útil	↕	✓
Tensión en circuito abierto	Tensión en bornes de la batería cuando la corriente es cero	↕	✓
Cantidad de corriente que puede suministrar durante una descarga en un tiempo especificado y para una tensión de corte.	Capacidad nominal	↕	✓
Impedancia interna	Es la resistencia que oponen los componentes internos de la batería	↕	✓
Este parámetro afecta considerablemente la capacidad de la batería	Estado de salud	↕	✓
Porcentaje de energía eléctrica que proporciona la batería con respecto a la empleada para cargarla.	Eficiencia energética	↕	✓
Es la diferencia de potencial que existe entre el polo positivo y negativo.	Tensión nominal	↕	✓
Tensión de carga	Tensión necesaria para superar la resistencia que opone una batería al ser cargada	↕	✓
Depth of Discharge (DOD)	Profundidad de descarga	↕	✓

Figura 87: Pregunta del Quiz parámetros del acumulador.

En la figura 87 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo relacione. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## TIPOS DE CONEXIÓN DE BATERÍAS

Para este tema se incluyó un video publicado por Auto Solar Energy Solutions SLU titulado “Conexión de baterías en paralelo: peligros y ventajas” en el que se explica cómo conectar dos baterías en paralelo y exponen los motivos por los que no aconsejan realizar este tipo de conexiones. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://youtu.be/5RE2Lgv9TUg>

## LABORATORIO 7: IDENTIFICACIÓN DE VALORES NOMINALES Y CONEXIÓN SERIE, PARALELO Y SERIE/PARALELO DE BATERÍAS PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Se diseñó un laboratorio en el que los estudiantes deben realizar los diferentes tipos de conexión de baterías, calcular la tensión y la capacidad de la conexión, posteriormente medir la tensión en los bornes. Este laboratorio se encuentra en el anexo 1 “GUÍAS DE LABORATORIO COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO”

2. Calcule la tensión y capacidad de 4 baterías conectadas en serie. Posteriormente conecte las 4 baterías en serie y mida la tensión en los bornes de salida. Compare los datos calculados con los valores medidos.

Tensión calculada	
Capacidad calculada	
Tensión medida	

Figura 88: Paso 2 de la práctica de laboratorio número 7

En la figura 88 se le indica al estudiante que debe calcular la tensión y la capacidad que tendrá la conexión serie de 4 baterías, luego debe realizar dicha conexión y medir la tensión en los bornes.

Para profundizar más diríjase al anexo 1 donde encontrará las guías de laboratorio.

## VIDEO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 7

Se diseñó un video en el que se explica cómo realizar los 3 tipos de conexión para 4 baterías y posteriormente realizar las mediciones del laboratorio número 7. Se utilizaron las instalaciones y los equipos de la Universidad de Pamplona. El video se encuentra en la plataforma Youtube y se adjuntó a la plataforma Moodle en la carpeta correspondiente al laboratorio 7 dentro de la UNIDAD 4.



Figura 89: Captura del video, práctica número 7

La figura 89 corresponde a la captura de pantalla del video diseñado para el laboratorio número 7, en el momento de la captura se está indicando como realizar la conexión de 4 baterías en paralelo. Al realizar la medición se comprobó que la tensión no aumenta para este tipo de conexión, los cambios se encuentran en la capacidad que entrega este tipo de conexión, siendo la suma de la capacidad de las baterías.

Para observar el contenido completo del video dirijase al anexo 3 o al siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=LOxrN8Th0yw&t=158s>

## CÁLCULO DEL ACUMULADOR

En este tema se incluyó un video publicado por Proyectos Led titulado “Cálculo de la batería” en el que se observa cómo realizar el cálculo para un banco de baterías. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://youtu.be/4i10GBOUHqk>

## QUIZ Cálculo del acumulador

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Cálculo del acumulador; está compuesto por 2 preguntas y un ejercicio. Las preguntas que se encuentran son de dos tipos, de preguntas, falso y verdadero y arrastrar y soltar sobre el texto. Los estudiantes tendrán un intento en un tiempo de 20 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Calcule la batería que se debe utilizar para alimentar las siguientes cargas de una vivienda durante 2 días.  
 Voltaje de la batería=12V

solución:

Cálculo de los Wh/día

Iluminación=  ✓ Wh/día  
 Televisor=  ✓ Wh/día  
 Computador=  ✓ Wh/día

Total de Wh/día=  ✓ Wh/día

Consumos	Cantidad	Potencia	h/día
Iluminación	6	11w	6
Televisor	1	80w	4
Computador	2	25w	2

Cn=  ✓ Ah

Conclusión:  
 Se necesita una una batería  ✓ para alimentar la vivienda por 2 días.

Figura 90: Ejercicio del Quiz cálculo del acumulador.

En la figura 90 se muestra el ejercicio del Quiz, se realizó del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

## LABORATORIO 8: CURVA DE DESCARGA DE LAS BATERÍAS CON RESPECTO A UNA RESISTENCIA CONSTANTE

Se diseñó un laboratorio en el que los estudiantes deben realizar la curva de descarga de baterías para conexión en serie y en paralelo, utilizando dos baterías para cada tipo de conexión. Después de realizar la conexión se conecta a las baterías una resistencia constante y se miden los valores de tensión y corriente cada 5 minutos hasta descargar las baterías, los valores medidos se apuntan en una tabla para posteriormente obtener la curva como se describe en el video. Este laboratorio se encuentra en el anexo 1 “GUÍAS DE LABORATORIO COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO”

### 4. Procedimiento

1. Realice la conexión de 2 baterías en serie, en la salida de las baterías conecte una o varias resistencias con un valor máximo de 6 ohms. Conecte un amperímetro en serie y un voltímetro en paralelo con el potenciómetro. Como se observa en la siguiente figura.

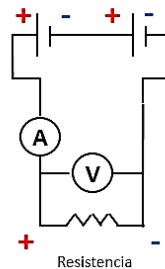


Figura 91: Paso 1, Conexión de baterías en serie y una resistencia.

En la figura 91 se encuentra el esquema de conexión para realizar las mediciones correspondientes al paso 1, con el fin de realizar la curva de descarga para dos baterías conectadas en serie con respecto a una resistencia constante.

Para profundizar más diríjase al anexo 1 donde encontrará las guías de laboratorio.

## VIDEO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 8

Se diseñó un video en el que se explica cómo realizar la conexión de las resistencias, baterías y equipos de medición. Se explican las precauciones que se deben tener en cuenta al realizar el laboratorio número 8. Al final del video se realiza la demostración de cómo obtener las curvas de descarga respecto a una resistencia constante. Para la realización de este video se utilizaron las instalaciones y los equipos de la Universidad de Pamplona. El video se encuentra en la plataforma Youtube y se adjuntó a la plataforma Moodle en la carpeta correspondiente al laboratorio 8 dentro de la UNIDAD 4.



Figura 92: Captura de pantalla del video diseñado para el laboratorio 8.

La figura 92 corresponde a una captura de pantalla donde se muestra la conexión de dos baterías en serie con 4 resistencias en paralelo, además están conectados los multímetros para realizar la medición de tensión y corriente cada 5 minutos.

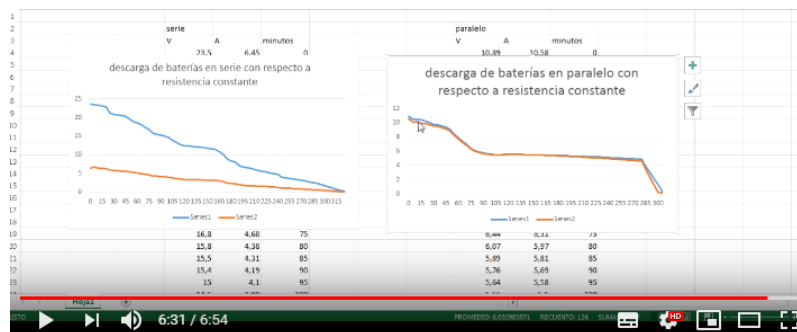


Figura 93: Captura de pantalla del video diseñado para el laboratorio 8

En la figura 93 se encuentran dos gráficas, a la izquierda se encuentran las curvas obtenidas para la conexión de dos baterías en serie y a derecha las curvas para la conexión de dos baterías en paralelo. La tensión está representada por el color azul y la corriente por el color naranja. Ambas graficas se encuentran en función del tiempo y se observa una gran diferencia, la curva de descarga de conexión en paralelo se mantiene a tensión y corriente casi constante durante un largo tiempo debido a que una de las baterías disminuyó su carga primero,

la tensión y corriente de la batería que tiene un poco más de carga se debe distribuir entre la resistencia y la batería con menor carga.

Para observar el contenido completo del video dirjase al anexo 3 o al siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=OZ53AbVIT1Y>

## UNIDAD 5: REGULADORES DE CARGA



Figura 94: Contenido de la unidad 5 del curso.

Esta unidad aborda el concepto y el funcionamiento del regulador de carga, en la que se explica el funcionamiento y los tipos de reguladores que existen actualmente. El dimensionamiento del regulador es una parte importante y por eso se incluye este tema en la unidad y se realiza un ejemplo. El regulador es un elemento fundamental de los sistemas fotovoltaicos autónomos y se deben tener precauciones en el momento de la conexión, en esta unidad hay un tema que describe los pasos a seguir en la conexión del regulador. El estudiante puede medir y unificar sus conocimientos realizando los quices y laboratorios dispuestos para los temas incluidos en el bloque.

### CONCEPTO Y FUNCIONES

Para este tema se incluyó un video publicado por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) titulado "Regulador FV" en el que se explican los diferentes tipos de reguladores, y como los utilizamos fundamentalmente para impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez que ha alcanzado su carga máxima. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://canal.uned.es/video/5a6f7917b1111f5d118b4592>

### QUIZ Concepto y funciones del regulador

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema concepto y funciones del regulador; está compuesto por 6 preguntas en las que se encuentran dos tipos de pregunta, de arrastrar y soltar el texto y de falso y verdadero. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.



Permitir las descargas profundas en la batería para optimizar la entrega de energía.

Seleccione una:

Verdadero

Falso ✓

Figura 95: Pregunta del Quiz concepto y funciones del regulador.

En la figura 95 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo falso y verdadero. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

## REGULACIÓN DE CARGA DE LA BATERÍA

En este tema se incluyó un video publicado por FP Eficiencia Energética y Energía Solar Térmica titulado “Cómo funciona un regulador fotovoltaico” en el que se explica cómo trabaja un regulador solar fotovoltaico, equilibrando producción de los paneles fotovoltaicos, proceso de carga y descarga de baterías de acumulación y consumo eléctrico por parte del usuario. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://youtu.be/QZhoXOch8Uw>

## QUIZ Regulación de carga de las baterías

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Regulación de carga de las baterías; está compuesto por 6 preguntas en las que se encuentran dos tipos de pregunta, de arrastrar y soltar el texto y de falso y verdadero. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

¿ En que etapa de regulación el regulador se encarga de mantener la tensión de la batería constante mientras se realiza la última fase de carga de las baterías ?

En la etapa:  ✓

Figura 96: Pregunta del Quiz regulación de carga de las baterías.

En la figura 96 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

## FUNCIONAMIENTO Y TIPOS DE REGULADORES

En este tema se incluyó un video publicado por Modelek Electricidad llamado “Reguladores Fotovoltaicos” en el que se explica el funcionamiento del regulador y como trabaja la modulación por ancho de pulsos PWM en el regulador. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://youtu.be/VkdsyoEIXgq>

## QUIZ Funcionamiento y tipo de reguladores

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema funcionamiento y tipos de reguladores; está compuesto por 5 preguntas en las que se encuentran varios tipos de pregunta, de arrastrar y soltar el texto y de falso y verdadero, relacione. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

En la etapa de flotación, esta técnica permite que el regulador varíe de forma gradual la corriente de carga de la batería.

Regulación PWM ✓

Regulación todo-nada

Figura 97: Pregunta del Quiz funcionamiento y tipo de reguladores.

En la figura 97 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo falso y verdadero. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## DIMENSIONAMIENTO DEL REGULADOR

En este tema se incluyó un video publicado por Antonio Ospino titulado “Cálculo y selección de reguladores solares con base en el arreglo de paneles” en el que se realiza el dimensionamiento del regulador para distintos casos. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://youtu.be/xRzf32mgiqq>

## QUIZ Dimensionamiento del regulador

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema dimensionamiento del regulador; está compuesto por 1 ejercicio. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 20 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Seleccione el regulador apropiado para un sistema fotovoltaico con tensión nominal de 24 V, el generador fotovoltaico está conformado por 4 módulos conectados en paralelo.

$P_{m\acute{a}x} = 200 \text{ W}$        $U_{mpp} = 34 \text{ V}$   
 $U_{oc} = 42 \text{ V}$        $I_{mpp} = 4,2 \text{ A}$   
 $I_{sc} = 5 \text{ A}$        $\beta = -0,34\%/^{\circ}\text{C}$

Solución:

Tensión de circuito abierto de un módulo a la temperatura más desfavorable ( $-10^{\circ}\text{C}$ )

$\beta = -0,1428 \text{ V}^{\circ}\text{C}$  ✓

$U_{oc(-10^{\circ}\text{C})} = 46,998 \text{ V}$  ✓

$I_{Gsc} = 20 \text{ A}$  ✓

$U_{Goc} = 42 \text{ V}$  ✓

$I_R = 25 \text{ A}$  ✓

El regulador que se debe usar es el PR 3030 ✓.

PR 2020      PR 1010      PR 1515

Figura 98: Ejercicio del Quiz dimensionamiento del regulador.

En la figura 97 se muestra el ejercicio del Quiz. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

## CONEXIÓN DEL REGULADOR

Para este tema se incluyó un video publicado por Auto Solar Energy Solutions SLU titulado “Regulador de carga 60A PWM Must Solar 12/24V” en el que se explica cómo configurar este regulador y como se debe conectar correctamente. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://youtu.be/XvwMcoiUpEc>

### QUIZ Conexión del regulador

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema conexión del regulador; está compuesto por 6 preguntas de tipo falso y verdadero, relacione. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Siempre debe conectarse primero el generador al regulador.

Seleccione una:

Verdadero

Falso ✓

Figura 99: Pregunta del Quiz conexión del regulador.

En la figura 97 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo falso y verdadero. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

## LABORATORIO 9: PARÁMETROS, FUNCIONAMIENTO Y CONFIGURACIÓN DEL REGULADOR DE CARGA

Se diseñó un laboratorio en el que los estudiantes deben configurar el regulador de carga y conectarlo a las baterías a utilizar y a un módulo fotovoltaico. Como circuito de utilización se debe conectar una resistencia variable, posterior a esto se procede a medir tensión y corriente en el módulo, en la carga y en las baterías mientras se varía el valor de la resistencia. Los estudiantes deben analizar el comportamiento del regulador y realizar conclusiones. Para realizar este laboratorio se debe utilizar el módulo de prácticas fotovoltaicas de la Universidad de Pamplona. Este laboratorio se encuentra en el anexo 1 “GUÍAS DE LABORATORIO COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO”

7. Con ayuda del osciloscopio mida tensión y corriente en las baterías para varios valores de resistencia.

V batería 1	
I batería 1	
V batería 2	
I batería 2	
V batería 3	
I batería 3	
V batería 4	
I batería 4	
V batería 5	
I batería 5	

Figura 100: Paso número 7 del laboratorio 9.

En el paso 7 ilustrado en la figura 100 los estudiantes deben analizar el comportamiento del regulador y observar cuando el regulador está cargando las baterías y cuando está extrayendo corriente de ellas.

Para profundizar más dirijase al anexo 1 donde encontrará las guías de laboratorio.

## VIDEO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 9

Se diseñó un video en el que se explica cómo realizar la configuración y conexión del regulador de carga para trabajar con dos baterías de 12 voltios tipo gel y un módulo fotovoltaico. Se realizan las mediciones descritas en la guía de laboratorio número 9 las cuales son medir tensión y corriente en el módulo fotovoltaico, en la carga y en las baterías, variando la resistencia de la carga. Se observa el momento en el que el regulador deja de cargar las baterías para extraer corriente de ellas. Para la realización de este video se utilizaron las instalaciones y los equipos de la Universidad de Pamplona. El video se encuentra en la plataforma Youtube y se adjuntó a la plataforma Moodle en la carpeta correspondiente al laboratorio 9 dentro de la UNIDAD 5.



Figura 101: Captura del video diseñado para el laboratorio 9.

La figura 101 corresponde a una captura de pantalla hecha del video que se diseñó para mostrar el procedimiento del laboratorio número 9, en el momento de la captura se está midiendo la corriente que circula entre el regulador y la batería, al momento de disminuir la resistencia el regulador deja de cargar las baterías y empieza a extraer corriente de estas.

Para observar el contenido completo del video dirijase al anexo 3 o al siguiente enlace: [https://youtu.be/OwyUZEH\\_Idx](https://youtu.be/OwyUZEH_Idx)

## UNIDAD 6: INVERSORES



Figura 102: Contenido de la unidad 6: inversores.

En esta unidad se encuentran los temas necesarios para comprender que es un inversor, como funciona y cuáles son los tipos de inversores, se complementa con un tema dedicado al dimensionamiento del inversor. En esta unidad se incluyen quices con los que los estudiantes podrán medir sus conocimientos acerca de los inversores y una práctica de laboratorio con el fin de unificar el conocimiento con la práctica.

## CONCEPTUALIZACIÓN Y FUNCIONES

Para este tema se incluyó un video publicado por Auto Solar Energy Solutions SLU titulado “Inversor Conexión Red SMA Sunny Boy AV-40” en el que explican el funcionamiento y las características que debe tener un inversor conectado a la red y como debe conectarse correctamente. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://youtu.be/oFnKznHWnls>

### QUIZ Conceptualización y funciones del inversor

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Conceptualización y funciones; está compuesto por 5 preguntas en las que se encuentran varios tipos de pregunta, opción múltiple, de arrastrar y soltar el texto y de falso y verdadero, relacione. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Para un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica el inversor se conecta entre el regulador y la red eléctrica.

Seleccione una:

Verdadero

Falso ✓

Figura 103: Pregunta del Quiz conceptualización y funciones.

En la figura 103 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo falso y verdadero. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## TIPOS DE INVERSORES

En este tema se incluyó un video publicado por Sunlit Future titulado “Micro Inverters VS. Power Optimizers VS. String Inverters” en el que por medio de una animación explican la diferencia entre los diferentes tipos de inversores. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://youtu.be/Vkszib57M0g>

### QUIZ Tipos de inversores

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Tipos de inversores; está compuesto por 5 preguntas en las que se encuentran varios tipos de pregunta, de relacionar y de opción múltiple. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 15 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Relacione:

Permite conectar varias ramas de módulos y tienen una única etapa inversora.

Este tipo de inversor es usado en instalaciones que demandan mucha potencia, entre 10 kW y 1MW.

Toda la instalación se hace en corriente alterna.

El inversor tiene en su entrada una sola rama.

Figura 104: Pregunta del Quiz tipos de inversores.

En la figura 104 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo relacionar. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Para este tema se incluyó un video publicado por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) titulado "Inversor FV" en el que se observan las partes fundamentales de los inversores, sus principales parámetros, así como sus diferentes tipos y su utilización dentro de las instalaciones fotovoltaicas. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://canal.uned.es/video/5a6f7918b1111f5d118b4597>

## QUIZ Principio de funcionamiento del inversor

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Principio de funcionamiento del inversor; está compuesto por 5 preguntas en las que se encuentran varios tipos de pregunta, de opción múltiple, de arrastrar y soltar el texto y de falso y verdadero, relacione. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

La siguiente figura corresponde al diagrama de bloques de un inversor básico.

Para que la polaridad de la tensión de salida del inversor sea positiva, durante un semiperiodo se deben cerrar  C ✓ y  B ✓ permaneciendo  A ✓ y  D ✓ abiertos.

Para que la polaridad de la tensión de salida del inversor sea negativa, en el semiperiodo siguiente se deben cerrar los interruptores  A ✓ y  D ✓ permaneciendo  C ✓ y  B ✓ abiertos.

D  A  B  C

Figura 105: Pregunta del Quiz principio de funcionamiento del inversor.

En la figura 104 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

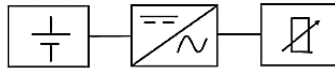
## DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR

En este tema se incluyó un video publicado por Antonio Ospino titulado “Cálculo y selección inversores on grid en generación fotovoltaica inyección a red” en el que se dimensiona el inversor para un sistema fotovoltaico conectado a la red. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://youtu.be/EHF5KLBwTik>

## LABORATORIO 10: PARÁMETROS Y FUNCIONAMIENTO DEL INVERSOR

Se diseñó un laboratorio en el que los estudiantes deben realizar la conexión del inversor con las baterías para posteriormente analizar la onda de salida del inversor, medir la tensión y el contenido armónico de la onda de voltaje. Posteriormente se debe realizar el mismo análisis pero conectando una carga no lineal. Para realizar este laboratorio se debe utilizar el módulo de prácticas fotovoltaicas de la Universidad de Pamplona. Este laboratorio se encuentra en el anexo 1 “GUÍAS DE LABORATORIO COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

2. Conecte el inversor a las baterías, posteriormente conecte una resistencia que hará de circuito de utilización. Como lo muestra el siguiente diagrama de bloques.



3. Con ayuda del osciloscopio observe la forma de onda a la salida del inversor.
4. Mida el contenido armónico de la tensión y captúrelo.
5. Conecte una resistencia y compare el contenido armónico de la tensión y de la corriente.
6. Conecte una carga no lineal, capture el contenido armónico y compárelo con el de la resistencia.
7. Analice los resultados y realice conclusiones.

Figura 106: Pasos 2-7 del laboratorio 10

En los pasos para la guía de laboratorio 10 que aparecen en la figura 106 los estudiantes deben analizar la forma de onda que entrega el inversor, medir tensión y capturar el contenido armónico para cargas lineales y no lineales.

Para profundizar más dirijase al anexo 1 donde encontrará las guías de laboratorio.

## VIDEO DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO NÚMERO 10

Se diseñó un video en el que los estudiantes que accedan al curso puedan observar cómo se deben realizar las conexiones para este laboratorio y a su vez como se deben realizar las mediciones correctamente. Para la realización de este video se utilizaron las instalaciones y los equipos de la Universidad de Pamplona. El video se encuentra en la plataforma Youtube y se adjuntó a la plataforma Moodle en la carpeta correspondiente al laboratorio 10 dentro de la UNIDAD 6.

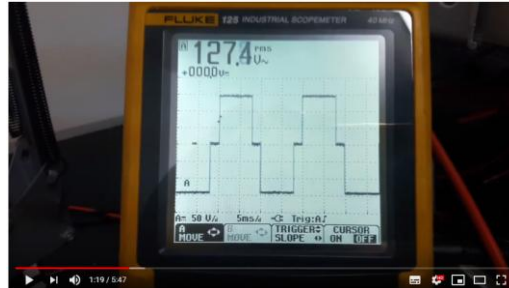


Figura 107: Captura del video. Forma de onda de la tensión.

La figura 107 corresponde a una captura de pantalla del video diseñado para este laboratorio. Se observa que el tipo onda que entrega el inversor es una onda cuadrada a una tensión de 127,4 V.

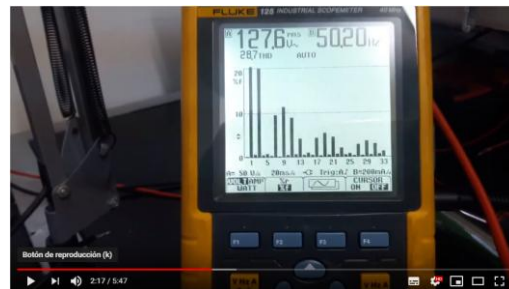


Figura 108: Captura del video. Contenido armónico de la tensión sin carga.

En la figura 108 se observa el alto contenido armónico del inversor sin carga, tiene un THD de 28.7% y entrega una frecuencia de 50Hz.

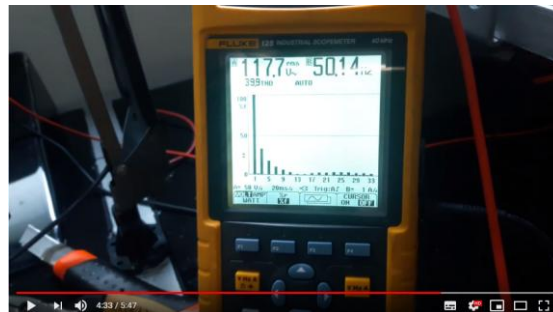


Figura 109: Captura del video. Contenido armónico de la tensión con un taladro conectado en la carga

En la figura 109 se observa que el THD aumentó a 39.9% cuando se conectó un taladro como carga, la tensión disminuyó a 117,7 V. Los efectos nocivos de la distorsión armónica total (THD) sobre las cargas o sobre la misma fuente se incrementan al aumentar el contenido armónico.



## UNIDAD 7: PROTECCIONES EN LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

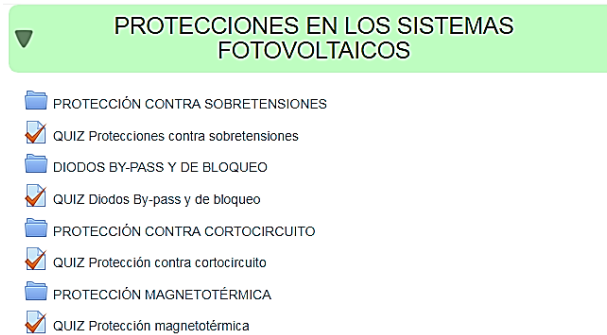


Figura 110: Contenido de la unidad 7.

En esta unidad se da una descripción y funcionamiento de los dispositivos que son utilizados para proteger los sistemas fotovoltaicos y se enuncia el tipo de fenómeno que protegen. Se incluye algunos dispositivos de protección que se encuentran en el mercado con la respectiva tabla de características. El estudiante puede medir sus conocimientos realizando los quices dispuestos para los temas incluidos en el bloque.

### PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

Para este tema se incluyó un video publicado por Cirprotec S.L titulado “Protección contra el rayo y las sobretensiones placas solares” en el que se explica cómo proteger contra el rayo y las sobretensiones un edificio de viviendas residencial. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://youtu.be/Q3kX-enZR7s>

### QUIZ Protecciones contra sobretensiones

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Protección contra sobretensiones; está compuesto por tres preguntas en las que se encuentran varios tipos de pregunta, de opción múltiple, de arrastrar y soltar el texto y de falso y verdadero. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

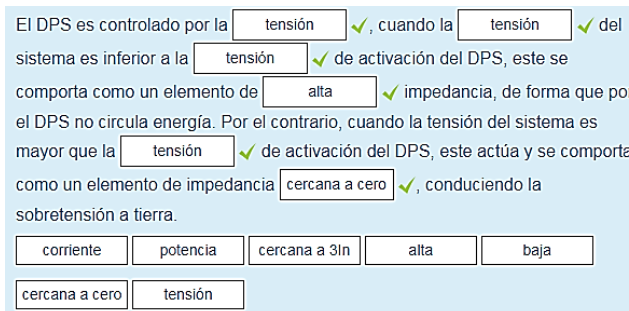


Figura 111: Pregunta del Quiz protecciones contra sobretensiones.

En la figura 111 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo. Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## DIODOS BY-PASS Y DE BLOQUEO

En este tema se incluyó un video publicado por la Universidad Politècnica de València UPV titulado “Diodos Bypass” en el que se explica cómo trabajan los diodos Bypass en un módulo fotovoltaico. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://youtu.be/soq05ywPspY>

### QUIZ Diodos By-pass y de bloqueo

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Diodos By-pass y de bloqueo; está compuesto por 4 preguntas en las que se encuentran varios tipos de pregunta, de opción múltiple y de arrastrar y soltar el texto, relacione. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

Cuando la  ✓ de los voltajes positivos de las células conectadas en serie con la célula sombreada supera el voltaje negativo de la célula sombreada en una cantidad  ✓ al voltaje de activación del diodo Bypass, entonces el  ✓ comienza a conducir, ofreciendo un camino alternativo para la  ✓, y evitando así que la célula sombreada resulte dañada.

diodo bypass	resta	diodo de bloqueo	tension
corriente	menor	igual	suma
potencia			

Figura 112: Pregunta del Quiz diodos By-pass y de bloqueo.

En la figura 112 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

## PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITO

Para este tema se incluyó un video publicado por Alcionemx titulado “Protecciones para sistemas fotovoltaicos” en el que se encuentra una charla en la que habla sobre el funcionamiento de los fusibles y como se deben dimensionar. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://youtu.be/rF2NXcl0ZGO>

### QUIZ Protección contra cortocircuito

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Protección contra cortocircuito; está compuesto por dos preguntas de opción múltiple. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

¿Cómo se dimensiona el fusible?

Seleccione una:

- a. Para dimensionar el fusible se utiliza el valor de la tensión de circuito abierto del generador en condiciones CEM, el calibre del fusible debe estar entre 2.5 y 3 veces dicha tensión.
- b. Para dimensionar el fusible se utiliza el valor de la corriente de cortocircuito del generador en condiciones CEM, el calibre del fusible debe estar entre 1.5 y 2 veces dicha corriente. ✓
- c. Para dimensionar el fusible se utiliza el valor de la tensión del generador en condiciones CEM, el calibre del fusible debe estar entre 1.5 y 2 veces dicha tensión.
- d. Para dimensionar el fusible se utiliza el valor de la corriente de cortocircuito del generador en condiciones CEM, el calibre del fusible debe estar entre 2.5 y 3 veces dicha corriente.

Figura 113: Pregunta del Quiz protección contra cortocircuito.

En la figura 113 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo selección múltiple. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

## PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA

En este tema se incluyó un video publicado por Schneider Electric titulado “Acti9 IDPN Vigi, a compact RCBO solution” en el que esta empresa presenta dicho interruptor magnetotérmico, mostrando mediante una animación los interruptores monopolares y bipolares y como se deben instalar. El video se encuentra en el siguiente enlace: [https://youtu.be/uX4uVZ\\_Vfko](https://youtu.be/uX4uVZ_Vfko)

## QUIZ Protección magnetotérmica

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Protección magnetotérmica; está compuesto por 4 preguntas de opción múltiple. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

¿ Qué es el efecto térmico ?

Seleccione una:

- a. Cuando la tensión que circula por el interruptor magnetotérmico sobrepasa el valor máximo para el que fue diseñado a causa de una sobrecarga, comienza a calentarse el bimetal. El calentamiento provoca que el bimetal se curve y abra el contacto impidiendo el paso de la tensión.
- b. Cuando la corriente que circula por el interruptor magnetotérmico sobrepasa el valor máximo para el que fue diseñado a causa de una sobrecarga, comienza a calentarse el bimetal. El calentamiento provoca que el bimetal se curve y abra el contacto impidiendo el paso de la corriente.
- c. Cuando la corriente que circula por el interruptor magnetotérmico supera el valor máximo para el que esta dimensionado, a causa de un cortocircuito, la bobina atrae el núcleo de manera instantánea, provocando la apertura del contacto e impidiendo el paso de corriente.
- d. Cuando la tensión que circula por el interruptor magnetotérmico supera el valor máximo para el que esta dimensionado, a causa de un cortocircuito, la bobina atrae el núcleo de manera instantánea, provocando la apertura del contacto e impidiendo el paso de corriente.

Figura 114: Pregunta del Quiz protección magnetotérmica.

En la figura 114 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices dirijase al anexo 4.

## UNIDAD 8: SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS

### ▼ SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTONOMOS

- DEFINICIÓN
- TIPOS, APLICACIONES Y CONFIGURACIÓN
- ✓ QUIZ Sistema fotovoltaico autónomo
- CONDUCTORES
- ✓ QUIZ Conductores

Figura 115: Contenido de la unidad 8

### DEFINICIÓN

Para este tema se incluyó un video publicado por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) titulado “Sistemas FV aislados-aplicaciones” en el que se habla sobre que es un sistema fotovoltaico y las aplicaciones en las que se utilizan. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://canal.uned.es/video/5a6f7918b1111f5d118b459c1>

### TIPOS, APLICACIONES Y CONFIGURACIÓN

En este tema se incluyó un video publicado por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) titulado “Dimensionamiento de Sistemas Fovoltaiicos aislados: Diseño, Bombeo e instalación y mantenimiento” en el que se observa en una animación los tipos de sistemas fotovoltaicos y su configuración para el tipo de aplicación. El video se encuentra en el siguiente enlace: <https://canal.uned.es/video/5a6f791bb1111f5d118b45ab>

### QUIZ Sistema fotovoltaico autónomo

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Sistema fotovoltaico autónomo; está compuesto por 5 preguntas en las que se encuentran varios tipos de pregunta, de falso y verdadero, opción múltiple y de arrastrar y soltar el texto, relacione. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 10 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

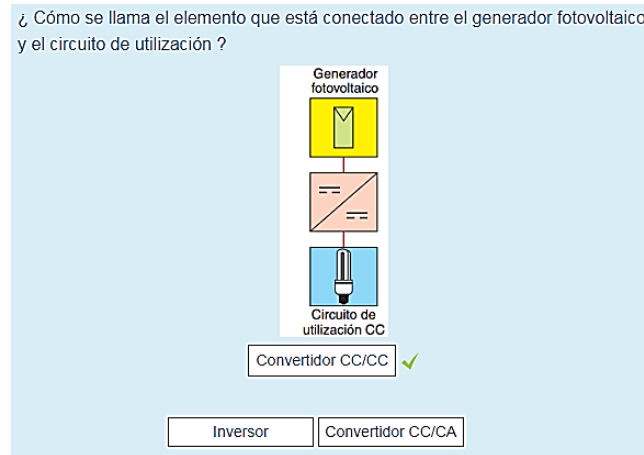


Figura 116: Pregunta del Quiz sistema fotovoltaico autónomo.

En la figura 116 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

## QUIZ Conductores

Se diseñó un quiz en el que se evalúa el tema Conductores; está compuesto por 4 preguntas en las que se encuentran varios tipos de pregunta, de falso y verdadero y de arrastrar y soltar el texto. Los estudiantes tendrán un intento para presentarlo con un tiempo de 15 minutos, al finalizar obtendrán la calificación automáticamente. A continuación se encuentra un ejemplo.

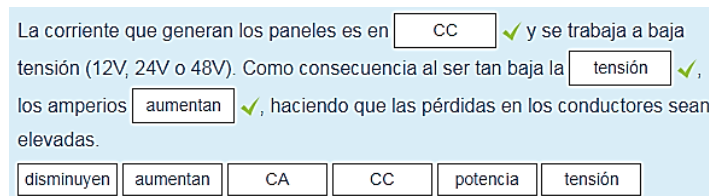


Figura 117: Pregunta del Quiz conductores.

En la figura 117 se muestra una de las preguntas del Quiz, la cual es del tipo arrastrar y soltar sobre el texto. La respuesta correcta solo se ha indicado para este ejemplo.

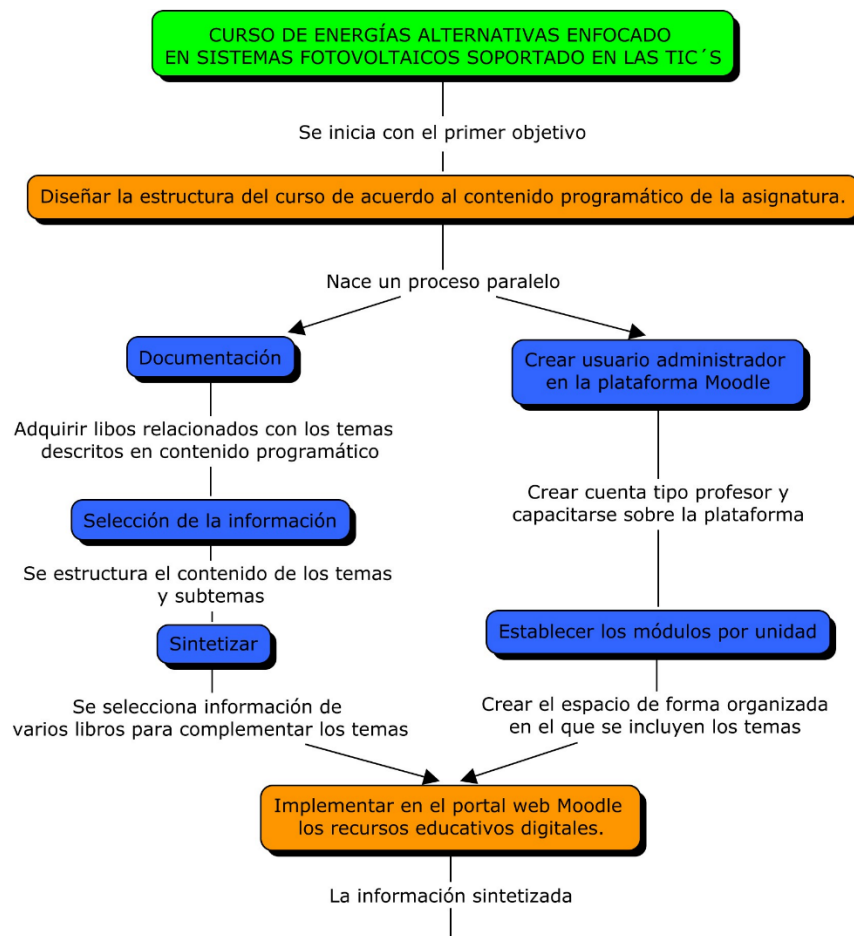
Para ver todos los quices diríjase al anexo 4.

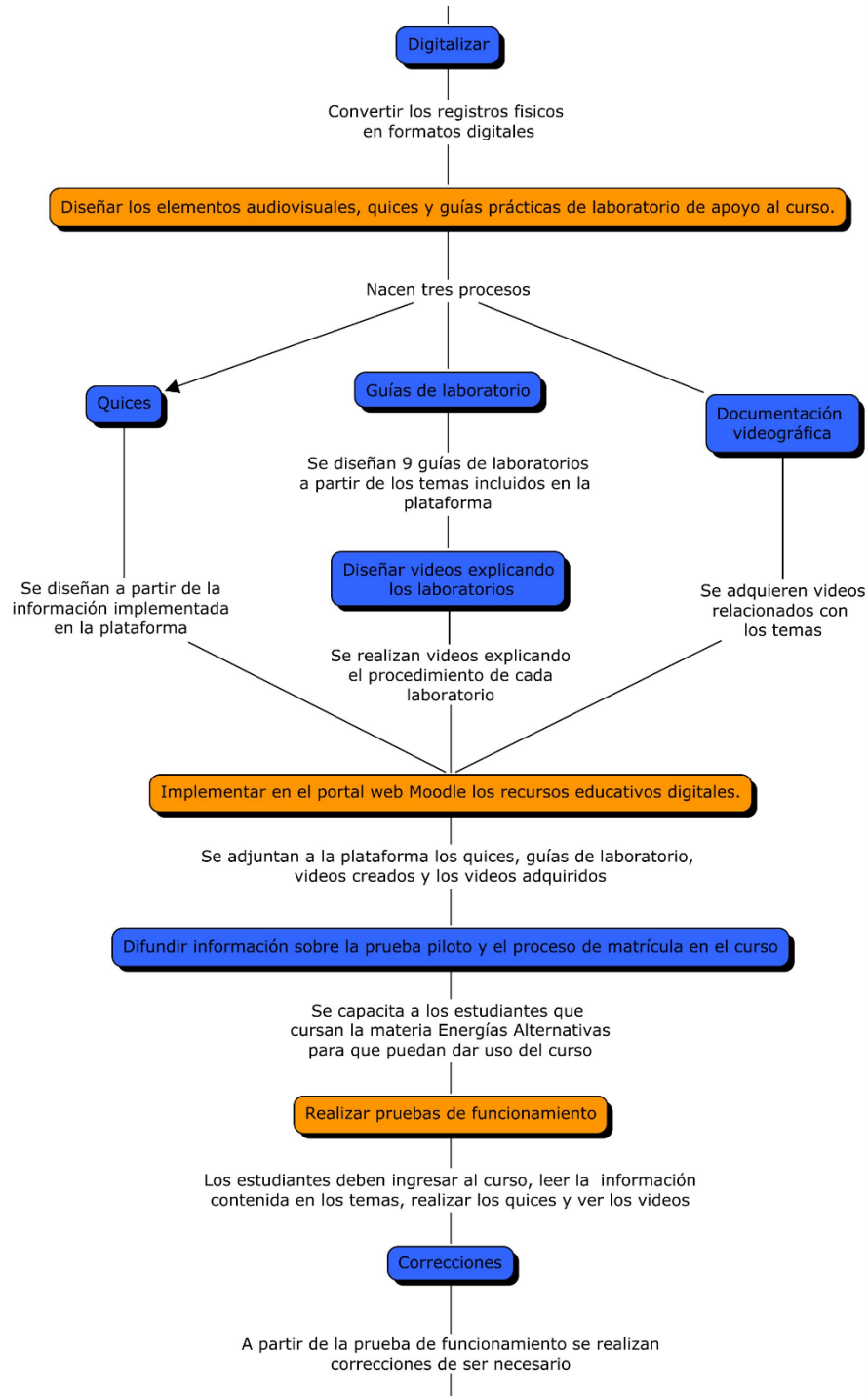
## CAPÍTULO 4

### Implementar en el portal web Moodle los recursos educativos digitales

La digitalización de los contenidos que conforman los temas se realizó en el transcurso del proceso de sintetización de la información. Para la digitalización se utilizaron diferentes programas debido a que el curso incluye, además de información, imágenes, tablas, gráficas y videos. Se utilizó el programa Word como editor de texto para la elaboración de documentos con la información que conforma los temas. Para la edición de imágenes y elaboración de figuras como se utilizó el programa Photoshop. Para la elaboración de tablas y gráficas se utilizó el programa Excel. Para la edición de video se utilizó el programa Vegas Pro.

En la figura que se encuentra a continuación se encuentra un mapa conceptual en el que se observa paso a paso como se desarrolló este curso. Los bloques de color verde significan el inicio y el final del procedimiento, los bloques color naranja corresponden a los objetivos del proyecto y representan acciones a realizar, los bloques color azul representan acciones a realizar.





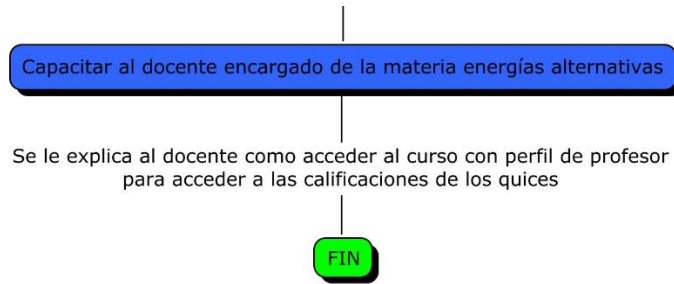


Figura 118: Mapa conceptual del proceso para la creación del curso.

En la figura 118 se presenta un mapa conceptual en el que se encuentran las actividades de mayor relevancia que se llevaron a cabo para la construcción del curso de energías alternativas enfocado en sistemas fotovoltaicos soportado e las TIC's.

A continuación se muestra a detalle el curso implementado en la plataforma Moodle.



Figura 119: Página principal de la Universidad de Pamplona

La figura 119 muestra la plataforma principal de la Universidad de Pamplona, en la que se encuentra el icono de Moodle el cual es el enlace para acceder a dicha plataforma.



Figura 120: Interfaz de selección del tipo de asignatura en la plataforma Moodle.

En la figura 20 el estudiante selecciona el tipo de asignatura a la cual va a ingresar.





Figura 121: Inicio de sesión de la plataforma.

En la figura 121 el estudiante debe introducir el usuario y la contraseña para acceder a la plataforma, en el caso de no estar registrado debe seguir el proceso para crear la cuenta en el enlace “Crear cuenta”.

La plataforma Moodle es utilizada por muchos programas de la Universidad de Pamplona, e incluye una gran cantidad de cursos. Cada persona que este implementando un curso tiene la posibilidad de configurar la interfaz del curso que se ajuste a las necesidades. Para la implementación de este curso se diseñó una interfaz conformada por un conjunto de 9 bloques (figura 122), de esta manera se consigue la mejor configuración para la organización de la información. Cada bloque representa una unidad y al expandirlo aparecen los temas contenidos por la unidad, como se observa en la figura 123. Después de crear los bloques se les da formato, con el fin de tener una interfaz agradable y organizada.



Figura 122: Interfaz principal del curso.

La figura 122 muestra las unidades que comprenden al curso, esta interfaz es la primera que encuentran los estudiantes al ingresar.

- ▶ CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL
- ▼ PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
  - INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, SISTEMAS AUTÓNOMOS Y CONECTADOS A LA RED
    - QUIZ Introducción a los sistemas fotovoltaicos
  - RELACIONES ASTRONÓMICAS
    - DECLINACIÓN SOLAR
    - COORDENADAS SOLARES
    - QUIZ Relaciones astronómicas, declinación solar y coordenadas solares
  - RADIACIÓN SOLAR
    - QUIZ Radiación solar
    - TIPOS DE RADIACIÓN
    - QUIZ Tipos de radiación
- ▶ EFECTO FOTOVOLTAICO Y PANELES SOLARES
- ▶ ACUMULADORES SOLARES

Figura 123: Bloque "Principios Básicos" expandido.

En la figura 123 se observan los temas que conforman el segundo bloque el cual corresponde a la unidad 2 del curso.

Figure 2.5.3: Masa de aire (AM) para diferentes ángulos cenitales.

Tomada de: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulo/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>

Cuando el sol está en su posición más alta, en un día sin nubes (figura 1.3), la masa del aire (AM) atravesada es mínima y vale 1 a nivel del mar. Se indica como AM 1. El valor AM 0 se utiliza para especificar las condiciones sobre una superficie normal al sol fuera de la atmósfera terrestre.

Se puede calcular la masa de aire con la expresión:

$$AM = \frac{1}{\sin \gamma_s} = \frac{1}{\cos \theta_0}$$

$\gamma_s$ : ángulo de elevación solar (grados)  
 $\theta_0$ : ángulo o distancia cenital

Cuando se especifica la potencia máxima de un módulo fotovoltaico en sus hojas de datos se indica para un valor de AM 1.5 que corresponde a un ángulo cenital de 48.2° (figura 2.5.3).

Tomado de: <https://canal.uned.es/Video/5a677911b111115d115d115d456a>

Figura 124: Contenido del tema "radiación solar".

En la figura 124 se encuentra una parte del contenido que conforma la carpeta destinada al tema "Radiación solar" en la que se observa la información acompañada de una imagen y un video.

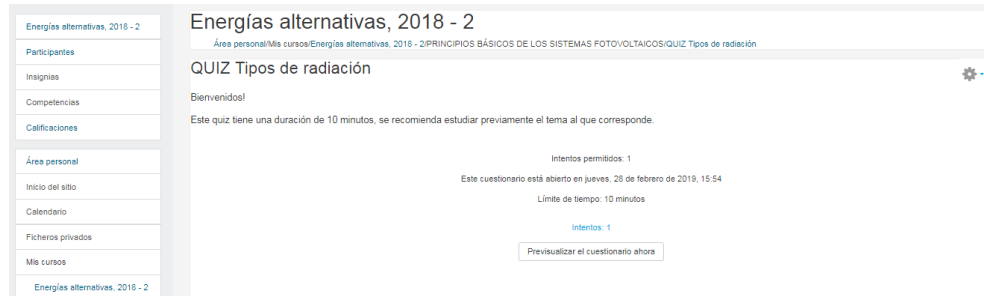


Figura 125: Interfaz que se encuentra antes de acceder al Quiz

Las figuras 125 y 126 muestran la interfaz que se encuentra antes de iniciar el quiz (Tipos de radiación), en la que se encuentra un mensaje de bienvenida y recomendaciones antes de iniciar. Se indica la cantidad de intentos y el tiempo disponible para desarrollar la prueba.

Intentos permitidos: 1

Este cuestionario está abierto en jueves, 28 de febrero de 2019, 15:54

Límite de tiempo: 10 minutos

Intentos: 1

Previsualizar el cuestionario ahora

Figura 126: Indicaciones sobre el número de intentos y el tiempo para la ejecución del quiz.



Figura 127: Parte del contenido para del bloque efecto fotovoltaico y paneles solares.

En la figura 127 se observan algunos de los temas que conforman la unidad 3 en la que aparece el primer laboratorio llamado Parámetros de las curvas I-V y P-V de una célula fotovoltaica.

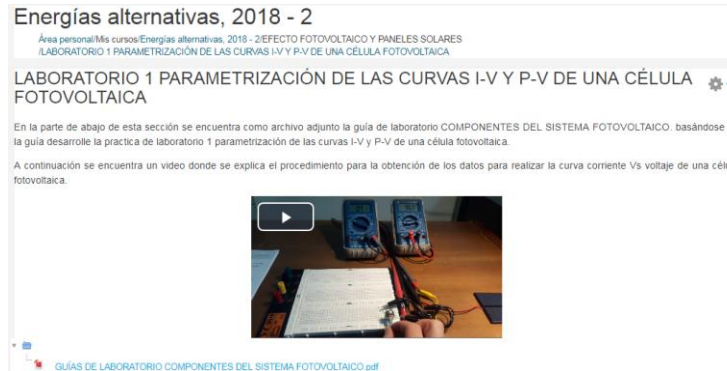


Figura 128: Interfaz de enlace a la guía de laboratorio.

En las figuras 128 y 129 se observa la interfaz que encuentran los estudiantes al abrir la carpeta contenedora del laboratorio 1. Todas las carpetas dispuestas para los laboratorios cuentan con un video que se diseñó para explicar de forma práctica el desarrollo del laboratorio. Debajo del video se encuentra el enlace de descarga directa de las guías para realizar dichas actividades (figura 129).



Figura 129: Video diseñado para la práctica 1 y enlace de descarga de la guía de laboratorio.

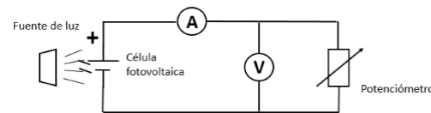
En la figura 129 aparece la portada del video donde se encuentra el escudo de la Universidad de Pamplona y debajo de este el título de la práctica de laboratorio que se va a explicar.



Figura 130: Enlace de descarga directa de las guías de laboratorio.

En la figura 130 aparece el enlace de descarga directa en el que los estudiantes pueden descargar las guías.

2. Coloque la célula fotovoltaica en una superficie plana, y verticalmente a 50 cm coloque la fuente de luz. Conecte un potenciómetro en la salida de la célula. Conecte el voltímetro en paralelo y el amperímetro en serie con el potenciómetro. De la siguiente manera.



Por seguridad, ubique el potenciómetro en el valor máximo de resistencia antes de encender la fuente de luz.

Encienda la fuente de luz y tome las mediciones de voltaje y corriente. A continuación varíe gradualmente la resistencia del potenciómetro y vuelva a tomar las mediciones. Vuelva a variar la resistencia del potenciómetro, realice este procedimiento hasta llenar la siguiente tabla.

V																				
I																				

Figura 131: Paso 2 de la práctica de laboratorio Parámetros de las curvas I-V y P-V de una célula fotovoltaica.

En la figura 131 se indica cómo realizar el paso 2 de la práctica, se complementa por medio de una imagen y un diagrama eléctrico como deben disponer de los elementos, posteriormente se incluye una tabla para que los estudiantes anoten los datos obtenidos.

La combinación de la conexión en paralelo con la conexión en serie, será una duplicación de la tensión nominal y de la capacidad (figura 4.4.3).

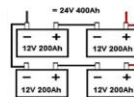


Figura 4.4.3: Conexión serie/paralelo de baterías.

Del ejemplo tenemos que, existen dos conjuntos de baterías a 24V y 200Ah unidas en paralelo, formando así un total de 24V y 400Ah.

Se deben usar cables de sección adecuada y que sean lo más cortos posible. Cuanto menor sea la longitud de los conductores, menor será la resistencia que oponen al paso de la corriente, y por lo tanto las pérdidas de energía se reducen.



Figura 132: Conexión de baterías.

La figura 132 corresponde al tema conexión de baterías, que está incluido en el bloque “Acumuladores solares” correspondiente a la unidad 4. En la figura aparece el esquema de conexión para baterías en serie/paralelo y debajo de este un video en el que se observa de forma práctica como realizar la conexión.

- TIPOS DE CONEXIÓN DE BATERÍAS
- LABORATORIO 7: IDENTIFICACIÓN DE VALORES NOMINALES Y CONEXIÓN SERIE, PARALELO Y SERIE/PARALELO DE BATERÍAS PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Figura 133: Tema y laboratorio.

Al igual como se observa en la figura 133, cada laboratorio se encuentra después del tema para el que fue diseñado. En algunas ocasiones el tema esta precedido por un quiz y luego se encuentra el laboratorio respectivo.

**LABORATORIO 7: IDENTIFICACIÓN DE VALORES NOMINALES Y CONEXIÓN SERIE, PARALELO Y SERIE/PARALELO DE BATERÍAS PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

En la parte de abajo de esta sección se encuentra como archivo adjunto la guía de laboratorio COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO. basándose en la guía desarrolle la práctica de laboratorio 7 identificación de valores nominales y conexión serie, paralelo y serie/paralelo de baterías para sistemas fotovoltaicos.

A continuación, se encuentra un video donde se explica el procedimiento.



[GUÍAS DE LABORATORIO COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.pdf](#)

Figura 134: Interfaz del laboratorio 7

En la figura 134 se observa el momento en el que se explica en el video diseñado la conexión serie/paralelo de baterías.

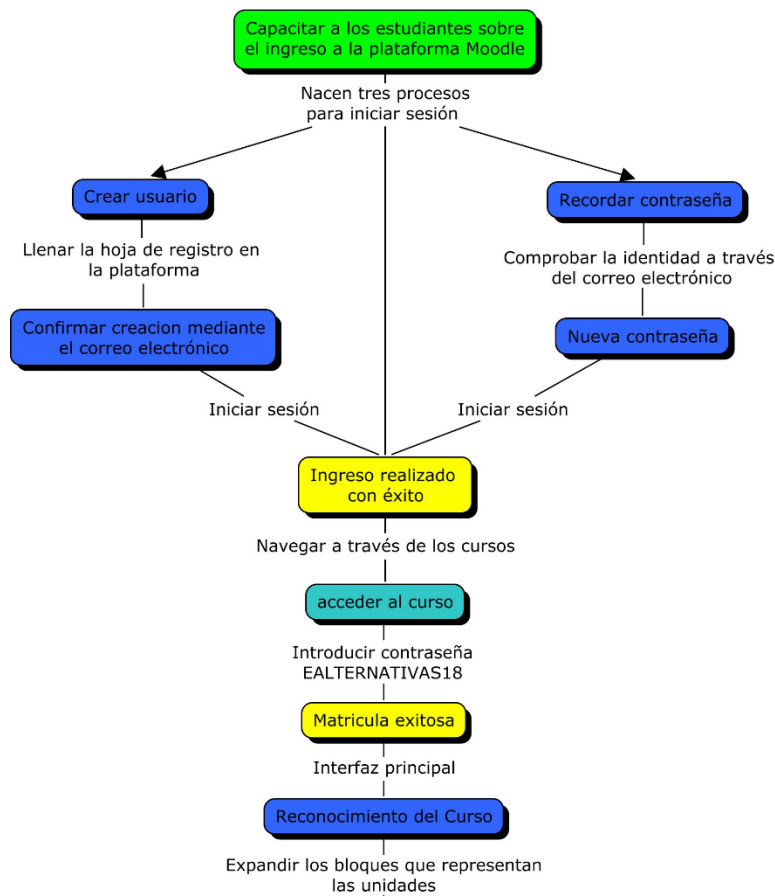
De esta forma se llevó a cabo la implementación de toda la información documentada y sintetizada que comprenden los temas, siempre acompañada de imágenes y videos buscando facilitar la comprensión de cada tema incluido en este curso. Se diseñó una interfaz sólida y organizada, de fácil entendimiento para que los estudiantes puedan acceder a los contenidos en cualquier momento y encuentren fácilmente la información. El acceso al curso puede hacerse desde un computador o desde un Smartphone y realizar todas las actividades que allí se encuentran. El profesor tendrá acceso por medio de los dispositivos mencionados a las calificaciones de todos los estudiantes del curso y puede seleccionar la opción calificación detallada por estudiante, en la que se muestra las notas obtenidas por el estudiante seleccionado.

## CAPÍTULO 5

### Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento son de gran importancia porque son las que garantizan que el curso fue implementado de forma correcta. Las pruebas se llevaron a cabo con estudiantes que actualmente están cursando la asignatura Energías Alternativas. Inicialmente se capacitó a los estudiantes sobre como ingresar a la plataforma Moodle y matricularse en el curso. Posteriormente se realizó un recorrido por toda la interfaz y se les explico cómo está compuesto el curso y como acceder a las actividades que allí se encuentran. Se les pidió a los estudiantes que revisen todo el curso (información de cada tema, videos y prácticas de laboratorio) y que realicen todos los quices. Al terminar deben enviar un correo al e-mail: [cristian\\_2849@hotmail.com](mailto:cristian_2849@hotmail.com) con los comentarios referentes al curso de energías alternativas enfocado en sistemas fotovoltaicos implementado en las TIC's. con base en los comentarios se realizan correcciones de ser necesario.

En la figura que se encuentra a continuación se encuentra un mapa conceptual en el que se observa paso a paso como se desarrolló la prueba de funcionamiento.



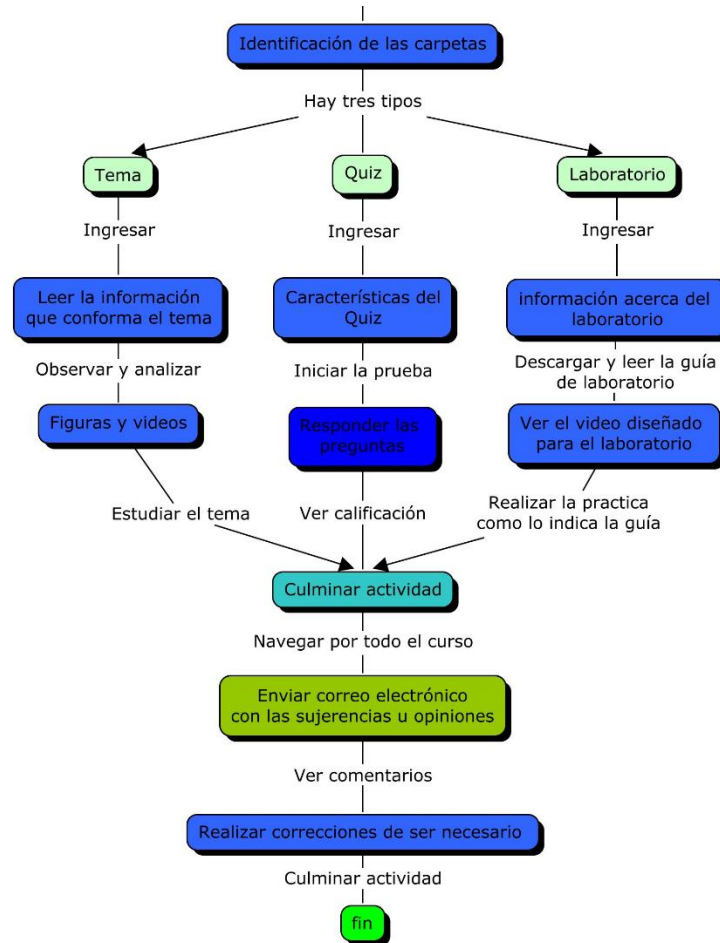


Figura 135: Mapa conceptual del proceso para la realización de pruebas de funcionamiento.

En la figura 135 se presenta un mapa conceptual en el que se encuentran las actividades de mayor relevancia que se llevaron a cabo para la prueba de funcionamiento del curso, abarcando todos los temas y actividades propuestas.

A continuación se muestra a detalle la prueba.



Figura 136: Estudiantes de la asignatura Energías Alternativas.



La figura 136 corresponde a una foto tomada a los estudiantes de la asignatura Energías alternativas al inicio de la capacitación.



Figura 137: Estudiante realizando el ingreso a la plataforma.

En la figura 137 hay un estudiante realizando el proceso para ingresar a la plataforma Moodle.



Figura 138: Capacitación a los estudiantes por parte del diseñador del curso.

En la figura 138 el diseñador del curso está capacitando a los estudiantes sobre el contenido y las actividades por las que está compuesto.



Figura 139: Solución de dudas.

En la Figura 139 se da respuesta a las inquietudes de los estudiantes acerca del desarrollo de los quices, el número de intentos y el límite de tiempo.

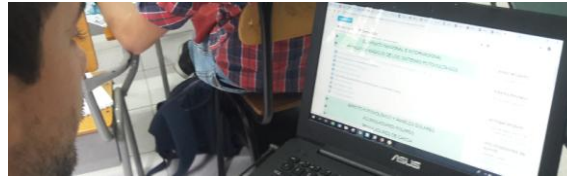


Figura 140: estudiante ingresando a un quiz.

En la figura 140 se ve a un estudiante dando uso de las actividades que se encuentran dentro del curso.

## PARTICIPANTES

Seleccionar	Imagen del usuario	Nombre / Apellido(s)	Dirección de correo	Ciudad	País	Último acceso al curso
<input type="checkbox"/>		Cristian Acevedo Prada	cristian_2649@hotmail.com	Pamplona	Colombia	5 segundos
<input type="checkbox"/>		JHONATAN JAVIER DIAZ PLATA	jddiazp@hotmail.com	Pamplona	Colombia	57 segundos
<input type="checkbox"/>		NICOLAS HERNANDEZ DIAZ	nicolashernandezdiaz@hotmail.com	Pamplona	Colombia	57 segundos
<input type="checkbox"/>		ALVARO ORDOÑEZ SILDARRIAGA	alvarord17@gmail.com	Pamplona	Colombia	5 minutos 44 segundos
<input type="checkbox"/>		Anderson Peña Santos	anderpesa@hotmail.com	Pamplona	Colombia	21 minutos 47 segundos
<input type="checkbox"/>		HENRY ALFONSO SEPULVEDA PACAGUI	sepul08@hotmail.com	NO DEF	Colombia	24 minutos 21 segundos
<input type="checkbox"/>		JOHAN ANDRES PULIDO BAUTISTA	jandrespulido.jp@gmail.com	PAMPLONA	Colombia	39 minutos 38 segundos
<input type="checkbox"/>		ANDRES FELIPE LOPEZ MARTINEZ	andres11-1@hotmail.com			1 hora 8 minutos
<input type="checkbox"/>		RUBÉN DARIÓ TARAZONA PÉREZ	ruben.tarazona10@gmail.com	PAMPLONA	Colombia	1 hora 48 minutos
<input type="checkbox"/>		jesus andres camargo pacheco	jacp_3008@hotmail.com	Pamplona	Colombia	2 horas 34 minutos
<input type="checkbox"/>		HARLEY DAVIDSON ARCINIEGAS ARIAS	havidsonaa@hotmail.com	Pamplona	Colombia	18 horas 42 minutos
<input type="checkbox"/>		Jesús Fernando Romero Daza	jfromerodaza@gmail.com	Pamplona	Colombia	1 día 5 horas
<input type="checkbox"/>		DIEGO FERNANDO DIEGO FERNANDO	ingdiegogalvis@gmail.com	NO DEF	Colombia	11 días 22 horas

Figura 141: Estudiantes matriculados en el curso.

La figura 141 corresponde a la lista de estudiantes matriculados en el curso, en la que aparece el nombre del estudiante, la dirección de correo electrónico, la ciudad en que reside, el país y el tiempo desde el último acceso al curso. Se puede apreciar que el curso ya cuenta con un número de estudiantes significativo y que están ingresando constantemente.

## CALIFICACIONES

Apellido(s) ^ Nombre	Dirección de correo	QUIZ sobre contexto nac...	QUIZ Introducción a los ...	QUIZ Relaciones astron...
HARLEY DAVIDSON ARCINIEGAS ARIAS	hdavidsonaa@hotmail.com	2,13 Q	4,14 Q	4,25 Q
jesus andres camargo pacheco	jacp_3008@hotmail.com	- Q	- Q	- Q
NICOLAS HERNANDEZ DIAZ	nicolashernandezdiaz@hotmail.com	3,50 Q	3,99 Q	4,25 Q
JHONATAN JAVIER DIAZ PLATA	jjdiazp@hotmail.com	3,63 Q	5,00 Q	4,50 Q
DIEGO FERNANDO DIEGO FERNANDO	ingdiegogalvis@gmail.com	4,50 Q	2,82 Q	3,50 Q
ANDRES FELIPE LOPEZ MARTINEZ	andres11-1@hotmail.com	3,75 Q	- Q	- Q
ALVARO ORDOÑEZ SALDARRIAGA	alvarord17@gmail.com	4,00 Q	2,86 Q	4,50 Q
Anderson Peña Santos	anderpesa@hotmail.com	4,25 Q	5,00 Q	5,00 Q
JOHAN ANDRES PULIDO BAUTISTA	jandrespulido.jp@gmail.com	3,50 Q	3,20 Q	1,00 Q

Figura 142: Calificaciones obtenidas por los estudiantes

En la lista de la figura 142 se encuentran las calificaciones obtenidas por algunos estudiantes en los 3 primeros quices; se aprecia que hay diferencias entre los conocimientos de los estudiantes y puede deberse a muchos factores. Los estudiantes que tienen falencias en los conocimientos relacionados con los quices a los que aplicaron pueden acceder en cualquier momento a la información contenida en este curso y reforzar sus conocimientos.

## COMENTARIOS Y SUGERENCIAS

A continuación se presentan por medio de imágenes los comentarios y sugerencias que hicieron los estudiantes de la asignatura Energías Alternativas, los cuales serán analizados al final de los comentarios.

**J** Jhonatan Javier Junior Diaz Plata <jjdiazp@hotmail.com>  
 Jue 21/03/2019 5:31 PM  
 Usted ☾

Este curso virtual me pareció bastante agradable ya que le permite a los estudiantes evaluar sus conocimientos del tema de una manera bastante amigable y rápida, la recomendación que yo hago es agregar un poco mas de tiempo para responder las preguntas, ya que me pasó algo particular y fue que el Internet que estaba usando se ponía lento y demoraba en cargar la siguiente pregunta pero el cronometro de la prueba no se detenía y por eso no pude registrar algunas respuestas. Fuera de eso me parece que será una buena herramienta de estudio para los futuros estudiantes que cursen la materia de electiva profesional 3.

Att: JHONATAN DIAZ PLATA

Feliz tarde

**AS** alvaro saldarriaga <alvarord17@gmail.com>  
Jue 21/03/2019 5:42 PM  
Usted ☺

Christian, Buena tarde.

La plataforma es dinámica, está completa la información sobre la energía fotovoltaica, los videos sobre los laboratorios son interesantes ya que motiva a colocar en práctica y entender más lo que se dice en la teoría sobre la energía fotovoltaica. con respecto a los quices, en algunos el tiempo es corto, también es de entender que la plataforma es siempre pesada entonces se podría colocar como sugerencia antes de realizar el intento del quiz que se esté en un lugar con internet cableado o con buena zona de cobertura.

**RT** Ruben Tarazona <ruben.tarazona10@gmail.com>  
Jue 21/03/2019 5:51 PM  
Usted ☺

Buenas noches señor Cristian, reciba un cordial saludo:

El curso virtual de energías renovables 2018-2 expuesto en la clase de Electiva III (Fuentes Alternativas de Energía) es una herramienta de mucha utilidad para nosotros los estudiantes interesados en el tema, el contenido del curso en plataforma virtual Moodle está muy bien detallado y consta de mucha información la cual es muy útil para el proceso de aprendizaje. Observé un detalle con el tiempo de los quices, a mi parecer es muy corto ya que por lo general la red de wifi en el municipio de Pamplona es de mala calidad y al momento de pasar de una pregunta a la otra se gastan segundos importantes.

Para finalizar felicitarlo por el buen trabajo realizado en dicho curso virtual.

Agradeciendo la atención prestada.

**H** henry alfonso sepulveda pacagui <sepul08@hotmail.com>  
Jue 21/03/2019 6:02 PM  
Usted ☺

Hola buena tarde

El curso en general cuenta con una estructura muy completa se desarrolla en forma secuencial y de una forma didáctica; en cuanto a la presentación estética de los quices tiene unas falencias pues en muchas preguntas el enunciado de la preguntas se desordenan ejemplo:

¿pregunta?  
-opcion1  
-opcion2  
-opcion3  
-opcion4

no se si sea un problema de la plataforma, también en mi opinión me gustaría es que en algunas preguntas se mostrara una imagen pues sería una ayuda visual que me ayudaría a mantener la información por mas tiempo, por ultimo seria de ayuda que hubiera alguna herramienta virtual donde un miembro del curso pueda abrir temáticas de discucion tipo foro para compartir opiniones o información relevante acerca del curso.

**Atendiendo a las solicitudes de los estudiantes se buscar dar solución a sus necesidades.** A continuación se presentan las correcciones.

## QUIZ sobre contexto nacional e internacional



Bienvenidos!

Este quiz tiene una duración de 10 minutos, se recomienda estudiar previamente el tema al que corresponde.

**Recomendación:** Antes de iniciar la prueba compruebe su conexión a internet, si su internet tiene características limitadas o presenta baja velocidad de navegación se recomienda ingresar desde una red banda ancha.

Intentos permitidos: 1

Este cuestionario está abierto en Wednesday, 27 de February de 2019, 19:18

Límite de tiempo: 10 minutos

Intentos: 12

[Previsualizar el cuestionario ahora](#)

Figura 143: Solución a las solicitudes.

Atendiendo a la solicitud realizada por varios estudiantes se agrega un mensaje de recomendación antes de presentar los quizzes, en el que se le da indica al estudiante revisar su conexión a internet o ingresar desde una red con mayor capacidad.

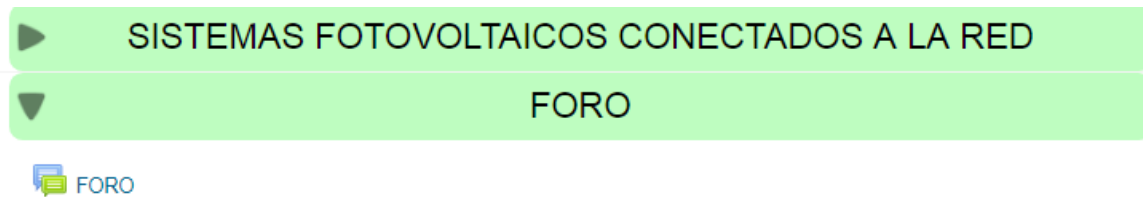


Figura 144: Foro en la interfaz principal.

Se ha agregado un foro en la interfaz principal en el que los estudiantes pueden crear temas de interés a fin con el curso y generar un ambiente de aprendizaje mutuo. Se evidencia en las figuras 144 y 145.

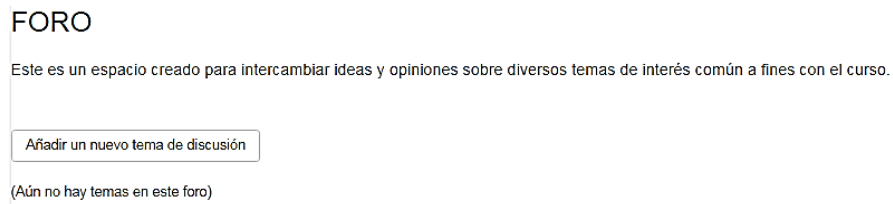


Figura 145: Interfaz del foro.

Con base en los comentarios realizados por los estudiantes este curso ha cumplido con las expectativas, una de ellas es brindar un entorno de aprendizaje en el que el estudiante tenga fácil acceso a información y actividades que le ayuden en su proceso de formación.

## CONCLUSIONES

- El informe de situación global renovables expedido en el año 2018 indica que las energías renovables representaron el 70% de la adición de capacidad de potencia global en el año 2017, de ese 70% el 55% fue aportado por la energía solar fotovoltaica durante el mismo año. Esto permite tener una visión sobre el aumento de la generación fotovoltaica a nivel mundial. Es de gran importancia preparar profesionales con conocimientos en sistemas fotovoltaicos, este proyecto es de gran ayuda para la formación de los estudiantes de la Universidad de Pamplona en este campo.
- Por medio de los Quices los estudiantes pudieron medir sus conocimientos en el área y observar las falencias que puedan presentar. Gracias a que este curso brinda información de forma permanente, los estudiantes pueden acceder a la información en cualquier momento y reforzar sus falencias.
- Los laboratorios que brinda este curso son espacios académicos fundamentales que le permite a los estudiantes afianzar los conocimientos adquiridos en clase. Dichos laboratorios permiten a los estudiantes realizar comparaciones de forma física sobre los diferentes tipos de conexión de módulos fotovoltaicos, tipos de conexión de baterías, observar mediante mediciones como varía la curva i-u y p-u dependiendo del nivel de irradiación, dependiendo de la temperatura, y otros tipos de prácticas que se encuentran en este curso.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] UNICEF Argentina, Las políticas TIC en los sistemas educativos de América Latina: CASO COLOMBIA, Buenos Aires: Argentina, 2014.
- [2] LEY 1715 13 de Mayo del 2014, 2014.
- [3] CREG 121, 2017.
- [4] REN21, *RENEWABLES 2018 GLOBAL STATUS REPORT*, pp. 14-19, 2018.
- [5] INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, «IDEAM,» [En línea]. Available: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>. [Último acceso: 28 11 2018].
- [6] Jose Antonio Carta González, Centrales de energías renovables: Generación eléctrica con energías renovables, Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, 2009.
- [7] fotovoltaica, Asociación de la industria, «Sistemas fotocoltaicos,» de *Energía Solar Fotovoltaica en la comunidad de Madrid*, Madrid, Print A Porter Comunicación, 2012, pp. 22-32.
- [8] A. C. Germán Santamaría, «Unión PN,» de *Instalaciones solares fotovoltaicas*, Madrid, Editex, 2010, p. 23.
- [9] Jose Antonio Carta González y J. A. Carta González, «cuerpos semiconductores intrínsecos,» de *Centrales de energías renovables, generación eléctrica con energías renovables*, Madrid, PEARSON, 2012, p. 250.
- [10] Europe, Departamento técnico de SunFields, «sfe-solar,» [En línea]. Available: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-de-paneles-solares-fotovoltaicos/>. [Último acceso: 2018].
- [11] G. S. Agustín Castejón y A. Castejón, *Instalaciones solares fotovoltaicas*, Editex, 2010.
- [12] Insa, Jorge, «Monsolar,» Monsolar, [En línea]. Available: <https://www.monsolar.com/blog/por-que-son-necesarias-las-ecualizaciones-en-las-baterias-solares/>.
- [13] A. C. Germán Santamaría, «Inversores,» de *Instalaciones solares fotovoltaicas*, Madrid, Editex, 2010, p. 107.
- [14] Weidmüller, «Proteccion contra sobretensiones en instalaciones fotovoltaicas,» *Weidmüller*, vol. v, 2019.
- [15] cirprotec, «cirprotec,» cirprotec, [En línea]. Available: <http://www.cirprotec.com/es/Soporte/Area-de-conocimiento/Proteccion-contrasobretensiones/DPS/Sobretensiones-Transitorias-DPS/Funcionamiento-y-seleccion-de-un-protector-SPD>. [Último acceso: 2019].
- [16] sfe-solar, «sfe-solar,» SUNFIELDS, [En línea]. Available: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/efecto-de-las-sombras-en-un-panel-solar-fotovoltaico/>. [Último acceso: 2019].

- [17] iasolar., «iasolar,» [En línea]. Available: <http://www.iasolar.com/productos>. [Último acceso: 2019].
- [18] Ministerio de Educación, «mineducacion,» [En línea]. Available: <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-79419.html>. [Último acceso: 1 01 2019].
- [19] G. S. Agustín Castejón, «Movimiento de la Tierra,» de *Instalaciones solares fotovoltaicas*, Madrid, Editex, 2010, p. 9.
- [20] generatuluz, «generatuluz,» [En línea]. Available: <https://www.generatuluz.com/tipos-de-baterias-y-sus-caracteristicas/>.
- [21] sfe-solar, «sfe-solar,» sfe-solar, 30 03 2018. [En línea]. Available: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-fotovoltaicos-baterias-solares-parte-iii/>. [Último acceso: 22 01 2019].
- [22] hrudnick, «hrudnick,» hrudnick, [En línea]. Available: [http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno17/csp/Principios\\_funcionamiento.html](http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno17/csp/Principios_funcionamiento.html). [Último acceso: 6 01 2019].
- [23] Tiempo, «Tiempo,» [En línea]. Available: <https://www.tiempo.com/ram/389932/volviendo-lo-basico-solsticio-invierno-2017/>.
- [24] ABB, «Soluciones para energía solar - Productos de baja tensión,» *ABB*, vol. VI, 2019.
- [25] Electric, Schneider, «Schneider Electric,» Isefonline, 2018. [En línea]. Available: [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Catalog&p\\_File\\_Name=catalogo-acti9-.pdf&p\\_Doc\\_Ref=ESMKT01033A11](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=catalogo-acti9-.pdf&p_Doc_Ref=ESMKT01033A11). [Último acceso: 2019].
- [26] Energy, Victron, «Bateria plomo-ácido,» *Victron Energy*, vol. III, pp. 1-2, 2018.
- [27] sfe-solar, «sfe-solar,» sfe-solar, [En línea]. Available: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/efecto-de-las-sombras-en-un-panel-solar-fotovoltaico/>. [Último acceso: 2019].
- [28] SUNFIELDS, «SFE-SOLAR,» [En línea]. Available: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>.
- [29] TROJAN, «Información de línea de productos,» *TROJAN*, vol. v, pp. 1-2, 2018.
- [30] Office), Lenntech (European Head, «Lenntech (European Head Office),» [En línea]. Available: <https://www.lenntech.es/electrolisis.htm>.
- [31] E. Sebastian y s. e. , «Elementos panel solar fotovoltaico,» [En línea]. Available: <http://eliseosebastian.com/elementos-con-panel-solar-fotovoltaico/>.
- [32] Informaticamoderna, «Informaticamoderna,» [En línea]. Available: [http://www.informaticamoderna.com/Regulador\\_voltaje.htm](http://www.informaticamoderna.com/Regulador_voltaje.htm). [Último acceso: 2019].
- [33] A. Castejón , «Característica i-u,» de *Instalaciones solares fotovoltaicas*, Madrid, Editex, 2010, p. 24.





- [34] G. S. Agustín Castejón y A. C. Castejón, «Efecto fotovoltaico,» de *Instalaciones solares fotovoltaicas*, Madrid, Editex, 2010, p. 22.
- [35] A. C. Germán Santamaría, «Baterías y acumuladores,» de *Instalaciones solares fotovoltaicas*, Madrid, Editex, 2010, p. 68.